

Vandmiljøplanens  
Overvågningsprogram 1996

# Land- overvågnings- oplande

Faglig rapport fra DMU, nr. 210

Ruth Grant

Gitte Blicher-Mathiesen

Hans Estrup Andersen

Anker Rode Laubel

Pia Grewy Jensen

*Afdeling for Vandløbsøkologi*

Per Rasmussen

*Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse*

## Datablad

- Titel: Landovervågningsoplande
- Undertitel: Vandmiljøplanens Overvågningsprogram 1996
- Forfattere: R. Grant<sup>1</sup>, G. Blicher-Mathiesen<sup>1</sup>, H.E. Andersen<sup>1</sup>, A.R. Laubel<sup>1</sup>, P.G. Jensen<sup>1</sup>, P. Rasmussen<sup>2</sup>
- Afdelinger: <sup>1</sup>Afdeling for Vandløbsøkologi  
<sup>2</sup>Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse
- Serietitel og nummer: Faglig rapport fra DMU nr. 210
- Udgiver: Miljø- og Energiministeriet  
Danmarks Miljøundersøgelser ©
- URL: <http://www.dmu.dk>
- Udgivelsesår: December 1997
- Tegninger: Kathe Møgelvang & Juana Jacobsen  
ETB: Hanne Kjellerup Hansen
- Bedes citeret: Grant, R., Blicher-Mathiesen, G., Andersen, H.E., Laubel, A.R., Jensen, P.G & Rasmussen, P. (1997): Landovervågningsoplande. Vandmiljøplanens Overvågningsprogram 1996. Danmarks Miljøundersøgelser. 144s. - Faglig rapport fra DMU nr. 210
- Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse.
- Emneord: Landovervågningsoplande, miljøtilstand, overvågning, Vandmiljøplanen
- ISBN: 87-7772-353-8  
ISSN: 0905-815X  
Papirkvalitet: Cyclus Print  
Tryk: Silkeborg Bogtryk  
Oplag: 600  
Sideantal: 144
- Pris: kr. 150,- (inkl. 25% moms, ekskl. forsendelse)
- Købes hos: Danmarks Miljøundersøgelser    Miljøbutikken  
Vejløvej 25    Information & Bøger  
Postboks 314    Læderstræde 1  
DK-8600 Silkeborg    DK-1201 København K  
Tlf. 8920 1400    Tlf. 3337 9292  
Fax 8920 1414    Fax 3392 7690

# 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 Interviewundersøgelsen i landovervågningsoplandene 23

5.2 Afgrøder og husdyrhold i landovervågningsoplandene 25

5.3 Forbrug og udnyttelse af kvælstofgødning til afgrøderne i landovervågningsoplandene 28

5.4 Kvælstofbalancer for landbrugsarealet i landovervågningsoplandene 37

5.5 Fosforbalancer for landbrugsarealet i landovervågningsoplandene 38

5.6 Gødningsforbruget for hele landet fra 1985 til 1996 40

5.7 Samlet vurdering af udviklingen i landbrugspraksis i landovervågningsoplandene og for hele landet 46

### 6 Nedbørs- og temperaturforhold i oplandene 49

### 7 Næringsstofudvaskning fra rodzonen - målinger på stationsmarker 51

7.1 Beskrivelse af stationsmarker 51

7.2 Jordvandsmålinger 52

7.3 Drænvandsmålinger 57

7.4 Sammenfatning 60

### 8 Modelberegning af kvælstofudvaskning fra rodzonen 61

8.1 Beskrivelse af modellen 61

8.2 Sammenligning mellem målt og modelberegnet kvælstofudvaskning 63

8.3 Beregning af udvaskning ved normal- og aktuelt klima 64

8.4 Modelberegnete scenarier 67

8.5 Sammenfatning 70

<b>9</b>	<b>Grundvand 71</b>
9.1	Indledning 71
9.2	Grundvandsspejlet 71
9.3	Nitrat 71
9.4	Orthofosfat, sulfat og øvrige hovedbestanddele 73
9.5	Pesticidundersøgelser i landovervågningsoplandene 74
9.6	Sammenfatning 77
<b>10</b>	<b>Afstrømning, koncentration og transport af næringsstoffer i vandløb 79</b>
10.1	Afstrømning 79
10.2	Koncentration af kvælstof og fosfor 82
10.3	Transport af kvælstof og fosfor 85
10.4	Sammenfatning 87
<b>11</b>	<b>Sammenstilling - Landbrugets indflydelse på næringsstoftransporten i landovervågningsoplandene 89</b>
11.1	Beskrivelse af kvælstoftransporterne i oplandene 89
11.2	Landbrugets indflydelse på kvælstofudvaskning til vandmiljøet 94
11.3	Fosforgødsning og vandmiljø 95
<b>12</b>	<b>Konklusion - udvikling i landbrugets næringsstofbelastning af vandområderne 99</b>
12.1	Vandmiljøhandlingsplaner 99
12.2	Udviklingen i landbrugets kvælstofanvendelse 100
12.3	Udvikling i kvælstofudvaskning 101
12.4	Supplerende tiltag til reduktion af kvælstofudvaskning 103
12.5	Udvikling i landbrugets anvendelse af fosforgødning 104

**Sammenfatning af Danmarks Miljøundersøgelses nationale rapporter vedrørende resultaterne af Vandmiljøplanens Overvågningsprogram 1996 107**

**Referencer 111**

**Bilag**

4.1	Oversigt over analyseparametre for jordvand, drænvand, grundvand og vandløbsvand 117
5.1	Data til beskrivelse af udviklingstendensen i gødningspraksis til fem afgrødegrupper i perioden 1990 til 1996
5.2	Datagrundlag for opgørelse af tildelte kvælstofmængde i forhold til de anbefalede kvælstofmængder
5.3	Markbalance for kvælstof i 1000 tons for hele landet fra 1985 til 1996
5.4	Markbalancer for kvælstof i kg N/ha for hele landet fra 1985 til 1996

- 5.5 Markbalance for fosfor i 1000 tons for hele landet fra 1985 til 1996
- 5.6 Markbalancer for fosfor i kg N/ha for hele landet fra 1985 til 1996
- 7.1 Afstrømning, N-udvaskning og vandføringsvægtede N ( $\text{NO}_3\text{-N}$ ) koncentrationer som gennemsnit for stationer i oplandene
- 7.2 Ejendoms- og markoplysning for stationsmarkerne
- 7.3 Nedbør, vanding, afstrømning samt ( $\text{NO}_3\text{-N}$ ) og P ( $\text{PO}_4\text{-P}$ ) udvaskning fra rodzonen for 1989/90 - 1995/96.
- 8.1 Anbefalet tildeling af kvælstof, gødningsforbrug, normaludvaskning, nyttevirkning af husdyrgødning samt braklagt areal for de 6 landovervågningsoplande for driftsårene 1989/90 - 1995/96.
- 10.1 Hydrografopsplitning
- 10.2 Overfladenært kvælstoftab til vandløb

## **Danmarks Miljøundersøgelser**

### **Faglige rapporter fra DMU/NERI technical reports**



# Forord

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

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 Miljøundersøgelsers 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 Miljøundersøgelsers 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 Undersøgelse.

Endelig er rapporten "Atmosfærisk deposition af kvælstof" baseret på Danmarks Miljøundersøgelsers overvågningsindsats. Til denne rapport foreligger tillige en bilagsrapport samt en appendixrapport.

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





# 1 Resume

## Konklusion

Modelberegninger baseret på landbrugets afgrødevalg og gødningsanvendelse i landovervågningsoplandene har vist et fald i kvælstofudvaskning fra rodzonen på ca 17% fra 1990 til 1996, når der ses bort fra de klimabetingede variationer i udvaskning. Fra vandløbsovervågningen fremgår, at de afstrømningskorrigerede kvælstoftransporter i vandløbene var uændret i perioden fra 1989/90 til 1992/93. Herefter er der set et mindre fald i transporterne, mest markant i lerjordsoplandene.

Resumé af Landovervågningen er givet nedenfor.

## 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.

Oplandene er udvalgt med henblik på at repræsentere landsgennemsnittet bedst muligt med hensyn til jordbund, klima, størrelsesfordeling, husdyrtæthed, bedrifttypesammensætning og afgrødefordeling. Oplandene vil dog nødvendigvis adskille sig fra landsgennemsnittet på enkelte punkter. Den væsentligste forskel er et højere husdyrtryk i oplandene på 1,06 DE ha<sup>-1</sup> i forhold til landsgennemsnittet på 0,95 DE ha<sup>-1</sup> i 1996 (baseret på det dyrkede areal minus arealer med brak), 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.

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

Undersøgelsesprogrammet består af:

- Årlig interviewundersøgelse om landbrugsdriften blandt samtlige ejendomme i oplandene vedrørende arealanvendelse, gødningsforbrug, husdyrhold m.v. For et mindre antal marker 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 samt for rapporte-

*Landovervågning*

*Oplandenes repræsentativitet*

*Undersøgelsesprogram*

ring af eget Landovervågningsprogram. Danmarks Miljøundersøgelser og Danmarks og Grønlands 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 1989-1996, samt en modelberegning af udvaskningen fra rodzonen i de 6 oplande. Rapporten indeholder endvidere en vurdering af næringsstofcirkulationen i oplandene, samt landbrugets indflydelse herpå. I konklusionen vurderes udviklingen i landbrugets næringsstofbelastning af vandområderne.

#### **Udviklingen i landbrugspraksis i landovervågningsoplandene og for hele landet**

#### *Analyse af landbrugspraksis*

Formålet med analysen af landbrugspraksis er at beskrive virkningerne af tiltag fra Vandmiljøplanen og senere handlingsplaner på landbrugets gødningsforbrug og udnyttelsesgrad af husdyrgødning. Dette gøres dels ved at beskrive udviklingen i landbrugspraksis i landovervågningsoplandene fra 1990 til 1996 og dels ved at beskrive udviklingen i gødningsforbruget for hele landet i perioden fra 1985 til 1996.

#### *Udvikling i landbrugspraksis i landovervågningsoplandene 1990 - 1996*

Grønne marker udgør i 1996 75% af det dyrkede areal. Heraf udgør græs inklusiv brak, vinterraps og korn med udlæg 43%, vinterkorn 38% og rodfrugter, majs, halmnedmuldning og juletræer 19%. Kun førstnævnte gruppe samt rodfrugter (roer) kan forventes at optage betydelige kvælstofmængder i efterårs- og vintermånederne. I 1996 står 81% af dyreenhederne på ejendomme med mindst 9 måneders opbevaringskapacitet. Forårs/sommerudbringning udgjorde i 1996 86%. Andelen af forårs/sommer-udbringningen var steget med 30%-point fra 1990 til 1996, heraf er der en lille stigning fra 1995 til 1996. Fra 1990 til 1996 blev handelsgødningsforbruget reduceret, således at udnyttelsen af husdyrgødningen steg 15%-point. Husdyrgødningen fordeles bedre i 1994-1996 end tidligere, men i 1996 overgødes der stadig på ca. 20% af arealet. Ca. 40% af ejendommene, som anvendte husdyrgødning i 1996, opfyldte ikke minimumskravet til udnyttelse af husdyrgødning; disse havde et jordliggende på 39-47% af det dyrkede areal. For en bedre udnyttelse af husdyrgødningen skal handelsgødningsforbruget sænkes yderligere

#### *Udvikling i kvælstofforbrug og gødskningspraksis for hele landet 1985 - 1996*

For hele landet udgjorde handelsgødningsforbruget 285 mio. kg N i 1996, hvilket er et fald på 25 mio. kg N i forhold til 1995. Den udbragte mængde af husdyrgødning steg med 1,2 mio. kg N. Afgrødernes kvælstofbehov er i samme periode faldet med 30 mio. kg N primært på grund af ændringer i kvælstofprognosen. Fratrækkes nedgangen i afgrødernes kvælstofbehov har gødningforbruget således været svagt stigende fra 1995 til 1996.

På landsplan er den samlede tilførsel af handelsgødning faldet fra 392 mio. kg N i 1985 til 285 mio. kg N i 1996. Tilførsel af husdyrgødning var omtrent uændret i perioden. Derved er den samlede kvælstoftilførsel til de dyrkede arealer faldet med 18% fra 606 mio. kg N i 1985 til 498 mio. kg N i 1996. I samme periode faldt afgrødernes

kvælstof behov med 71 mio. kg N, hvorved den reelle nedgang i tildelt kvælstof, fratrukket nedgangen i afgrødernes behov er 37 mio. kg N, svarende til en nedgang på 6%.

*Kvælstofbalancer for  
landbrugsjord i Danmark,  
1985 - 1996*

Total kvælstofinput (handelsgødning, husdyrgødning samt kvælstof tilført ved bælglplanters fiksering og atmosfærisk deposition) til landbrugsjord i Danmark er faldet fra 263 kg N ha<sup>-1</sup> i 1985 til 230 kg N ha<sup>-1</sup> i 1996. Kvælstof fjernet med afgrøderne har varieret mellem 112 og 146 kg N ha<sup>-1</sup> år<sup>-1</sup>. Nettotilførsel af kvælstof udgjorde således 133 kg N ha<sup>-1</sup> i 1985 og 99 kg N ha<sup>-1</sup> i 1996. Set over hele perioden udgjorde faldet i nettotilførsel af kvælstof 19%.

*Fosforbalancer for  
landbrugsjord i Danmark,  
1985 - 1996*

Tilførsel af fosfor med handelsgødning pr arealenhed landbrugsjord i Danmark faldt fra 16,7 kg P ha<sup>-1</sup> i 1985 til 7,6 kg P ha<sup>-1</sup> i 1996, mens tilførsel med husdyrgødning steg fra 16,7 kg P ha<sup>-1</sup> til 18,1 kg P ha<sup>-1</sup> i samme periode. Fosfor fjernet med afgrøderne har varieret mellem 17 og 22 kg P ha<sup>-1</sup>. Nettotilførsel af fosfor til landbrugsjord er således faldet fra ca 15 til 8 kg P ha<sup>-1</sup> i perioden 1985 til 1996.

I landovervågningsoplandene i 1996 er det vist at den laveste nettotilførsel af fosfor forekommer på planteavlsbrugene (-0,4 kg P ha<sup>-1</sup>), mens nettotilførselen på kvægbrugene udgjorde 7,7 kg P ha<sup>-1</sup> og på svinebrug og blandede brug henholdsvis 12,2 og 31,1 kg P ha<sup>-1</sup>. På husdyrbrugene steg nettotilførselen med stigende husdyrtæthed.

### **Næringsstofudvaskning fra stationsmarkerne**

Undersøgelse af næringsstofudvaskning fra rodzonen er udført på 18 stationsmarker i 3 lerjordsoplande og på 22 stationsmarker i 3 sandjordsoplande. Undersøgelsen dækker syv hydrologiske år, 1989/90-1995/96.

Der kan igennem måleperioden ikke konstateres nogen entydning udvikling i den målte kvælstofudvaskning fra rodzonen på grund af store klimatiske variationer. I det sidste måleår (1995/96) var udvaskningen meget lav, hvilket skyldes den rekord lave nedbør.

*N og P udvaskning fra  
rodzonen*

Som gennemsnit for måleperioden udgjorde udvaskningen af kvælstof fra rodzonen 72 kg N ha<sup>-1</sup> år<sup>-1</sup> for lerjordsoplandene og 123 kg N ha<sup>-1</sup> år<sup>-1</sup> for sandjordsoplandene.

Der blev ved stationsmarkerne beregnet den mindste udvaskning fra planteavlsbrugene, og for husdyrbrugene steg udvaskningen med stigende husdyrtæthed.

Udvaskning af fosfor fra rodzonen har været lav ved 28 stationer, gennemsnitlig 0,046 kg P ha<sup>-1</sup> år<sup>-1</sup> i den 7-årige måleperiode. Ved tre stationer har udvaskningen derimod været høj, 0,244 - 0,82 kg P ha<sup>-1</sup> år<sup>-1</sup>.

*N og P udvaskning gennem  
dræn*

Drænvandsundersøgelser i to lerjordsoplande har vist, at nitratudvaskningen gennem dræn udgjorde ca. 48% af udvaskningen fra rodzonen.

Fosfortab gennem 6 dræn har ligget på gennemsnitlig 0,054 kg P ha<sup>-1</sup> år<sup>-1</sup>, og heraf har opløst ortho-P udgjort 44%. Fra ét dræn har P tabet

været væsentlig højere, gennemsnitlig  $0,174 \text{ kg P ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$ , hvoraf partikulært P har udgjort 10%. En drænvandsundersøgelse udført under det Strategiske Miljøforskningsprogram har vist, at fosfortabet gennem 4 dræn i 1993/94 og 1994/95 blev underestimeret med 26% for opløst P og 55% for partikulært P ved den prøvetagningsteknik, som anvendes i overvågningen (ugentlige punktprøver) sammenlignet med kontinuert (time) prøvetagning.

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

*Beregnet 17% reduktion i N udvaskning fra 1989/90 til 1995/96*

Med en empirisk model er der gennemført beregninger af udvaskningen fra rodzonen i de 6 oplande. I en sammenligning med målt udvaskning på stationsmarkerne, ligger den beregnede udvaskning gennemsnitligt 24% under den målte. Modellen vurderes dog reelt at afspejle forskelle mellem ler- og sandjorde samt forskelle i landbrugspraksis.

Beregninger på aktuel dyrkningspraksis i perioden 1989/1990 til 1995/1996 viser en reduktion i udvaskningen på 17%.

*Scenarieregning*

En scenarieregning, hvori kravene i Handlingsplanen for Bæredygtigt landbrug vedrørende udnyttelsesgrader af husdyrgødning er opfyldt, og hvor husdyrgødningen inden for de enkelte ejendomme er fordelt optimalt, viser en gennemsnitlig reduktion i udvaskningen på 32% i forhold til udvaskningen ved aktuel gødskningspraksis i 1989/1990. Denne reduktion forudsætter dog en nedgang i forbrug af handelsgødning på 42% i forhold til forbruget i 1989/90. Scenarieregninger indeholdende en forøgelse af anvendelsen af græsudlæg og efterafgrøder, samt en 20%'s reduktion i gødskningsnormerne peger på yderligere tiltag, der kan bringe udvaskningen ned på niveau med målet i Vandmiljøplanen

### **Grundvand**

*Nitrat*

Nitratindholdet i det øvre grundvand i landovervågningsoplande er fortsat højt og tydeligt påvirket af landbrugsdriften. Der ses ingen entydig udvikling i det terrænnære grundvands nitrat-indhold i overvågningsperioden. Et eksempel fra det sandede opland Barslund Bæk demonstrerer overvågningsystemets evne til at vise at større ændringer i nettotilførslen af kvælstof kan medføre hurtige og betydelige ændringer i det terrænnære grundvands indhold af nitrat.

*Pesticider*

Interviewundersøgelsen i landovervågningsoplandene viser at selv med en udvidet analysepakke på op til 44 pesticider og nedbrydningsprodukter dækkes arealanvendelsen ikke. Af de 15 fund af pesticider og nedbrydningsprodukter i det øvre grundvand i 1996, er der kendskab til, at 10 af pesticiderne har været anvendt på stationsmarkerne i perioden 1990-95. Et af de 15 fund var over grænseværdien for drikkevand.

### **Stoftransport i vandløb**

*Afstrømning*

Afstrømningen var usædvanlig lille i det seneste hydrologiske år (1995/96) og meget stor i de to forudgående hydrologiske år (1993/94 og 1994/95). I de lerede oplande har afstrømningen varieret mere mellem våde og tørre år end i de sandede oplande.

## Hydrografopsplitning

En opsplitning 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 hovedsagelig sker via grundvand. Den årlige overfladenære andel af afstrømningen til vandløbene udgjorde i måleperioden 40-44% for vandløb i lerjordsoplandene og 5-22% for vandløb i sandjordsoplandene. For transporten af totalkvælstof i vandløbene betyder dette, at der er tydeligt højere koncentrationsniveau i vandløbene, der afvander lerede oplande.

## N til vandløb

Den vandføringsvægtede årsmiddelkoncentration af kvælstof lå i gennemsnit for perioden på 9,2 mg N l<sup>-1</sup> i vandløbene i de lerede oplande og 3,9 mg N l<sup>-1</sup> i de sandede oplande. Det lavere gennemsnit for de sandede oplande skyldes mindre overfladisk afstrømning og formentligt øget denitrifikation i okkerpotentielle områder i to af de sandede oplande. For de lerede oplande har årsmiddelkoncentrationen af kvælstof været faldende gennem de sidste fire hydrologiske år. Det skyldes de usædvanlige afstrømningsforhold. En mindre del af faldet kan dog evt. forklares ved mindre kvælstof input til jorderne og dermed afspejle den modelberegnete reduktion af udvaskning fra rodzonen.

Den totale kvælstofudvaskning til vandløbene fra dyrkede arealer har i undersøgelsesperioden ligget på gennemsnitlig 26,6 kg N ha<sup>-1</sup> år<sup>-1</sup> i lerjordsoplandene, og på gennemsnitlig 12,2 kg N ha<sup>-1</sup> år<sup>-1</sup> i sandjordsoplandene. Til sammenligning anføres at udvaskningen fra naturarealer i undersøgelsesperioden lå på 0,6-4,3 kg N ha<sup>-1</sup> år<sup>-1</sup>.

## P til vandløb

Det totale tab af fosfor fra dyrkede arealer til vandløb, beregnet på baggrund af normal prøvetagning, har i måleperioden ligget på gennemsnitligt 0,34 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 0,05-0,12 kg P ha<sup>-1</sup> år<sup>-1</sup>.

## P tab undervurderet

I fire af hovedvandløbene i landovervågningsoplandene er fosfortabet til vandløb siden 1993 tillige beregnet på baggrund af intensiv prøvetagning. I gennemsnit er fosfortabet her 38% større, end når det beregnes på baggrund af normal prøvetagning. Fosfortabet beregnet på baggrund af den normale prøvetagning er derfor med stor sandsynlighed undervurderet i alle 7 hovedvandløb i overvågningsoplandene. Der er behov for intensiv prøvetagning i alle 7 hovedvandløb.

## Landbrugets indflydelse på næringsstofftransporten i oplandene

## Kvælstoftransport i oplandene

På baggrund af måleresultater og beregnede størrelser er opstillet en vurdering af kvælstoftransporten i oplandene for de 7 hydrologiske år 1989/90 - 1995/1996. I opstillingen er ikke medtaget kvantificering af kvælstofmineralisering/immobilisering, denitrifikation eller ammoniakfordampning.

I lerjordsoplandene er årligt tilført ca. 119 kg N ha<sup>-1</sup> med handelsgødning, 69 kg N ha<sup>-1</sup> med husdyrgødning og 31 kg N ha<sup>-1</sup> ved kvælstoffixering og atmosfærisk deposition, i alt ca. 219 kg N ha<sup>-1</sup>. Med afgrøderne er årligt fjernet ca. 131 kg N ha<sup>-1</sup>. Der er således netto til-

ført jorden ca. 88 kg N ha<sup>-1</sup>. Udvaskningen fra rodzonen er målt til ca. 72 kg N ha<sup>-1</sup>; af denne udvaskning er ca. 36% nået ud til vandløbene.

I sandjordsoplandene er årligt tilført ca. 116 kg N ha<sup>-1</sup> med handelsgødning, 115 kg N ha<sup>-1</sup> med husdyrgødning og ca. 43 kg N ha<sup>-1</sup> ved kvælstoffixering og atmosfærisk deposition, i alt ca. 272 kg N ha<sup>-1</sup>. Afgrøderne har årligt fjernet ca. 134 kg N ha<sup>-1</sup>; således er der netto tilført jorden ca. 138 kg N ha<sup>-1</sup>. Udvaskningen fra rodzonen er målt til ca. 123 kg N ha<sup>-1</sup>; af denne udvaskning er ca. 10% nået ud til vandløbene.

*Reduktion i kvælstofudledning fra landbrugsarealet 17%*

Modelberegninger udført med udvaskningsfunktioner ved normal-klima har vist et fald i kvælstofudvaskning fra rodzonen fra 1989/90 til 1995/96 (ca. 17%).

*Supplement af vandmiljøplanen og senere handlingsplaner*

Vandmiljøplanens reduktionsmål for kvælstofudledning vil næppe kunne opnåes med de iværksatte initiativer. Supplerende initiativer kan være:

- øget kontrol med gødningsanvendelsen på husdyrbrug, herunder skærpet harmonikrav
- vintergrønne marker skal i højere grad bestå af afgrøder med stor kvælstofoptagelse
- revurdering af gødningsnormer med henblik på evt. nedsættelse af disse
- øget indsats i SFL områder
- braklægning kan udnyttes i form af våde enge og bræmmer

*Fosfor input og jordens fosforstatus*

Den konstante nettotilførsel af fosfor til landbrugsjordene har forårsaget stigende fosforstatus af disse. I landbruget måles fosforstatus ved fosfortallet (Pt). For optimal planteproduktion bør Pt værdien ligge på 2,0 - 3,5/4,0. I gennemsnit for danske jorder ligger Pt værdien på 4,5, og ca. 50% af jorderne har Pt værdier højere end 4,0. Danske jorde har således overvejende høj fosforstatus, hvilket kan have indflydelse på det diffuse fosfortab til omgivelserne. Der er behov for at nedbringe fosforinput til jorderne.

## 2 Indledning

### *Landbrugets næringsstof-udledning*

Inden for landbrugserhvervet er der siden 1960'erne sket en markant strukturændring, der har medført større koncentration af husdyr på færre brug. Dette betyder, at større mængder husdyrgødning spredes på mindre arealer. Handelsgødningsforbruget steg samtidig fra ca 40 kg N ha<sup>-1</sup> i 1960 til ca 138 kg N ha<sup>-1</sup> i 1985. Endvidere skete der en radikal ændring i afgrødevalget, således at græsarealet blev omtrent halveret fra 1960 til 1985. Disse ændringer har medført øget tab af næringsstoffer.

### *Vandmiljøplanens reduktionsmål*

Den samlede kvælstofudledning fra landbruget var i midten af 1980'erne beregnet til 260.000 t N år<sup>-1</sup>. Med vedtagelsen af Vandmiljøplanen i 1987 var målsætningen at landbrugets udledning skulle reduceres med 127.000 t N år<sup>-1</sup>, svarende til 49% af den samlede udledning fra landbruget. Der forventedes en reduktion af markbidraget (udvaskning fra rodzonen) på 100.000 t N år<sup>-1</sup>, mens den øvrige reduktion skulle komme fra gårdbidraget, først og fremmest ved stop af ulovlige udledninger.

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

Med vedtagelsen af Vandmiljøplanen indførtes en række tiltag overfor landbruget. For at følge op på effekten af disse samt af senere handlingsplaner iværksattes Landovervågningsprogrammet i 1989. 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>). Udvalget 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*

Amterne har foretaget en vurdering af arealanvendelsen samt næringsstofudvaskningen fra de enkelte målestationer og pesticidfund i det øvre grundvand. 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 sammenkobles hovedresultaterne til en beskrivelse af næringsstofcirkulationen i landbrugsøkosystemer, og udviklingen i landbrugets næringsstofbelastning af vandområderne vurderes. Rapporten beskriver endvidere resultater vedrørende pesticidfund i det øvre grundvand samt brug af pesticider i relation hertil.

*Rapportens udarbejdelse*

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

*Evaluering af Handlingsplanen for Bæredygtigt Landbrug*

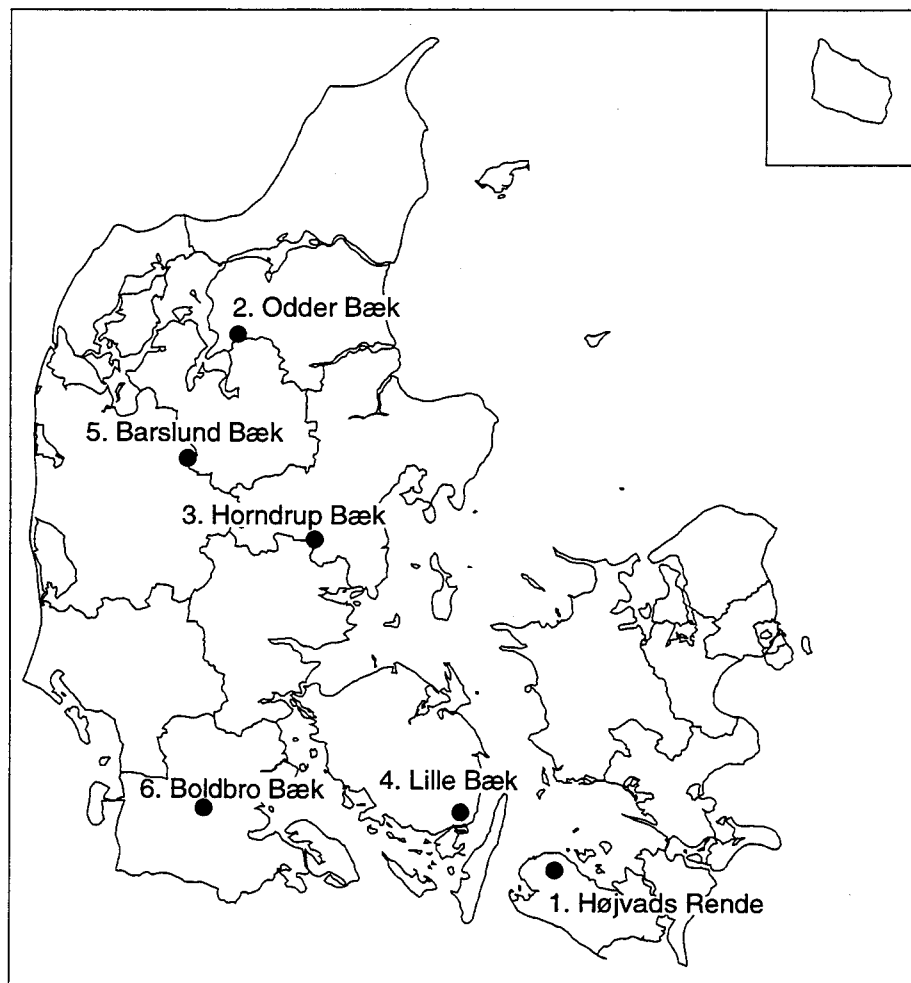
Resultater fra Landovervågningen anvendes i evaluering af Handlingsplanen for Bæredygtigt Landbrug fra 1991. Første opfølgning på handlingsplanen fandt sted i 1996. I 1998 skal atter foretages en status over de opnåede resultater og en evaluering af de hidtil anvendte styringsinstrumenters effektivitet.



### 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 land-overvågningsoplandenes 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, Oddebæk (Nordjyllands Amtskommune).**

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

udgør ca. 2% af oplandsarealet, omtrent resten er i landbrugsmæssig drift.

#### *Vejle/Århus*

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

Oplandet udgør ca. 550 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 skrånende 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 og Tværmose Bæk (Ringkøbing/Viborg Amtskommune).**

Oplandet udgør ca. 1310 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. 820 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 og Grønlands Geologiske Undersøgelse (GEUS) (*Rasmussen & Gosk, 1990*). Med hensyn til etableringen henvises til etableringsrapporter fra GEUS (*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 (*Jensen og Madsen, 1990*). 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 GEUS 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 planteavls-konsulenter, i LOOP 3 af amtet og i LOOP 5 af Hedeselskabet.

I 1993-95 er der udtaget prøver af den flydende husdyrgødning fra ejendomme med stationsmarker med det formål at vurdere, i hvor høj grad gødningens faktiske næringsstofindhold er i overensstemmelse med normtallene. Undersøgelsen afsluttedes 1. januar 1996; resultaterne er beskrevet i *Grant et al., 1996*.

### 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.

#### Nedbørsstationer og klimadata

*Måling og beregning*

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.

#### Jordvandsundersøgelser

*Formål*

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 grundvandspejl.

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

### **Drænvandsanalyser**

*Formål* 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.

### **Grundvandsundersøgelser**

*Formål* 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 borer* Endvidere foretages kemisk analyse på grundvand fra markvandingsboringer (LOOP 2, 5, 6) og dybere borer (LOOP 1, 2, 4, 6). Dybden for disse borer 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.

#### **Vandløbsundersøgelser**

#### *Formål*

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 næringsstoffabet er væsentligt at følge og sammenholde med de øvrige målinger i oplandet af rodzoneudvaskning og tab via drænvand, samt de løbende interviewundersøgelser af ændringer i arealanvendelse og driftsforhold inden for landbruget.

#### *Vandløbsstationer*

I hvert opland er der etableret 1-4 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. Kun hovedvandløbsstationerne omtales i denne rapport.

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

I rapporten er der foretaget en beregning af næringsstoffabet 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, naturbidraget (baggrundsbidraget) på landbrugsarealer samt bidraget fra spredt bebyggelse.

## 5 Landbrugspraksis

I dette afsnit beskrives udviklingen i landbrugspraksis frem til 1. januar 1997.

*Grundlag for gødskningsplanlægning*

Fra driftåret 1993/94 blev der indført nye regler for gødningsplanlægning. Med disse regler blev indført faste kvælstofnormer for de enkelte afgrøder, kvælstofnormerne justeres hvert år efter indstilling fra Landbrugets Rådgivningscenter. Kvælstofnormerne udbyttekorrigeres; og for korn og forårssåede afgrøder skal der endvidere korrigeres for geografisk afvigende behov samt for den årlige kvælstofprognose. Fra driftåret 1994/95 skal N-behovene i gennemsnit for bedriften endvidere reduceres med 10% af den kvælstofmængde, der blev givet med husdyrgødning det foregående driftår. Endelig stilles der et minimumskrav til udnyttelsen af kvælstof i husdyrgødningen.

Lovgrundlaget for ovennævnte regler findes i Bekendtgørelse fra Plantedirektoratet nr 655 af 13. august 1993, nr 662 af 12. juli 1994 og nr 627 af 20. juli 1995 om behov for tilførsel af kvælstof og indhold af kvælstof i husdyrgødning, Bekendtgørelse fra Plantedirektoratet nr 228 af 29. marts 1994, nr 238 af 5. april 1995 og nr 159 af 25. marts 1996 om kvælstofprognosen for henholdsvis 1994, 1995 og 1996 samt Bekendtgørelse fra Landbrugsministeriet nr 101 af 4. februar 1994 om grønne marker, sædskifte- og gødningsplaner samt gødningsregnskaber i jordbruget.

Ovennævnte administrative tiltag vil i dette afsnit blive beskrevet i forhold til landbrugspraksis i Landovervågningsoplandene og for hele landet.

### 5.1 Interviewundersøgelsen i landovervågningsoplandene

Landmændene i de seks landovervågningsoplande bliver en gang om året interviewet om afgrødesammensætning, gødningsforbrug og husdyrhold. Interviewundersøgelsen er gennemført i otte år, således at det er muligt at gøre rede for syv driftsår fra 1989/90 til 1995/96. I dette kapitel referes til driftsårene som hele årstal.

#### Oplandenes repræsentativitet

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.

*Tre sandjords- og tre lerjordsoplande*

*Fordeling af bedriftstyper svarer til landsfordelingen*

Andelen af kvægbrug, svinebrug, blandede brug og rene planteavlbrug i oplandene svarer nogenlunde til fordelingen for hele landet. Der er lidt større andel af kvæg- og planteavlbrug i oplandene end i hele landet og tilsvarende mindre andel af svinebrug og blandede

husdyrbrug. Også størrelsesfordelingen af ejendommene i oplandene svarer til landsgennemsnittet.

#### Husdyrtætheden i oplandene

Husdyrtætheden i oplandene er lidt større end for landet som helhed. I oplandene ligger den gennemsnitlige husdyrtæthed på 1,06 DE ha<sup>-1</sup> i 1996, mens landsgennemsnittet ligger på 0,95 DE ha<sup>-1</sup> opgjort for det dyrkede areal med et gødningsbehov, det vil sige at brakarealet undtagen non-food afgrøder er fraregnet.

#### Interviewundersøgelsens omfang

På grundlag af interviewundersøgelsen fra 1989 til 1996 er der foretaget en opgørelse af landbrugspraksis for driftsårene 1989/90 til 1995/96. 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. Antallet af ejendomme og størrelserne af de arealer, der har fuldstændige oplysninger om gødningstilførsler og udbytter for driftsårene er vist i tabel 5.1.

Tabel 5.1 Omfanget af interviewundersøgelsen fra 1989 til 1996

	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
Ejendomme	166	162	157	147	145	140	139	128
Areal (ha)		3937	4274	4722	5087	4763	5039	5132
Husdyr (DE)	5556	5655	5877	5775	5967	6098	6041	5406

#### 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 og for at sikre, at der er overensstemmelse mellem produceret husdyrgødning og den mængde der udbringes på markerne. Som nævnt er husdyrtætheden lidt 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

Landbrugets gødskningspraksis kan vurderes på flere måder:

i) Til beskrivelse af udviklingen er anvendt en konservativ synsvinkel, dvs. der er anvendt samme normtal og opgørelsesmetoder for alle seks driftsår. Anbefalede mængder er efter *Hansen (1990a)*. Den anbefalede kvælstofmængde til vår- og vinterraps var derfor henholdsvis 170 og 230 kg N ha<sup>-1</sup> i alle seks driftsår, selvom anbefalingerne til landbruget blev ændret til henholdsvis 140 og 200 kg N ha<sup>-1</sup> i 1992 (*Håndbog for Plantedyrkning, 1992*).

ii) Til vurdering af aktuel landbrugspraksis i forhold til gældende regler er der anvendt kvælstofnormer efter Plantedirektoratets bekendtgørelser (*Håndbog for Plantedyrkning, 1996*).



I alle opgørelser, hvor der ikke er angivet andet, er der anvendt nyttevirkningsstal for 1991 (*Håndbog for Plantedyrkning, 1991*). N-prognosens anbefalinger er fulgt hvert år.

Til definition af husdyrbrugstyper er anvendt følgende:

Et husdyrbrug defineres som kvægbrug når mere end 2/3 af dyrene er kvæg, som svinebrug når mere end 2/3 af dyrene er svin, som blandet kvæg- og svinebrug når hverken kvæg eller svin udgør mere end 2/3 af dyrene og som planteavlsbrug når brugets husdyrtæthed er mindre end 0,1 DE ha<sup>-1</sup>.

## 5.2 Afgrøder og husdyrhold i landovervågningsoplandene

### Afgrødefordeling og grønne marker.

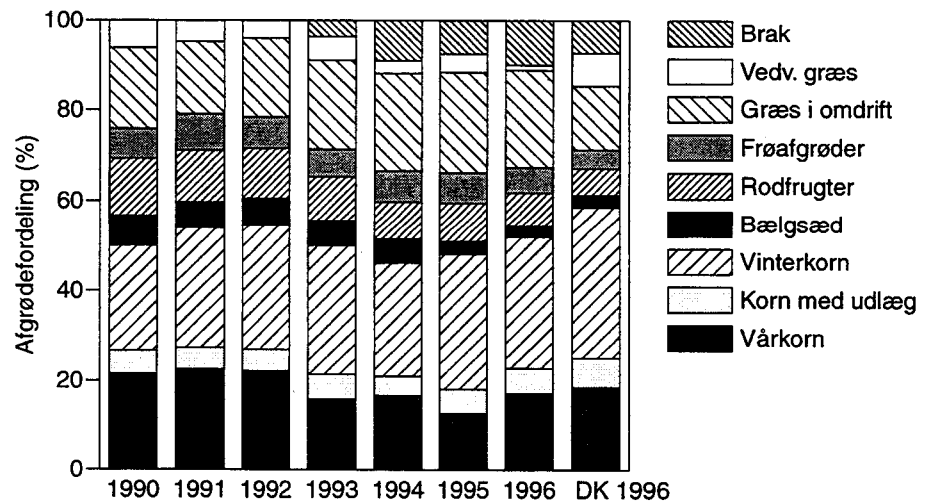
#### Afgrødefordeling

Afgrødefordelingen i de seks oplande og for hele landet er vist i figur 5.1. Afgrødefordelingen i oplandene i 1996 er omtrent uændret i forhold til 1995, dog er der en lille stigning i arealet med vårkorn og et tilsvarende fald i arealet med bælgssæd og græs. I forhold til landet som helhed udgør det samlede kornareal i oplandene en lidt mindre andel og arealet med græs i omdrift en tilsvarende større andel.

#### Regler for grønne marker

Ifølge bekendtgørelsen om grønne marker er det et lovkrav, at 65% af det dyrkede areal på landbrugsbedrifter over 10 ha skal være plantedeppet i efteråret. Afgrøder, der kan indgå i grønne marker, omfatter vinterkorn, fodermajs, rodfrugter, frøgræs, vinterraps, sene fri-landsgrøntsager 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 Afgrødefordeling for de seks landovervågningsoplande fra 1990 til 1996 og for hele landet i 1996.

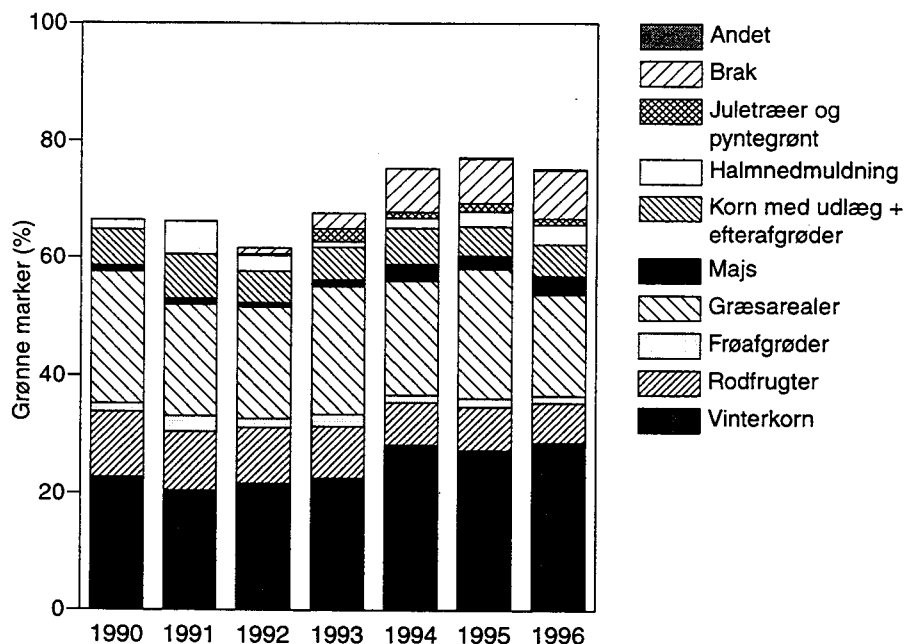


75% grønne marker i oplandene i 1996

I de seks landovervågningsoplande udgør grønne marker 75% af arealet i 1996, figur 5.2. Oplandene opfylder dermed kravet om, at 65% af det dyrkede areal skal være plantedeppet om efteråret. Af de grønne marker udgør græs inklusiv brak, vinterraps og korn med udlæg 43%, vinterkorn 38% og rodfrugter, majs, halmnedmuldning

og juletræer 19%. Kun førstnævnte gruppe samt rodfrugter (roer) kan forventes at optage betydelige kvælstof mængder i efterårs- og vintermånederne. Andelen af de grønne marker er steget fra 67% i 1990 til 75% i 1996.

Figur 5.2 Arealet af grønne marker i procent og fordelt på afgrødetyper fra 1990 til 1996.



Tabel 5.2 Husdyrtæthed i de seks landovervågnings-oplande og for Danmark i 1996

Inden for opland	DE ha <sup>-1</sup>
Storstrøm	0,23
Fyn	0,73
Vejle/Århus	1,06
Nordjylland	2,05
Ringk./Viborg	0,41
Sønderjylland	1,04
LOOP 1-6	1,06
Samtlige arealer i LOOP interview	
LOOP 1-6	1,00
Danmark	0,95

### Husdyrhold

I 1996 lå den gennemsnitlige husdyrtæthed på 1,06 DE ha<sup>-1</sup> for areaerne inden for oplandene og på 1,00 DE ha<sup>-1</sup> for det totale areal i interviewundersøgelsen. Dette er en lavere husdyrtæthed end de foregående år, hvilket skyldes afvikling af enkelte besætninger. Husdyrtætheden er dog stadig lidt højere end landsgennemsnittet på 0,95 DE ha<sup>-1</sup> (tabel 5.2). Beregningerne er baseret på arealer med et gødningsbehov; dvs. arealer med brak undtagen non-food afgrøder er fraregnet.

I 1996 blev der i gennemsnit for oplandene tilført 90 kg N ha<sup>-1</sup> med husdyrgødning og 21 kg N ha<sup>-1</sup> ved udbinding til arealer med gødningsbehov; ialt 111 kg N ha<sup>-1</sup>. Denne mængde er i overensstemmelse med den producerede mængde på 110 kg N ha<sup>-1</sup> beregnet ud fra husdyrtætheden på 1,06 DE ha<sup>-1</sup> og forudsat at en dyreenhed har en gennemsnitlig produktion på 104 kg N ab lager (Danmarks Statistik, 1993).

### Harmonikrav

Ifølge husdyrbekendtgørelsen, bekendtgørelse nr 1159 af 19. december 1994 stilles krav om harmoni mellem antallet af husdyr og arealtilliggende. For kvægbrugsbedrifter er grænsen 2,3 DE ha<sup>-1</sup>, for svinebrug 1,7 DE ha<sup>-1</sup> og for blandede husdyrbrug 2,0 DE ha<sup>-1</sup>. Overstiger husdyrholdet disse grænser skal overskydende husdyrgødning afsættes til anden side.

I 1996 var 17% af husdyrbrugene i landovervågningsoplandene disharmoniske, med 32% af dyreenhederne tilhørende disse brug. For at harmonikravene kunne opfyldes måtte gødning fra 9% af dyreenhederne omfordeles i oplandene.

17% af husdyrbrugene disharmoniske

På landsplan udgjorde de disharmoniske brug i 1996 15% af husdyrbrugene (Danmarks Statistik, 1997).

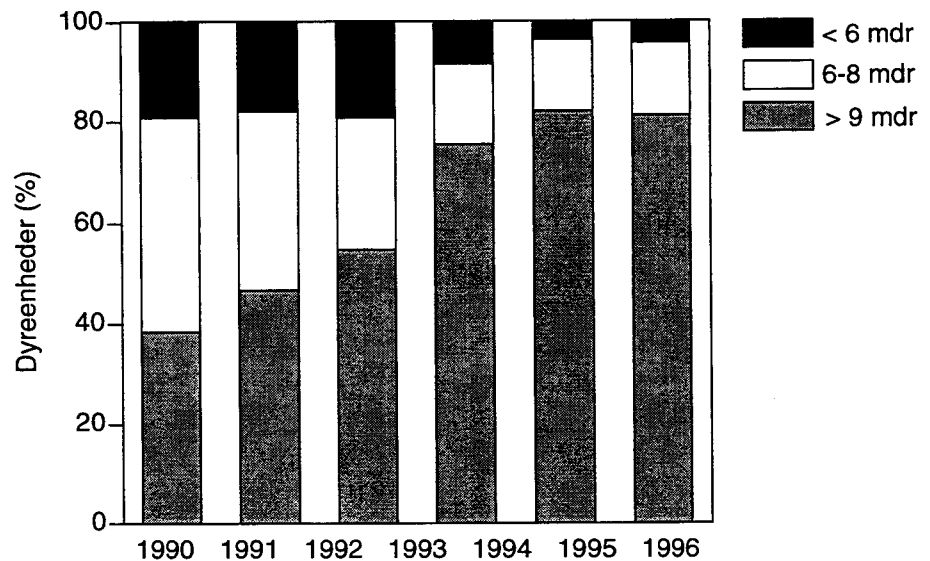
81% af dyreenhederne på ejendomme med mindst 9 måneders opbevaringskapacitet

### Opbevaringskapaciteter og udbringningstider

Kravet til opbevaringskapacitet, som ifølge Bekendtgørelse fra Miljøministeriet nr 11 af 3. januar 1992 var 9 måneder, skulle være opfyldt senest den 31. december 1993. Dog var 6 måneder tilstrækkeligt, hvis det kunne godtgøres, at husdyrgødningen kunne udnyttes tilstrækkeligt. Ved Bekendtgørelse fra Miljøministeriet nr 1121 af 15. december 1992 blev opbevaringskravet revideret til, at der skulle være tilstrækkelig opbevaringskapacitet til at reglerne for udbringningstider kan overholdes, hvilket normalt svarer til 9 måneder for svinebrug og 7 måneder for kvægbrug med dyrene ude om sommeren. Der skal altid være minimum 6 måneders opbevaringskapacitet. Kravet skulle være opfyldt den 31. december 1994.

I de seks landovervågningsoplande i 1996 stod 81% af dyreenhederne på ejendomme med opbevaringskapacitet til flydende husdyrgødning på 9 måneder eller derover, mens 96% af dyreenhederne stod på ejendomme med 6 måneders opbevaringskapacitet eller derover. Disse opbevaringskapaciteter var uændret fra 1995 til 1996. Andelen med mindst 9 måneders opbevaringskapacitet er steget igennem hele perioden fra 1991 til 1995 med ialt 44%-point (figur 5.3). Den største stigning fandt sted fra 1993 til 1994, idet lovkravet om tilstrækkelig opbevaringskapacitet skulle være opfyldt med udgangen af 1994.

Figur 5.3 Opbevaringskapaciteten til gylle og ajle opgjort i procent af dyreenhederne fra 1991 til 1996.



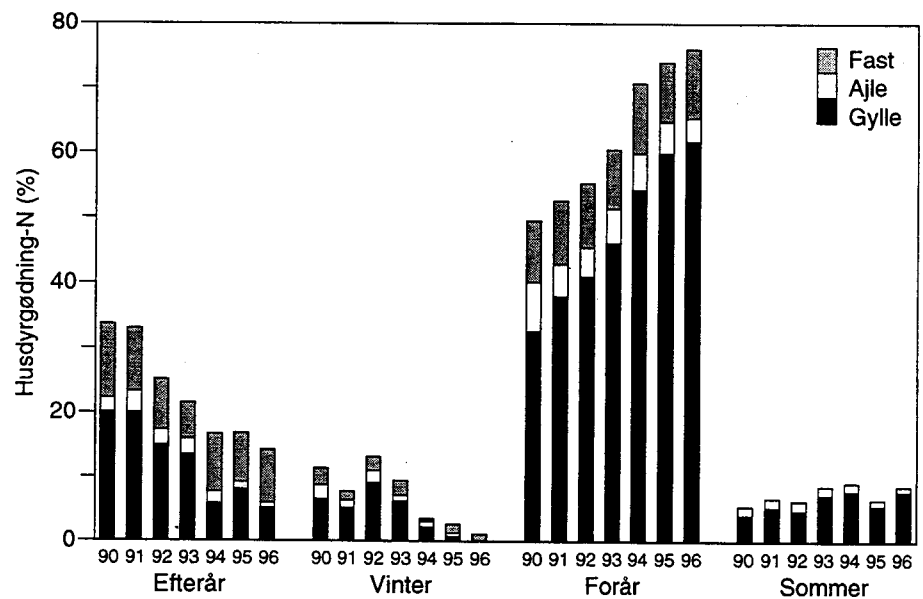
På landsbasis i 1996 hørte 76% af dyreenhederne til ejendomme med 9 måneders opbevaringskapacitet eller derover, mens yderlig 20% af dyreenhederne tilhørte ejendomme med 6 måneders opbevaringskapacitet eller derover (beregnet på baggrund af tal fra Danmarks Statistik (1997) for opbevaringskapacitet til gylle og ajle på malkekvægs- og svinebesætninger).

30%-point stigning i forårs-/sommerudbringning siden 1990

Udbringningstidspunkterne for husdyrgødning er vist i figur 5.4 for årene 1990-1996. Opgørelsen registrerer den udbragte husdyrgødning eksklusiv den mængde, der efterlades på marken ved afgræsning. Det ses at den største husdyrgødningsmængde udbringes om

foråret. I 1996 blev 85% af den samlede husdyrgødningsmængde udbragt om foråret og sommeren; hvilket var en lille stigning i forhold til 1995. Andelen af forårs- og sommerudbragt husdyrgødning er steget igennem hele perioden fra 1990 til 1996 med ialt 30%-point. Stigningen er sket i takt med udbygningen af opbevaringskapacitet. Følgelig var stigningen også størst fra 1993 til 1994 (11%-point). Endvidere er det med virkning fra efteråret 1993 forbudt at sprede flydende husdyrgødning fra høst til 1. februar. For etablerede overvintrende græsarealer samt på arealer, hvor der den følgende vinter skal være vinterraps er det dog tilladt at udbringe flydende husdyrgødning fra høst og indtil 1. oktober. Fra 1. januar 1995 er der yderlig strammet op på reglerne vedr. udbringning af fast gødning som kun må udbringes i perioden fra høst og frem til 20. oktober på arealer, hvor der er afgrøder den følgende vinter.

Figur 5.4 Udbringningstid for husdyrgødning fra 1990 til 1996.



### 5.3 Forbrug og udnyttelse af kvælstofgødning til afgrøderne i landovervågningsoplandene

#### Gødningstildeling til afgrøderne i 1996

Gødningstildelingen til marker med et gødningsbehov i de seks landovervågningsoplande udgjorde i 1996 gennemsnitlig 98 kg N ha<sup>-1</sup> med handelsgødning, 90 kg N ha<sup>-1</sup> med husdyrgødning og 21 kg N ha<sup>-1</sup> med udbinding. Kvælstoftildelingen til de enkelte afgrøder er vist i tabel 5.3.

#### Udviklingstendenser i tildelte og anbefalede kvælstofmængder

Opgørelser over udviklingstendenser i tildelte kvælstofmængder er udarbejdet for fem afgrødegrupper, nemlig vårkorn, korn med udlæg, vinterkorn, rodfrugter og frøafgrøder. Grunden til at græsafgrøder ikke er med i denne opgørelse er, at gødningstildelinger og anbefalede kvælstofmængder til disse afgrøder er vanskelige at definere.

*Fem afgrødegrupper*

Table 5.3 Oversigt over gødningsanvendelse til afgrødegrupper i de seks landovervågningsoplande, 1996.

	Vårkorn	Vårkorn + udlæg	Vinter- korn	Rod- frugt	Frø- afgrøder	Græs omd.	Vedv. græs
Handelsgødning (kg N ha <sup>-1</sup> )	80	84	115	99	106	110	85
Husdyrgødning (kg N ha <sup>-1</sup> )	49	130	100	116	121	102	37
Udbinding (kg N ha <sup>-1</sup> )	0	16	0	0	0	77	123
Anbefalet mængde (kg N ha <sup>-1</sup> )	94	117	148	113	147	197	-
Nyttevirkning af husdyrgødning (kg N ha <sup>-1</sup> )	19	44	45	51	44	42	13
Effektivt tildelt N (kg N ha <sup>-1</sup> )	99	128	160	150	150	152	98
Udnyttelse af husdyrg.	29	26	33	12	50	85	-
Total tildelt (kg N ha <sup>-1</sup> )	129	230	215	215	227	289	245
Høstet (kg N ha <sup>-1</sup> )	115	146	138	122	75	187	138
Høstet/tildelt x 100 (%)	89	63	64	57	33	65	56
Tildelt - høstet	14	84	77	93	152	102	107

Anbefalet kvælstof er efter Hansen (1990a), dog er anbefalet kvælstof for vår- og vinterraps henholdsvis 140 og 200 kg N/ha. Nyttevirkningstal er fra Håndbog for Plantedyrkning (1991)

Op til en fjerdedel af græsmarkerne i omdrift anvendes til såvel slæt som til afgræsning. Da nogle arealer kun afgræsses i korte perioder og nogle vedvarende græsarealer ligger hen som delvise reservearealer til år med mangel på foder, kan der være tvivl om de anbefalede mængder. De fem afgrødegrupper udgjorde dog til sammen mellem 62 og 73% af landbrugsarealet i oplandene i 1990-96.

Udviklingen i forbrug og anbefalede kvælstofmængder for perioden 1990-96 er vist i figur 5.5; datamaterialet er desuden vist i bilag 5.1. For de fem afgrødegrupper faldt handelsgødningsforbruget fra 132 til 100 kg N ha<sup>-1</sup> i perioden 1990-96, mens tilførsel af effektiv husdyrgødningskvælstof steg fra 29 til 39 kg N ha<sup>-1</sup> i samme periode. Total effektiv kvælstoftilførsel er således faldet fra 161 kg N ha<sup>-1</sup> i 1990 til 139 kg N ha<sup>-1</sup> i 1996. Anbefalet kvælstof har ligget på mellem 138 og 155 kg N ha<sup>-1</sup> i 1990-95, men var helt nede på 128 kg N ha<sup>-1</sup> i 1996 som følge af et stort fradrag i kvælstofbehovet fra kvælstofprognosen. For de syv år er der altså generelt et lille fald i forbruget af kvælstofgødning set i forhold til den anbefalede mængde.

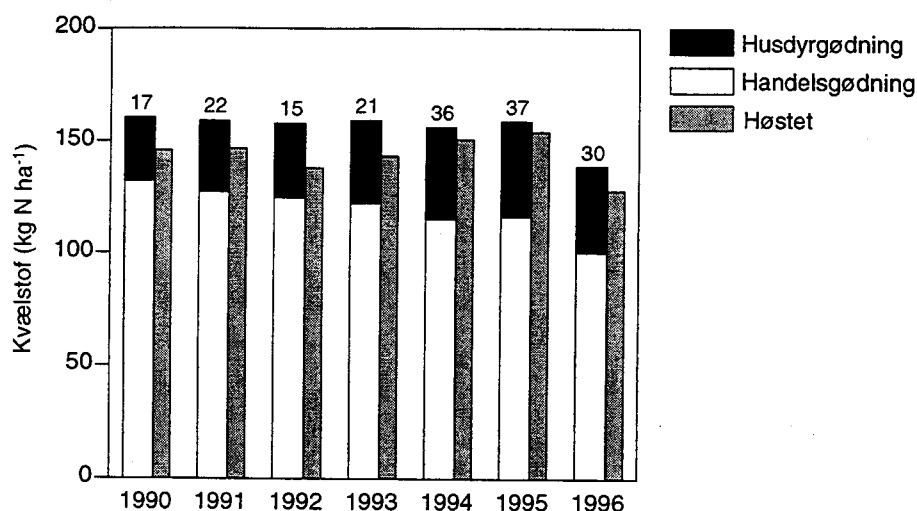
### Udnyttelse af husdyrgødningens kvælstof

"Udnyttelsen af husdyrgødning" udtrykker hvor stor en procentdel af husdyrgødningskvælstoffet, som den anbefalede kvælstofmængde udgør, når handelsgødningskvælstoffet (og andet) er fratrukket. Udnyttelsen beregnes på følgende måde:

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

Bekendtgørelsens krav til udnyttelse af husdyrgødning på ejendomsniveau var pr. 1. august 1993: 45% for svinegylle; 40% for kvæggylle; 15% for dybstrøelse og 30% for anden husdyrgødning. Fra 1. august 1994 er udnyttelseskravet til anden husdyrgødning øget til 35 % og fra 1. august 1995 øgedes denne yderligere til 40%. Fra 1997 er kravet: 50% for svinegylle, 45% for kvæggylle, 15% for dybstrøelse og 40% for anden husdyrgødning.

Figur 5.5 Udviklingen i gødningspraksis for vårkorn, korn med udlæg, vinterkorn og frøafgrøder. Udnyttelsen af husdyrgødning er angivet i procent over søjlerne.



Udnyttelsen af husdyrgødning opgjort for marker steg 15%-point fra 1990 til 1996

Den gennemsnitlige udnyttelse af husdyrgødningen opgjort for marker med de fem afgrøder vårkorn, korn med udlæg, vinterkorn, frøafgrøder og rodfrugt er generelt steget i perioden 1990-96 (figur 5.5). I 1990-93 lå udnyttelsesprocenten af husdyrgødning på gennemsnitlig 18% og i 1994-96 på gennemsnitlig 33%; dvs. der er en stigning på 15%-point igennem perioden. Til denne opgørelse over udvikling i udnyttelse af husdyrgødning er anvendt anbefalede normer efter Hansen (1990a) og opgørelsen er kun for de fem afgrødegrupper, hvorved den gennemsnitlige udnyttelse er lavere end den gennemsnitlige udnyttelse, der beregnes på bedriftsniveau efter den gældende lovgivning.

Ca. 40% af ejendommene opfyldte minimumkrav til udnyttelse af husdyrgødning i 1996

Den gennemsnitlige udnyttelse af husdyrgødning for ejendommene i henhold til gældende lovgivning er vist i tabel 5.4 for 1996. I opgørelsen er medtaget ejendomme, som anvender husdyrgødning, og som er større end 10 ha; anbefalede mængder er efter Plantedirektoratet (Håndbog for Plantedyrkning, 1996). Kvælstofnormerne er udbyttekorrigeret, endvidere er der korrigeret for eftervirkning af husdyrgødning samt for kvælstofprognosen. Som gennemsnitlig udnyttelse er anvendt et simpelt gennemsnit for at vise det typiske for ejendommene. Ejendommene, som indgår i denne opgørelse udgør 76% af det totale areal i interviewundersøgelsen. Som gennemsnit for ejendommene var kravet til minimumudnyttelse 38,3%, mens opnået udnyttelse var på 48,9%; altså en udnyttelse der var ca 10% over kravet. Dette forhold var gældende for kvægbrugene, blandede husdyrbrug og planteavlsbrugene, mens svinebrugene gennemsnitlig opnåede en lavere udnyttelse end lovkravet (tabel 5.4). Gennemsnitstallene dækker dog over store variationer. Af tabel 5.5 fremgår det, at 57% af ejendommene havde opnået en udnyttelsesprocent, der var større end minimumkravet; 4% havde en udnyttelse, der var mellem kravet og 5%-point under kravet, mens 39% havde en udnyttelse, der var mere end 5%-point under kravet. Sidstnævnte gruppe anvendte 46% af husdyrgødningen og udgjorde 47% af arealet i opgørelsen (eller 28% af arealet i interviewundersøgelsen).

Tabel 5.4 Udnyttelse af husdyrgødning i henhold til gældende lovgivning på ejendomme i landovervågningsoplandene større end 10 ha og med anvendelse af husdyrgødning. Opdeling på brugstyper, 1996.

	Antal brug	Opnået udnyttelse (%)	Krav til udnyttelse (%)	Antal brug som opfylder krav	Areal ha	Husdyrgødning t N
Kvægbrug	42	57,6	37,0	29	1935	207,7
Svinebrug	17	27,9	40,7	5	994	119,3
Kvæg+svin	5	47,7	36,8	2	350	60,3
Planteavl	10	48,4	40,2	6	355	37,7
Alle brug	74	48,9	38,3	42	3634	425,0

Tabel 5.5 Antal ejendomme i procent i forhold til opfyldelse af krav om udnyttelse af deres husdyrgødning på ejendomme større end 10 ha i landovervågningsoplandene, 1996.

	Ejendomme Antal 74	Opnået udnyttelse %	Krav til udnyttelse %	Areal <sup>1)</sup> 3634 ha	Husdyrgødning 425,6 t N
Opfyldt krav til udnyttelsen	57	73,6	37,9	53	44
Udnyttelsen 5 % mindre end kravet	4	38,0	39,8	8	10
Udnyttelsen er mere end 5% under kravet	39	14,2	38,7	39	46

<sup>1)</sup> Angiver areal i opgørelsen; dyrket areal i hele interviewundersøgelsen er 5128 ha.

*Opnået udnyttelsesgrad af husdyrgødning i andre undersøgelser*

Ved en gennemgang af 301 kontrolrapporter for 1993/94 fandt *Plantedirektoratet* (1995) at den gennemsnitlige udnyttelsesprocent for kvælstoffet i husdyrgødningen var 45%, hvilket var 8%-point over minimumkravet. 79% af ejendommene havde opfyldt kravet. Det blev imidlertid vist, at der i landmændenes opgørelser var en overvurdering af de forventede udbytter i forhold til aktuelle udbytter, samt en undervurdering af kvælstofindholdet i husdyrgødningen. Hvis der tages højde herfor ville de nævnte ejendomme have en udnyttelsesprocent af husdyrgødningen på 30-35%.

I Plantedirektoratets opgørelse af ca. 19.000 nøgletalsskemaer over gødningsforbrug og udnyttelse af husdyrgødning i 1995/96 opfyldte 8,5% af ejendommene ikke de gældende krav til udnyttelsen af deres husdyrgødning (*Plantedirektoratet*, 1997).

I opgørelsen af disse nøgletalsskemaer var kvælstofindholdet i den udbragte husdyrgødning 75,2 kg N DE<sup>-1</sup> for kvægbrug og 68,4 kg N DE<sup>-1</sup> for svinebrug (*Plantedirektoratet*, 1997). Korrigeres der for at ca. 11% af husdyrgødningen fra kvægbrug falder ved udbinding bliver kvælstofmængden 83,5 kg N DE<sup>-1</sup> for kvægbrug. Sammenlignet med de nyeste normer for kvælstofindholdet i husdyrgødning (*Poulsen og Kristensen*, 1997) synes kvælstofindholdet i kvæg- og svinegødningen i gennemsnit at være undervurderet med henholdsvis ca. 4 og ca. 9%.

For nogle ejendomme er kvælstofindholdet i husdyrgødningen sandsynligvis ikke undervurderet, da den udbragte mængde kan være mindre end den producerede mængde af lager, fordi landmanden har solgt den overskydende husdyrgødning.

I en opgørelse over landbrugspraksis fra 1993/94 for 46 typeoplade var den gennemsnitlige opnåede udnyttelsesgrad 48%, hvilket var 14%-point højere end minimumskravet på 35%; 74% af ejendommene

opfyldte minimums-kravet til udnyttelse af husdyrgødningen (Grant et al., 1996).

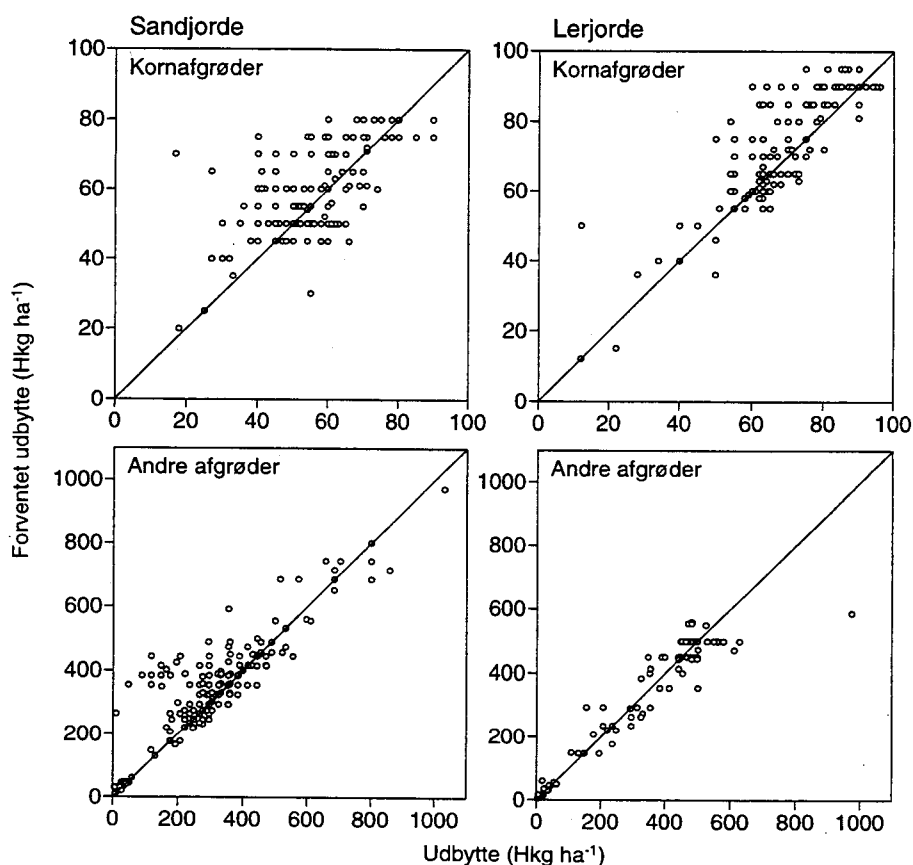
Det må konkluderes at ca. 20-40% af ejendommene, som anvendte husdyrgødning i 1993/94 - 1995/96, ikke opfyldte minimums-kravet til udnyttelse af husdyrgødning.

### Forventede udbytter i forhold til de faktiske

I det følgende er det anskueliggjort om der er sammenhæng mellem de forventede udbytter og de faktiske udbytter for 1996 på datamaterialet i landovervågningen. Opgørelsen er lavet på henholdsvis sandede jorde (LOOP 2, 5 og 6) og lerede jorde (LOOP 1, 3 og 4). I figur 5.6 vises de forventede udbytter som funktion af de faktiske udbytter for 1996, opgørelsen er delt i to grupper; vår- og vinterkorn udgør den ene gruppe og frøafgrøder, græs og rodfrugter udgør den anden gruppe. Af figuren ses at de forventede udbytter generelt set ligger på et realistisk niveau, som er lidt over de faktiske udbytter.

*Generelt realistisk niveau til de forventede udbytter*

Figur 5.6 Forventede udbytter som funktion af faktiske udbytter for 1996



*Nyttevirkning af kvælstof i husdyrgødning*

### Nyttevirkning af kvælstof i husdyrgødningen

Nyttevirkningen er en tabellagt værdi for, hvor meget af husdyrgødningens kvælstof, der kan erstatte handelsgødningskvælstof. Når der tildeles kvælstof i form af husdyrgødning, vil en del af kvælstofet 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; men denne del kan også udvaskes i perioder med afstrømning.



Nyttevirkningen steg 8%-point fra 1990 til 1996

I landovervågningsoplandene er den gennemsnitlige nyttevirksomhed af udbragt husdyrgødning til de fem afgrødegrupper steget fra 34% i 1990 til 42% i 1996; beregningen er baseret på nyttevirksomhedstal fra 1991 (bilag 5.1). Fra 1990 til 1996 ses således en stigning på 8%-point, som afspejler, at en stadig stigende del af husdyrgødningen blev udbragt om foråret og sommeren i perioden 1990-96. Stigningen i forår- og sommerudbringningen var 30 %-point i denne periode. Nyttevirkningen er stort set ikke steget yderligere fra 1994 til 1996, ligesom der kun er sket små ændringer i mængden af forårs- og sommerudbringning af husdyrgødning. Handelsgødningsforbruget til de fem afgrødegrupper faldt fra 132 kg N ha<sup>-1</sup> i 1990 til 100 kg N ha<sup>-1</sup> i 1996. Således udgør handelsgødningen nu en mindre andel af den anbefalede mængde, ca. 75% i 1994-1996 mod 90% i 1990. Den gennemsnitlige nyttevirksomhed af udbragt husdyrgødning er ligeledes 42% for 1996 udregnet efter nugældende normtal for nyttevirksomhed (*Håndbog for plantedyrkning*, 1996).

Overgødsning

### Overgødsning til afgrøderne

Effektiv tildelt kvælstof set i forhold til anbefalet kvælstof til afgrøderne er et udtryk for overgødsningens størrelse. Ved effektiv tildeling forstås kvælstof i handelsgødning plus nyttevirksomheden af husdyrgødning. Denne opgørelse er foretaget for alle marker med de fem afgrødegrupper vårkorn, korn med udlæg, vinterkorn, frøafgrøder og rodfrugter i oplandene. Arealerne er herefter inddelt i 10%-fraktiler med stigende forhold af effektiv tildelt N / anbefalet N. Ved optimal kvælstoftildeling vil forholdet være 100%, men på grund af usikkerheder ved opgørelsen må man anse kvælstoftildelinger med en margin på 10-20% af den anbefalede værdi for at være indenfor godt landmandsskab. I vores beregninger korrigeres afgrødernes behov for eftervirkning af husdyrgødning på markniveau. I praksis vil nogle landmænd korrigere for eftervirkningen af husdyrgødningen som en gennemsnitlig fradrag i afgrødernes behov på alle marker. Forskelle i håndtering af husdyrgødningens eftervirkning bidrager derfor til ovennævnte usikkerhed i normfastsættelsen.

Der overgødes på ca. 20% af arealet

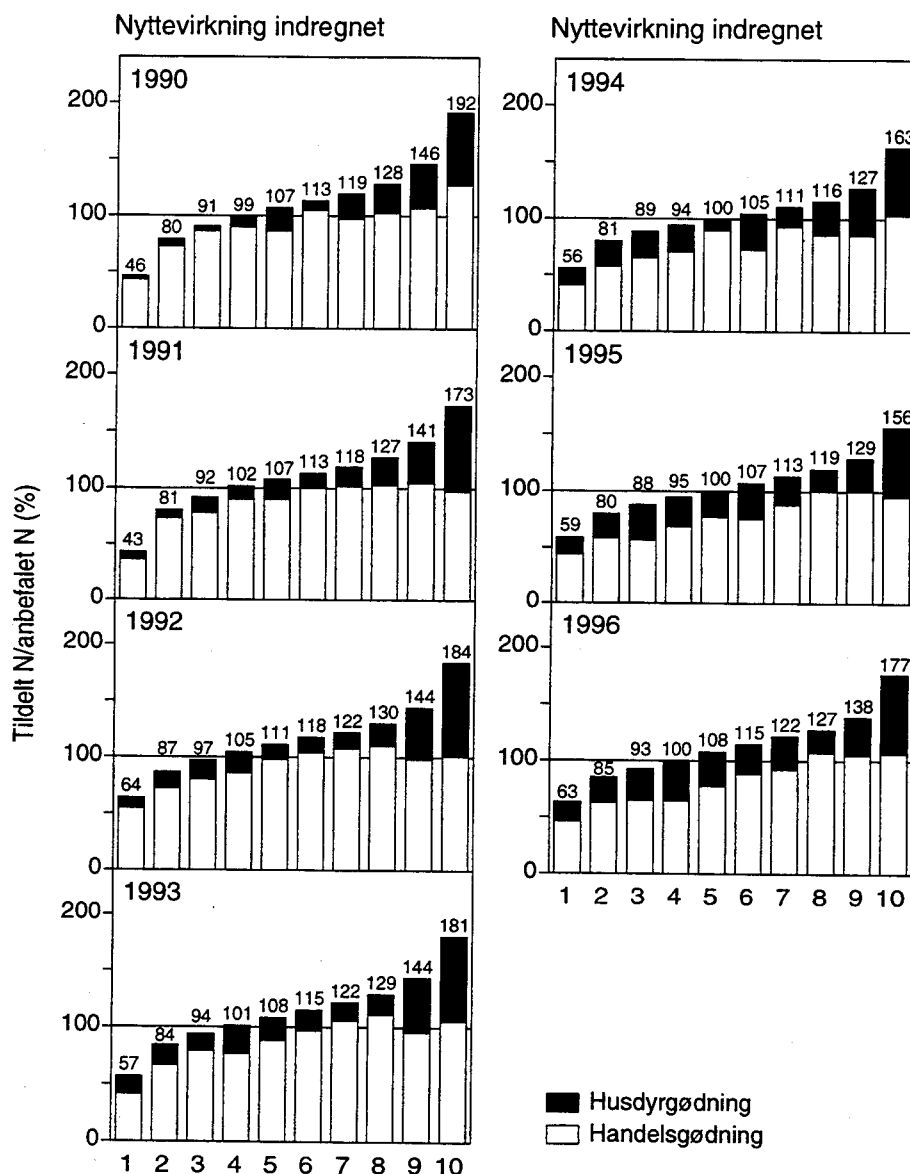
Ovennævnte opgørelse er foretaget for årene 1990 til 1996; til vurdering af udviklingstendenser er anvendt anbefalede normer efter Hansen (1990a) (figur 5.7). Det ses, at ca 20% af arealet har været overgødet i hele perioden. Overgødsningens størrelse er imidlertid aftaget fra 28-90% i 1990 til ca 20-63% i 1994 og 1995, men steget lidt i 1996 til 28-76%.

Stigende overgødsning ved anvendelse af Plantedirektoratets normer

I figur 5.8 er foretaget opgørelse af tildelt effektiv kvælstof i forhold til anbefalet kvælstof for de 5 afgrødegrupper i 1996 efter gældende lovgivning (Plantedirektoratets normer); opgørelsen er foretaget med nyttevirksomhedstal for såvel 1991 som 1996 (*Håndbog for plantedyrkning*, 1991 og 1996). Der er stort set ingen ændring i overgødsning på grund af ændring i nyttevirksomhedstal fra 1991 til 1996. Og det har stort set heller ingen betydning om der anvendes anbefalede normer efter Hansen (1990a), hvor overgødsningens størrelse er på 27-77% (figur 5.7) eller Plantedirektoratets normer, hvor overgødsningens størrelse er på 20-79% (figur 5.8). Der er dog stor forskel på normfastsættelsen mellem de to metoder, først og fremmest, er der indregnet en større eftervirkning af husdyrgødning givet året før i Plantedi-

rektoratets normer. Uanset hvilke opgørelsesmetoder der anvendes er der en alt for stor overgødskning på ca 20% af arealet, mens gødningstildelinger for det resterende areal ligger indenfor godt landmandsskab. Opgørelsen af overgødskning viser ikke hvorvidt landbruget gøder efter reglerne eller ej.

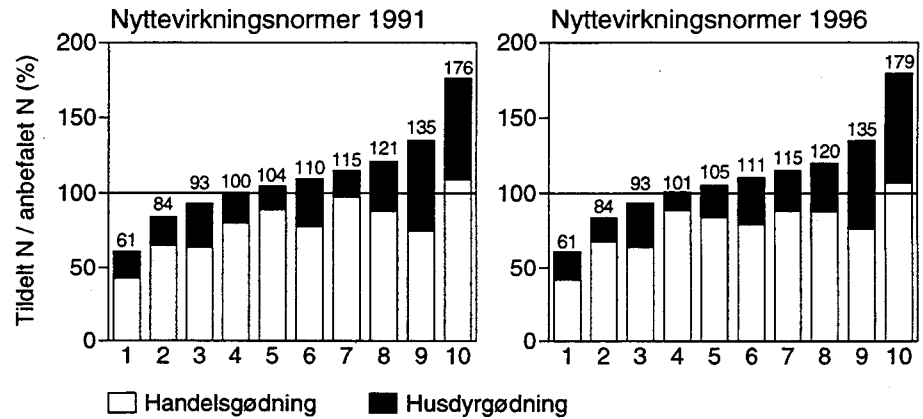
Figur 5.7 Tildelte kvælstofmængder i forhold til anbefalede kvælstofmængder for afgrødegrupperne vårkorn, korn med udlæg, vinterkorn, rodfrugt og frøafgrøder - fordelt på 10% arealfraktiler efter stigende kvælstoftildeling. Opgørelsen viser udviklingstenden- sen fra 1990 til 1996. Anbefalet N er efter Hansen (1990a) og nyttevirkningstal efter Håndbog for plantedyrkning 1991.



Overgødskning med og uden indregnet eftervirkning af husdyrgødning og kvælstofprognose

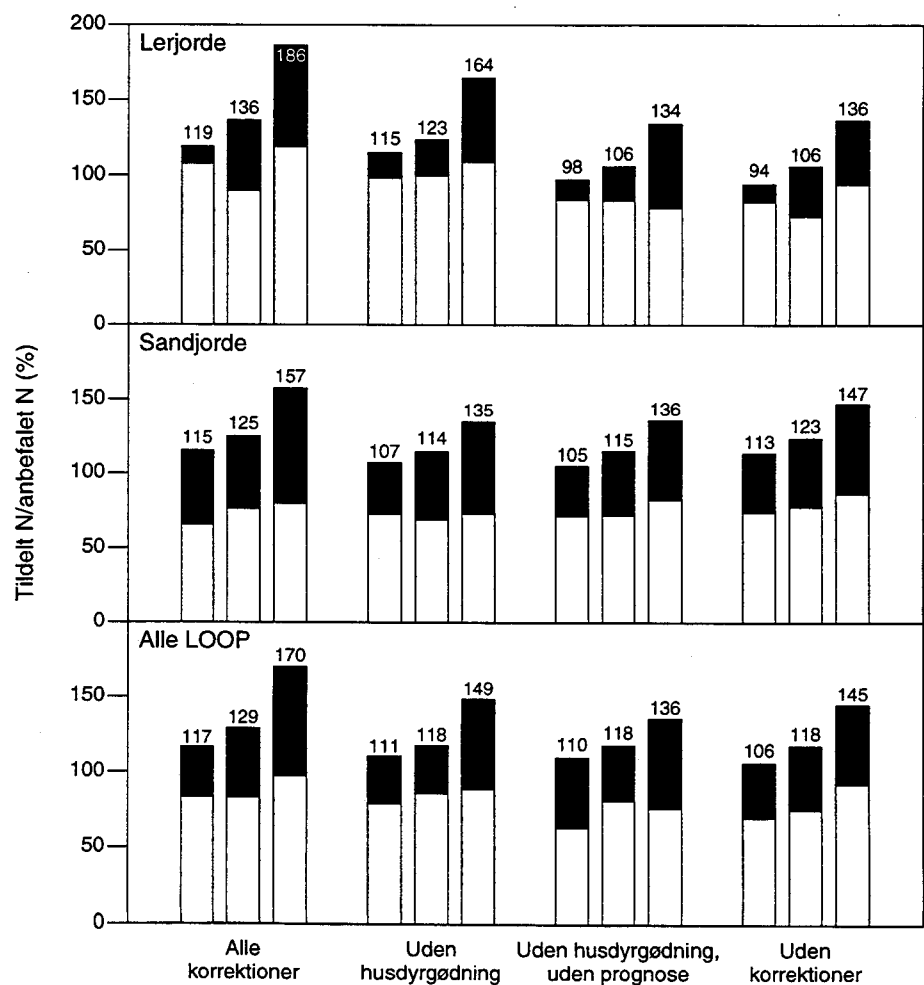
I figur 5.9 vises en opgørelse over hvilken betydning kvælstofnormer med og uden indregnet eftervirkning af husdyrgødning, kvælstofprognose og udbyttekorrektioner har på størrelsen af overgødskningen. Opgørelsen er foretaget på alle afgrøder med et kvælstofbehov og i henhold til Plantedirektoratets normer for 1996. Overgødskningen for alle afgrøder med et kvælstofbehov ligger på mellem 17-70 % hvor kvælstofnormerne er korrigeret for eftervirkning af husdyrgødning, kvælstofprognosen og udbytteneiveau. Overgødskningen falder imidlertid til mellem 11-48% hvis kvælstofnormerne ikke korrigeres for eftervirkningen af husdyrgødningen og til mellem 10-36% hvis kvælstofnormerne desuden ikke korrigeres for kvælstofprognosen. Den gennemsnitlige overgødskning stiger lidt hvis kvælstofnormerne ikke korrigeres for udbytteneiveau.

Effekten af de forskellige normkorrektioner virker lidt forskellig på henholdsvis lerjorde (LOOP 1, 3 og 4) og sandjorde (LOOP 2, 5 og 6). Undlades korrektionen for eftervirkningen af husdyrgødningen er reduktionen i overgødskningen stort set ens på sandjorde og lerjordene, men undlades korrektionen for kvælstofprognosen giver det størst reduktion i overgødskningen på lerjordene. Undlades udbyttekorrektionerne giver det større overgødskning på både lerjorde og sandjorde.



Figur 5.8 Tildelte kvælstof-mængder i forhold til anbefalede kvælstofmængder for afgrødegrupperne vårkorn, korn med udlæg, vinterkorn, rodfrugt og frøafgrøder - fordelt på 10% arealfraktiler efter stigende kvælstoftildeling. Data for landbrugspraksis er for 1996. Nytttevirkningen af den tilførte gødning er opgjort med normtal for henholdsvis 1991 og 1996, og anbefalede kvælstofmængder er fra Plantedirektoratet for 1996.

Figur 5.9 Overgødskning med og uden indregnet eftervirkning af husdyrgødning, kvælstofprognose og korrektion for udbytte-niveau, opgjort for henholdsvis sandjorde (LOOP 2, 5 og 6), lerjorde (LOOP 1, 3 og 4) samt alle LOOP. Søjlerne viser tildelt kvælstofmængder i forhold til anbefalede kvælstofmængder for afgrøder med et kvælstofbehov - fordelt på 10% arealfraktiler efter stigende kvælstoftildeling, kun de sidste 3 arealfraktiler med størst overgødskning er vist for hver beregningskombination. Anbefalede kvælstofnormer er fra Plantedirektoratet for 1996 og nytttevirkningstal er for 1996.



### Overgødskning og udnyttelse af husdyrgødning

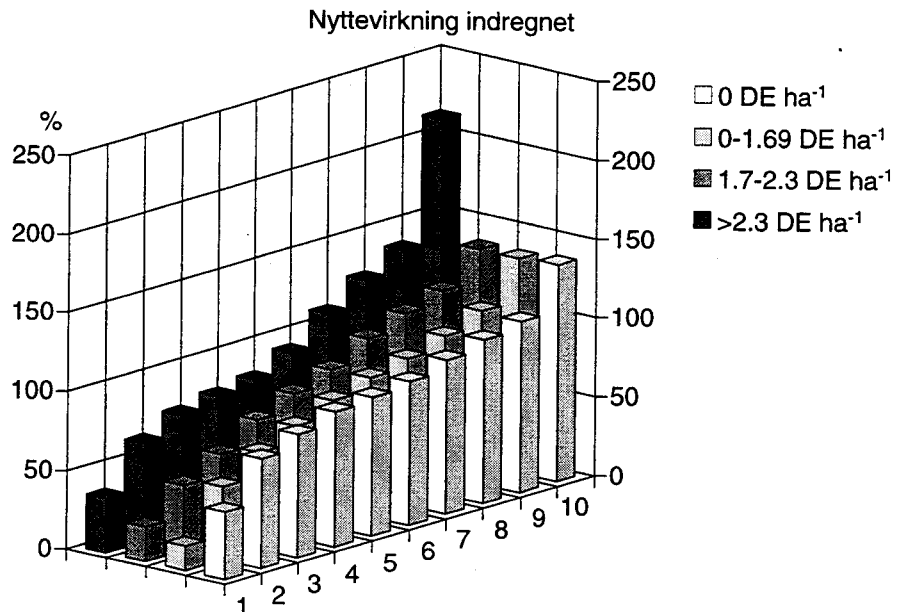
Figurene 5.7, 5.8 og 5.9 viser, at på en del af landbrugsarealet i opgørelsen opfyldes den anbefalede kvælstofmængde alene med handelsgødning. På den måde bliver husdyrgødningens kvælstof stort set ikke sat til nogen værdi og er dermed i overskud. Dette viser sig også ved en meget lav udnyttelsegrad (14,2%) af kvælstof i husdyrgødningen ved 39% af de ejendomme, som anvender husdyrgødning (tabel 5.5). For at ændre på dette forhold skal husdyrgødningens nytteværdi tages alvorligt og følges af en sænkning af tildelt kvælstof i handelsgødning.

### Stigende overgødskning med stigende husdyrtæthed

#### Overgødskning i relation til husdyrhold og brugstyper

For at beskrive overgødskningens størrelse i relation til husdyrtætheden er de tildelte kvælstofmængder for afgrøder med et kvælstofbehov opgjort i forhold til de anbefalede kvælstofmængder (Plantedirektoratets normer) grupperet på ejendomme efter stigende husdyrtæthed. Opgørelsen ses i figur 5.10 for 1996. Her ses stigende overgødskning på brug med stigende husdyrtæthed. Ejendomme med mere end 2,3 DE ha<sup>-1</sup> overgøder på op til 30% af deres areal, og overgøder med 113% på 10% af arealet. Datamaterialet til figuren er vist i bilag 5.2.

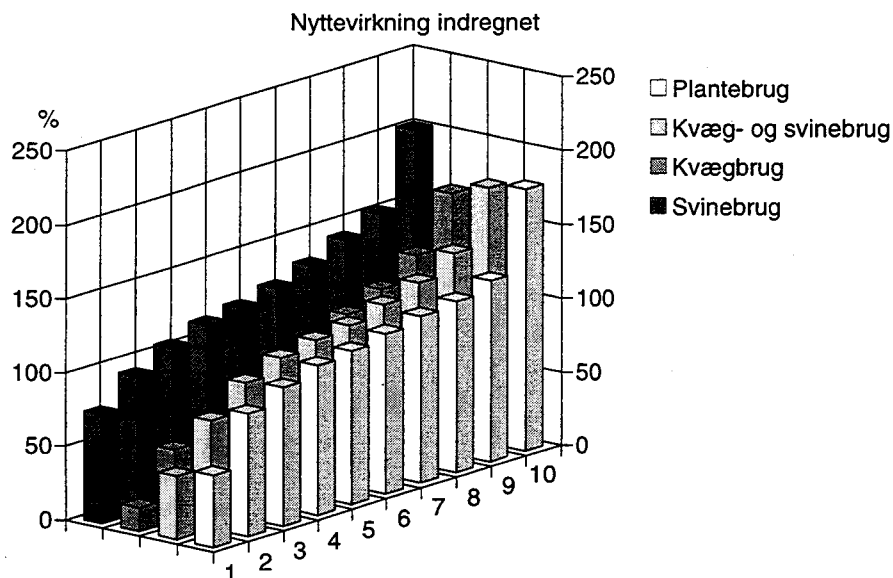
Figur 5.10 Tildelte kvælstofmængder i forhold til anbefalede kvælstofmængder for afgrødegrupper med et kvælstofbehov indenfor fire ejendomsgrupper med stigende husdyrtætheder for 1996. Anbefalede kvælstofmængder er fra Plantedirektoratet for 1996 og nyttevirkning af husdyrgødning er opgjort med normalt for 1996.



### Brugstyper og overgødskning

For at beskrive overgødskningens størrelse på brugstyper er de tildelte kvælstofmængder for de fem afgrødegrupper opgjort i forhold til de anbefalede kvælstofmængder (Plantedirektoratets normer) grupperet efter brugstyper. Figur 5.11 viser, at der i 1996 på planteavlsbrugene overgødes på ca 10% af arealet, mens der på husdyrbrugene overgødes på 30-40% af arealet. Overgødskningen er størst på svinebrugene og på de blandede kvæg- og svinebrug; her overgødes med 73-101% på 10% af arealet. Datamaterialet til figuren er vist i bilag 5.2.

Figur 5.11 Tildelte kvælstofmængder i forhold til anbefalede kvælstofmængder for afgrødegrupper med et kvælstofbehov indenfor fire bedriftstyper for 1996. Anbefalede kvælstofmængder er fra Plantedirektoratet for 1996 og nyttevirkning af husdyrgødning er opgjort med for 1996.



## 5.4 Kvælstofbalancer for landbrugsarealet i landovervågningsoplandene

### Opgørelsesmetode

For at belyse tabspotentialt for kvælstof i forbindelse med landbrugsproduktion er der foretaget en opgørelse over input og output på markniveau i landovervågningsoplandene. Input består i denne sammenhæng af tilført kvælstof med handelsgødning og husdyrgødning inklusiv udbinding samt kvæstoffixering og atmosfærisk deposition. Kvæstoffixering er beregnet efter *Kyllingsbæk, 1995*. Output i form af fjernet kvælstof er opgjort på basis af høstudbyttet og normal for afgrødernes kvæstofindhold (*Vilhelm og Nielsen, 1990; Landsudvalget for kvæg, 1993 og 1995*). Opgørelsen over fjernet kvælstof er imidlertid forbundet med en vis usikkerhed; dette gælder specielt hvor afgrøden, afgrøderesten eller en eventuel efterafgrøde anvendes til foder. Dette skyldes dels usikkerhed ved indberetningerne med hensyn til brutto- og nettoudbytter; dels skyldes det usikkerhed, over 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 græsafgrøder og korn med udlæg.

Ved beregning af balancer ses på hele landbrugsarealet, dvs. brakarealerne er også indregnet.

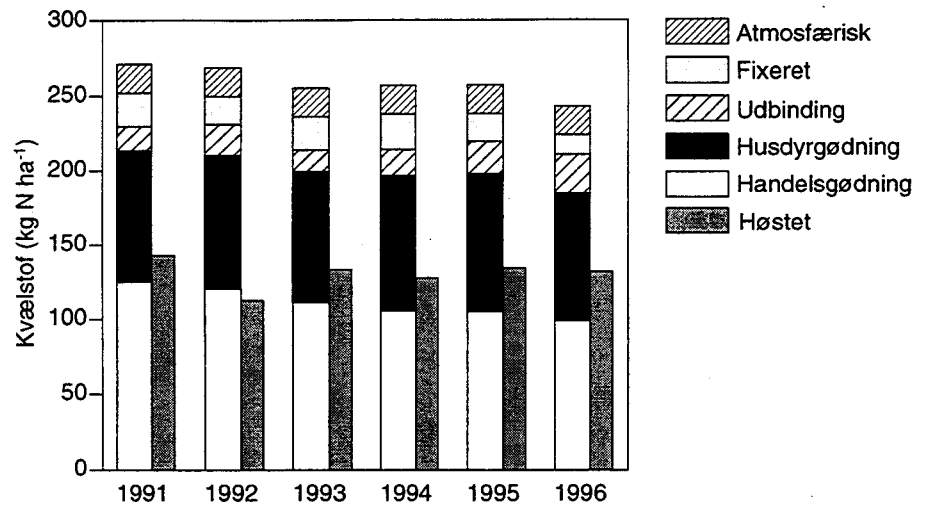
### Tabspotentiale for kvælstof

Balancen er et mål for tabspotentialt; kvælstof kan tabes ved udvaskning, men også ved ammoniakfordampning og denitrifikation eller der kan ske en ophobning i jorden.

### Udvikling i tabspotentiale

Udviklingen i kvælstofbalancerne for landbrugsarealet i perioden 1991-96 er vist i figur 5.12. Tilførslen af handelsgødningskvælstof er faldet fra 125 kg N ha<sup>-1</sup> i 1991 til 99 kg N ha<sup>-1</sup> i 1996, mens tilførsel af husdyrgødningskvælstof er steget fra ca 105 til 112 kg N ha<sup>-1</sup> i samme periode. Den totale tilførsel til landbrugsarealet er faldet med ca 10% fra 1991 til 1996. Kvælstof fjernet med afgrøderne har varieret mellem 112 og 143 kg N ha<sup>-1</sup>, med de laveste værdier i 1992. Nettotilførslerne har varieret afhængig af høstudbytterne, men har dog generelt været faldende.

Figur 5.12 Kvælstofinput og kvælstofbalance for landbrugsjord i landovervågningsoplandene, 1991-96. (Brakarealerne er indregnet i denne opgørelse).



Netttilførsel af kvælstof stiger med stigende husdyrtæthed

Netttilførslen af kvælstof til markerne er ligesom overgødskningens størrelse stigende med stigende husdyrtæthed. Således var overskuddet i 1996 for planteavlbrug, husdyrbrug med 0-1,7 DE ha<sup>-1</sup> og husdyrbrug med mere end 1,7 DE ha<sup>-1</sup> henholdsvis 50 kg, 106 kg og 171 kg N ha<sup>-1</sup>.

## 5.5 Fosforbalancer for landbrugsarealet i landovervågningsoplandene

Baggrund

Med hensyn til fosforgødskning forefindes vejledende normer for de enkelte afgrøder (*Håndbog for Plantedyrkning, 1996*); disse er ikke bestemt af Plantedirektoratets bekendtgørelse om behov for tilførsel af kvælstof og indhold af kvælstof i husdyrgødning. Endvidere gælder normtallene kun for jorde med middelhøj fosfortilstand, og behovene og tilførslerne skal ses over en flerårig periode.

I Danmark sker regulering af husdyrgødningstilførsel til afgrøderne på basis af afgrødernes kvælstofbehov og husdyrgødningens indhold af kvælstof og i mindre omfang af fosfor. Dette betyder at nogle husdyrgødede marker kan få tilført meget store mængder fosfor, uafhængigt af jordens fosforindhold iøvrigt. I nogle europæiske lande, f.eks Holland og Belgien reguleres husdyrgødningstilførslen desuden på basis af fosforindholdet i denne.

Udvikling i fosfor input

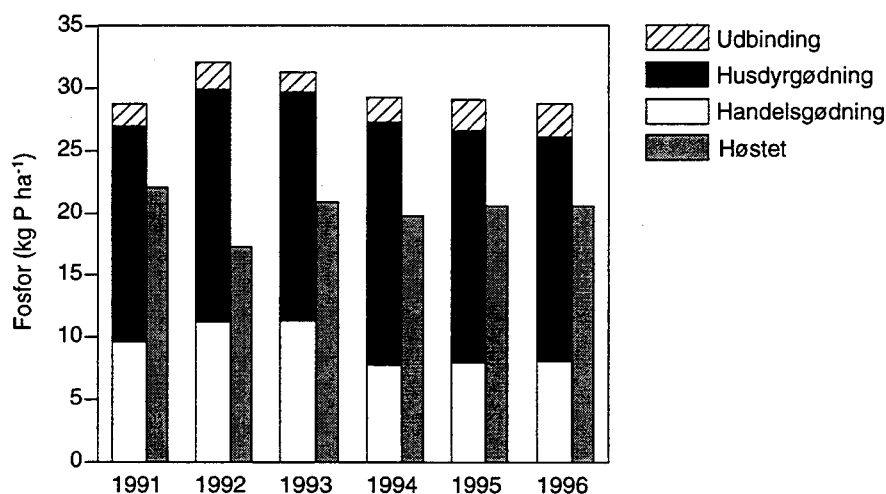
Udviklingen i fosforbalancerne for landbrugsarealet i perioden 1991-96 er vist i figur 5.13. Tilførsel af handelsgødningsfosfor faldt fra ca 10,5 kg P ha<sup>-1</sup> i 1991-92 til ca 8,0 kg P ha<sup>-1</sup> i 1994-96, mens tilførslen af husdyrgødningsfosfor steg fra ca 19,6 til ca 21 kg P ha<sup>-1</sup> i samme periode. Den totale tilførsel til landbrugsarealet er således faldet med ca 3% fra 1991 til 1996. En analyse af fosforinput på de enkelte brugstyper viste ingen tydeligere udviklingstendens for nogen af brugene. For landet som helhed var der et fald i fosfor input til landbrugsjorden på 13% i samme periode (afsnit 5.6). Det mindre fald i landovervågningsoplandene skyldes eventuelt at der mangler angivelser af fosfortildelinger i de første år af interviewundersøgelsen.

Fosfor fjernet med afgrøder

Fosfor fjernet med afgrøderne er opgjort på basis af høstudbytte og normal for afgrødernes kvælstofindhold (*Vilhelm og Nielsen, 1990*;

Landsudvalget for kvæg, 1993 og 1995). Opgørelsen er behæftet med samme usikkerhed som beskrevet for høstet kvælstof (afsnit 5.4). Det ses af figuren at høstet fosfor har varieret mellem 17,3 og 22,1 kg P ha<sup>-1</sup> i årene 1991-1996 med de laveste værdier i 1992. Dette medfører, at nettotilførslerne af fosfor til landbrugsjorden er faldet fra ca 10,5 kg P ha<sup>-1</sup> i 1991-92 til ca 8,3 kg P ha<sup>-1</sup> i 1996.

Figur 5.13 Fosforinput og fosforbalance for landbrugsjord i landovervågningsoplandene, 1991-1996. (Brakarealerne er indregnet i denne opgørelse).



Nettotilførsel af fosfor størst for svinebrug og blandene brug

I tabel 5.6 er fosforbalancerne for 1996 opgjort for henholdsvis brugstyper og dyretæthedsgrupper. Tilførsel af fosfor til markerne på planteavlsbrugene udgjorde 14,1 kg P ha<sup>-1</sup> med handelsgødning og 5,2 kg P ha<sup>-1</sup> med husdyrgødning, mens husdyrbrugene forbrugte gennemsnitlig 5,7 kg P ha<sup>-1</sup> med handelsgødning og 26,8 kg P ha<sup>-1</sup> med husdyrgødning. På planteavlsbrugene var der balance mellem tilført og fraført fosfor, mens kvægbrugene havde en nettotilførsel på 7,7 kg P ha<sup>-1</sup> og svinebrugene og de blandede brug en nettotilførsel på henholdsvis 12,2 og 31,1 kg P ha<sup>-1</sup>. Det bemærkes, at sidstnævnte gruppe - de blandede husdyrbrug - kun udgør en mindre del af arealet (8%). I denne gruppe tilhører ca. halvdelen af arealet et brug med produktion af slagtekyllinger.

Nettotilførsel af fosfor stiger med stigende husdyrtæthed

Af tabellen ses endvidere, at nettotilførslen steg med stigende husdyrtæthed; for grupperne 0, 0-1,7 og større end 1,7 DE ha<sup>-1</sup> udgjorde nettotilførslen således henholdsvis -1,3, 8,3 og 18,2 kg P ha<sup>-1</sup>.

Effekten af nettotilførsel på jord og vandmiljøet er omtalt i afsnit 11.3.

Tabel 5.6 Fosforbalancer for landbrugsjord på ejendomme med forskellig brugstyper og dyretæthed, 1996.

	Brugstyper				Dyretæthed			
	Plante	Kvæg	Svin	Blandet	0	0-1,7	1,7-2,0	> 2,0
Areal (ha)	1438	2115	1111	386	1341	2460	799	445
Handelsgødning (kg ha <sup>-1</sup> )	14,1	7,7	3,2	2,1	13,5	6,0	5,6	7,7
Husdyrgødning <sup>1)</sup> (kg ha <sup>-1</sup> )	5,3	22,1	28,3	48,7	5,1	22,5	33,8	33,5
Høstet P (kg ha <sup>-1</sup> )	19,8	20,02	19,3	19,7	19,9	20,3	20,8	24,2
Total tilf.-høstet (kg ha <sup>-1</sup> )	-0,4	7,7	12,2	31,1	-1,3	8,3	18,6	17,9

<sup>1)</sup> Husdyrgødning incl. udbinding.

## 5.6 Gødningsforbruget for hele landet fra 1985 til 1996

Jord og vandmiljø

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

I dette kapitel beskrives udviklingen i forbruget af kvælstof- og fosforgødning på landsplan. Første afsnit omhandler udviklingen i landbrugets forbrug af kvælstofgødning set i forhold til afgrødernes behov. Denne udvikling belyser, hvorvidt administrative tiltag og øget rådgivning har ændret gødningspraksis i landbruget. Dernæst beskrives en markbalance opgjort som det totale kvælstofinput set i forhold til den kvælstofmængde, der fjernes med de høstede afgrøder. Denne opgørelse belyser udviklingen i tabspotentialet af kvælstof fra de dyrkede arealer. Sidste afsnit vedrørende kvælstof omhandler udviklingen i husdyrtætheden set i forhold til gældende regler for harmonikrav til husdyrbrug. Til slut beskrives udviklingen i forbrug af fosforgødning set i forhold til, hvad der fjernes med afgrøderne.

Opgørelsesmetoder

Opgørelser vedr. kvælstof- og fosforstrømme for landbrugsarealer i hele landet følger kalenderåret. Dog er handelsgødningsforbruget opgjort for perioden 1. juli til 30 juni. Da det største forbrug af handelsgødning foregår i forårs månederne har den skæve opgørelsesperiode kun ringe indvirkning på massebalancerne fra kalenderår til kalenderår.

Forbruget af affaldsprodukter og slam fra rensningsanlæg i jordbruget har været stigende siden 1990'erne (*Miljøstyrelsen, 1994, 1995*). Opgørelsen over kvælstofindholdet i anvendt slam til jordbruget er for 1995 baseret på et gennemsnitlig N-indhold på 4% af tørstoffet og et gennemsnitlig P-indhold på 3% af tørstoffet. Slamforbruget for 1996 er endnu ikke opgjort. Ind til opgørelsen foreligger for 1996 er forbruget i 1996 derfor sat til den samme som i 1995 (*Miljøstyrelsen, 1995*).

Det dyrkede areal for perioden 1985 - 1996 omfatter bedrifter over 5 ha samt små bedrifter fra 0,5 til 5 ha. Selve afgrødefordelingen er baseret på Danmarks Statistiks opgørelse for det dyrkede areal tilføjet arealfordelingen for de ca. 23.000 ha, som udgøres af de små brug. Fra 1996 ændres omfanget af det dyrkede areal til alene at omfatte bedrifter over 5 ha. De små bedrifter fra 0,5 til 5 ha udgør en stadig mindre andel af det dyrkede areal, mindre end 0,8%. Afgrødefordelingen for de små brug er derfor behæftet med stor usikkerhed.

Udskilt kvælstof og fosfor i husdyrgødning i perioden 1985-1996 er beregnet af *Danmarks Statistik, 1997* ud fra de nugældende normer for husdyrgødningsproduktion og næringsstofindhold i husdyrgødning (*Laursen, 1994*).

Kvælstofbehov er opgjort efter metode af *Hansen (1990a)* for perioden 1985-95. I 1994 trådte der som nævnt i indledningen til dette afsnit en ny bekendtgørelse vedrørende kvælstofgødning i kraft. Miljøsty-



relsen har i samarbejde med DMU, Statens Planteavlsvforsøg og Landbrugets Rådgivningstjeneste udarbejdet en metode til beregning af det landsdækkende kvælstofbehov, hvor kravene i den nye bekendtgørelse er indarbejdet (*Miljøstyrelsen, 1996*). Kvælstofbehovet er derfor også opgjort efter sidstnævnte metode for årene 1994, 1995 og 1996.

Ved opgørelse af kvælstofbehov efter metoden af *Hansen (1990a)* er der ikke korrigeret for kvælstofprognosen. Med de nye regler for fastsættelse af kvælstofbehov er det nu lovpligtigt, at der skal korrigeres for kvælstofprognosen, hvorfor denne også er indregnet i opgørelsen efter *Miljøstyrelsen (1996)*.

For øvrige parameter er der anvendt de samme opgørelsesmetoder som beskrevet i *Grant et al. (1993)*.

### Forbrug af kvælstofgødning for hele landet

*N forbrug og behov i 1996*

I 1996 udgjorde handelsgødningsforbruget 285 mio. kg N, hvilket er et fald på 25,1 mio. kg N i forhold til 1995. Antallet af husdyr er faldet svagt med 1,01% til 2.393.000 dyreenheder. Selvom antallet af dyreenheder faldt fra 1995 til 1996 steg mængden af udskilt N fra 300,7 mio. kg N i 1995 til 301,8 mio. kg N i 1996. Stigningen skyldes sandsynligvis ændringer i husdyrholdets sammensætning. Ændringer i dyreenheder følger ikke stringent ændringer i produceret gødning i form af udskilt N, hvilket skyldes at de to opgørelser er baseret på forskellige normtabeller. Afgrødernes kvælstofbehov er i samme periode faldet med 30 mio. kg N. Årsagen til nedgang i kvælstofbehovet må først og fremmest henføres til ændringer i kvælstofprognosen. I 1995 medførte prognosen et tillæg på 14 mio. kg N, mens prognosen i 1996 medførte et fradrag på 30 mio. kg N. Den indregnede eftervirkning af husdyrgødningen på 20,8 mio. kg N var nemlig ens for de to år. Set i forhold til afgrødernes kvælstofbehov har gødningsforbruget således været svagt stigende fra 1995 til 1996 (tabel 5.7).

Tabel 5.7 Gødningsforbrug, dyreenheder og anbefalet kvælstofbehov for hele landet i 1985, 1995 og 1996 (sammendrag af bilag 5.3 og 5.4)

	1985	1995	1996
Handelsgødningskvælstof i mio. kg N	392	310	285
Udbragt husdyrgødningskvælstof i mio. kg N	210	212	213
Effektiv gødning i mio. kg N	447	399	374
DE i 1000	2507	2418	2393
Total kvælstofinput <sup>1)</sup>	745	650	626
Anbefalet behov mio. kg N <sup>2)</sup>	409	368	338

<sup>1)</sup> Kvælstofinput består af kvælstof i handelsgødning og husdyrgødning, kvælstoffiksering og kvælstofdeposition.

<sup>2)</sup> For 1985 er N behovet opgjort efter *Hansen (1990a)*. For 1995 og 1996 er N behovet opgjort efter nugældene regler (*Miljøstyrelsen, 1996*). Opgjort efter metode af *Hansen (1990a)* er N behovene for 1995 og 1996 henholdsvis 371 og 384 mio. kg N.

## Udvikling i kvælstofforbrug 1985 - 1996

Handelsgødning udgjorde i 1996 85,6% af behovet

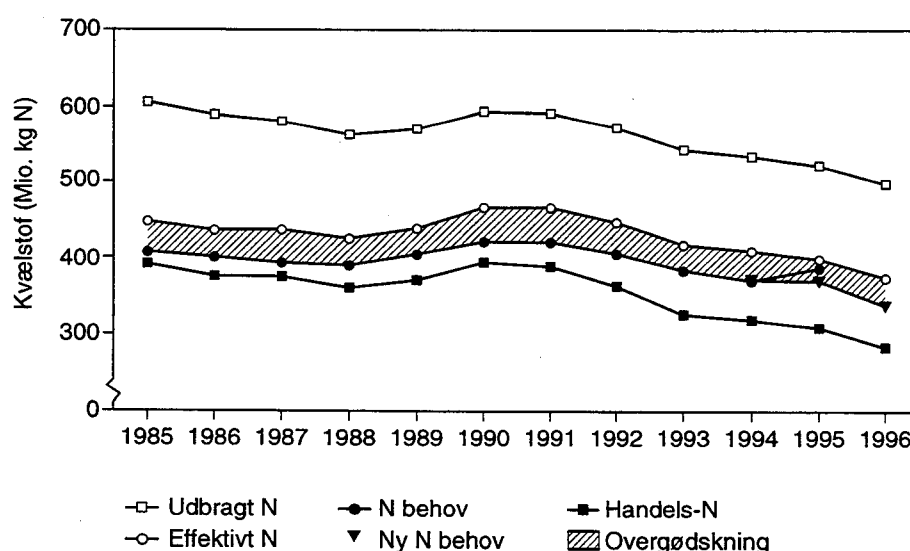
## Overgødskning

På landsplan er den samlede tilførsel af handelsgødning faldet fra 392 mio. kg N i 1985 til 285 mio. kg N i 1996. Mængden af husdyrgødning var omtrent uændret i perioden. Herved er den samlede kvælstoftilførsel til de dyrkede arealer faldet fra 606 mio. kg N i 1985 til 498 mio. kg N i 1996; faldet udgør 18%. I samme periode faldt afgrødernes kvælstof behov med 71 mio. kg N, hvorved nedgang i tildelt kvælstof, set i forhold til afgrødernes behov, er 37 mio. kg N; nedgangen udgør 6%. Handelsgødningens andel af afgrødernes kvælstofbehov var størst i 1985, hvor 96 % af afgrødernes kvælstofbehov blev dækket af handelsgødning og næsten alt kvælstof i husdyrgødningen var i overskud. Dette forhold ændredes gradvist frem til midt i 90'erne, hvor handelsgødningen udgjorde omkring 85% af afgrødernes behov (bilag 5.3).

Den kvælstofmængde, der er tilgængelig for afgrøderne angives som effektiv N og består dels af kvælstof fra handelsgødningen, dels af den kvælstof i husdyrgødningen, der kan udnyttes af planterne. I opgørelsen af effektiv N er nyttevirkningen beregnet ud fra udbragt husdyrgødning uden udbinding. Det bedste skøn over den gennemsnitlige nyttevirkning af husdyrgødningen blev for 1985 fastsat til 26 %, og det er antaget at nyttevirkningen herefter er øget med 2 % om året frem til 1993. Til underbyggelse af disse skøn fandt Hansen (1990b) i en opgørelse for syv landbrugsdominerede oplande, at nyttevirkningen var henholdsvis 28% og 30% i 1984 og 1987. Den gennemsnitlige nyttevirkning blev på basis af ovennævnte fastsat til 42% i 1993; der er på baggrund af opgørelserne i Landovervågningen (bilag 5.1) ikke basis for at antage, at nyttevirkningen er steget yderligere siden.

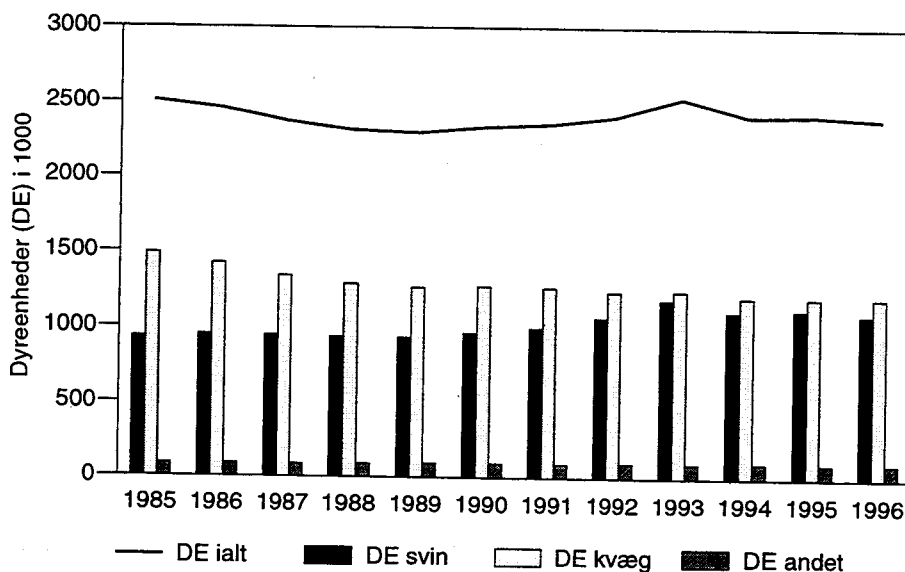
Den totale udbragte kvælstofmængde, den effektive kvælstofmængde, afgrødernes kvælstofbehov og kvælstof i handelsgødning vises i figur 5.14. Overgødskningen vises ved det skraverede felt som forskellen mellem tilført effektiv kvælstof og afgrødernes behov. Overgødskningen svinger mellem 26 og 45 mio. kg N i hele perioden med en lille tendens til generelt at blive mindre i 1990'erne.

Figur 5.14 Udviklingen i total og effektivt tildelt kvælstof, kvælstofbehov og handelsgødningskvælstof for hele landet i perioden 1985 til 1996. (Der er indregnet 2% stigning i nyttevirkningen af husdyrgødningskvælstof pr år fra 1985 til 1993; herefter er nyttevirkningen fastholdt på 42%.



### Markbalance for kvælstof opgjort over hele landet

Figur 5.15 Udvikling i dyreenheder (DE) i 1000 for hele landet i perioden 1985 til 1996.



### Nettotilførsel pr arealenhed landbrugsjord i Danmark

En opgørelse af kvælstofbalancerne pr arealenhed landbrugsjord findes i tabel 5.8 Det fremgår, at total kvælstofinput er faldet fra 263 kg N ha<sup>-1</sup> i 1985 til 230 kg N ha<sup>-1</sup> i 1996. Kvælstof fjernet med afgrøderne har varieret mellem 112 og 146 kg N ha<sup>-1</sup> i samme periode. Nettotilførsel af kvælstof til dyrkningsjorden er således faldet fra 133 til 99 kg N ha<sup>-1</sup> fra 1985 til 1996. Set over hele perioden udgør faldet i nettotilførsel af kvælstof pr arealenhed dyrkningsjord 19% (beregnet ved lineær regression).

### Kvælstofoverskud i landbruget for Danmark

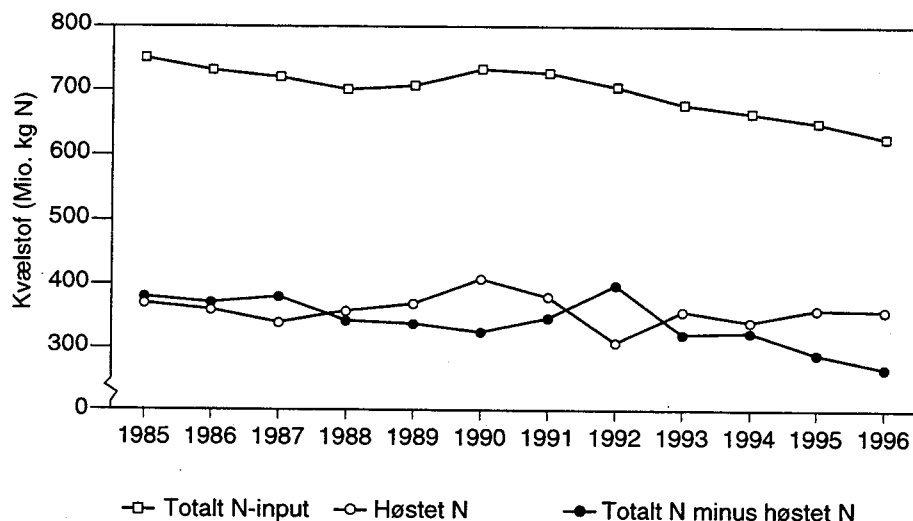
Kyllingsbæk (1995) har beregnet kvælstofoverskuddet i landbruget for perioden 1979/80 til 1993/94. Overskuddet er beregnet som forskellen mellem tilført kvælstof til landbruget og fraført med animalske produkter og planteprodukter. Ved denne opgørelse faldt det totale overskud fra 534 mio. kg N i 1979/80 til 469 mio. kg N i 1993/94, hvilket svarer til et fald på 12%. Det tilsvarende fald fra 1986/87 til 1993/94 er 8%. Opgøres overskuddet i kg ha<sup>-1</sup> er der imidlertid ingen forskel i overskuddet i nævnte periode.

### Husdyrtæthed og harmonikrav

#### Husdyrtætheden i 1996

Antallet af dyreenheder steg med 1,01 % fra 1995 til 1996, hvorved den gennemsnitlige husdyrtæthed i 1996 er på 0,95 DE ha<sup>-1</sup> opgjort for det dyrkede areal med et gødningsbehov. Det vil sige, at brakarealet ikke er med i opgørelsen.

Figur 5.16 Udviklingen i tildelt kvælstof og høstet kvælstof for hele landet i perioden 1985 til 1996.



Der er stor spredning i antallet af husdyr i forhold til arealtilliggen- det. Således produceres 34 % af husdyrgødningen på bedrifter med et arealtilliggende, der svarer til 14 % af det dyrkede areal. Dette svarer til en gødningsproduktion på  $137 \text{ kg N ha}^{-1}$ . 21 % af husdyrgødning- en produceres på bedrifter med et arealtilliggende, der svarer til 7 % af det dyrkede areal. Hvis denne husdyrgødning skulle udbringes på disse bedrifters areal ville gennemsnitstildelingen blive  $410 \text{ kg N ha}^{-1}$ . Krav om overførsel af husdyrgødning skal sikre, at disse meget store husdyrgødningsmængder spredes på arealer, hvor der ikke i forvejen overgødes.

Antallet af dyreenheder faldt med 4,51% fra 2507 tusinde dyreenhe- der i 1985 til 2394 tusinde dyreenheder i 1996. I perioden steg antallet af dyreenheder som dækkede svin med 159 tusinde dyreenheder mens antallet af dyreenheder som dækkede kvæg faldt med 285 tu- sinde dyreenheder, således at kvæg og svin nogenlunde udgør det samme antal dyreenheder i perioden 1993-1996 (figur 5.16).

### Forbrug af fosforgødning til landbrugsjorden

I dette afsnit er foretaget en opgørelse af forbrug af fosforgødning samt høstet fosfor pr arealenhed landbrugsjord (figur 5.17). I bilag 5.5 og 5.6 er opgørelsen vist dels for hele landet, dels pr arealenhed landbrugsjord.

Tabel 5.8 Kvælstofbalance opgjort pr arealenhed landbrugsjord i Danmark, 1985, 1995 og 1996 (udledt af bilag 5.3 og 5.4).

		1985	1995	1996
Handelsgødning,	$\text{kg N ha}^{-1}$	138	113	105
Udbr. husdyrgødning,	$\text{kg N ha}^{-1}$	74	92	94
Slam	$\text{kg N ha}^{-1}$	0	2	3
Total input,	$\text{kg N ha}^{-1}$	261	237	231
Høstet kvælstof,	$\text{kg N ha}^{-1}$	129	131	132
Tilført - høstet kvælstof,	$\text{kg N ha}^{-1}$	133	106	99

### Forbrug og fraførsel

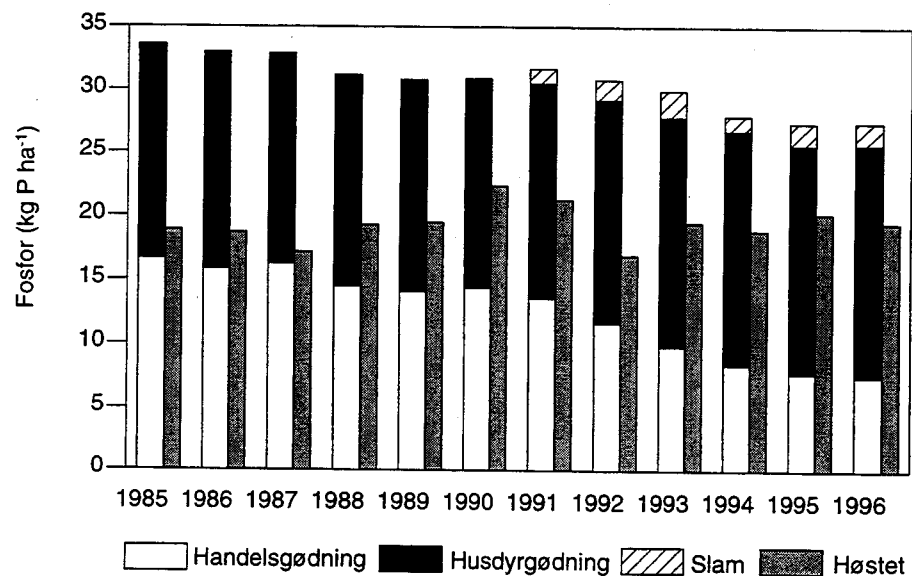
Tilførsel af fosfor med handelsgødning udgjorde i 1985  $16,7 \text{ kg ha}^{-1}$  og i 1996  $7,6 \text{ kg ha}^{-1}$ , hvilket betyder godt en halvering af forbruget i nævnte periode. Med hensyn til udskilt fosfor i husdyrgødning har

der været en lille stigning fra ca 16,7 kg ha<sup>-1</sup> i 1985 til 18,1 kg ha<sup>-1</sup> i 1996. Fosfor i husdyrgødning udgør i dag således den største andel, ca 70% af det totale forbrug. Fosfor fjernet med afgrøderne har varieret mellem ca 17 og 22 kg ha<sup>-1</sup> i perioden afhængig af udbytterne de enkelte år. Der har således været et overskud af fosfor tilførsel gennem hele perioden, denne er dog mindsket betydeligt fra ca 15 kg ha<sup>-1</sup> i 1985 til 8 kg ha<sup>-1</sup> i 1996.

### Usikkerhed omkring fosfor i husdyrgødning

I denne opgørelse er fosfor tilført med husdyrgødning beregnet på baggrund af normalt for gødningsproduktion og næringsstofindhold i husdyrgødningen (Laurson, 1987, 1994). Sibbesen beregner fosfor i husdyrgødning ud fra to andre principper: For perioden 1980/81 - 1987/88 beregnes fosfor i husdyrgødning ved en balanceopgørelse (fosfor i alt foder og strøelse fratrukket fosfor i animalske produkter) (Sibbesen, 1990). Fra 1987/88 og fremover beregnes fosfor i husdyrgødning ud fra produktionen af animalske produkter (baseret på normalt for fosfor i animalske produkter samt kendskab til udnyttelsen af fosfor ved produktion af animalske produkter) (Sibbesen og Runge-Metzger, 1995). Sibbesen opnår herved en væsentlig højere fosformængde i husdyrgødning; 5-6 kg P ha<sup>-1</sup> år<sup>-1</sup> højere end i vores undersøgelse. Dette medfører en betydelig forøgelse af nettotilførslen af fosfor til landbrugsjorden i forhold til vores opgørelse. Den nævnte uoverensstemmelse skyldes delvis at normerne for fosfor i husdyrgødning fra malkekvæg er undervurderet i forhold til gældende fodringspraksis. I de nye husdyrgødningsnormer fra 1997 (Poulsen og Kristensen, 1997) er der taget højde herfor.

Figur 5.17 Udviklingen i tildelt fosfor med handelsgødning, husdyrgødning og slam til landbrugsjorden og høstet fosfor for perioden 1985 til 1996.



### Overskud og jordens fosforstatus

Overskud af tilført fosfor bindes til jorden, mens kun en mindre del udvaskes til vandmiljøet. Den konstante nettotilførsel har medført, at indholdet af lettilgængeligt fosfor i de danske jorde er steget. En videre omtale heraf findes i afsnit 11.3.

## 5.7 Samlet vurdering af udviklingen i landbrugspraksis i landovervågningsoplandene og for hele landet

*Udvikling i landbrugspraksis i landovervågningsoplandene 1990 - 1995*

Grønne marker udgør 75% af det dyrkede areal. Heraf udgør græs inklusiv brak, vinterraps og korn med udlæg 43%, vinterkorn 38% og rodfrugter, majs og halmnedmuldning 19%. Kun førstnævnte gruppe samt rodfrugter (roer) kan forventes at optage betydelige kvælstofmængder i efterårs- og vintermånederne. I 1996 står 81% af dyreenhederne på ejendomme med mindst 9 måneders opbevaringskapacitet. Andelen af forårs/sommer-udbringningen steg 30%-point fra 1990 til 1996, heraf er der en lille stigning fra 1995 til 1996. Fra 1990 til 1996 blev handelsgødningsforbruget reduceret, således at udnyttelsen af husdyrgødningen steg 15%-point. Husdyrgødningen fordeles bedre i 1994-1996 end tidligere, men i 1996 overgødes der stadig på ca. 20% af arealet. Ca. 40% af ejendommene, som anvendte husdyrgødning i 1996, opfyldte ikke minimuskra- vet til udnyttelse af husdyrgødning; disse havde et jordliggende på 39-47% af det dyrkede areal. For en bedre udnyttelse af husdyrgødningen skal handelsgødningsforbruget sænkes yderligere

*Udvikling i kvælstofforbrug og gødskningspraksis for hele landet 1985 - 1996*

For hele landet udgjorde handelsgødningsforbruget 285 mio. kg N i 1996, hvilket er et fald på 25 mio. kg N i forhold til 1994. Den udbragte mængde af husdyrgødning steg med 1,2 mio. kg N. Afgrødernes kvælstofbehov er i samme periode faldet med 30 mio. kg N primært på grund af ændringer i kvælstofprognosen. Fratrækkes nedgangen i afgrødernes kvælstofbehov har gødningsforbruget således været svagt stigende fra 1995 til 1996.

På landsplan er den samlede tilførsel af handelsgødning faldet fra 392 mio. kg N i 1985 til 285 mio. kg N i 1996. Tilførsel af husdyrgødning var omtrent uændret i perioden. Derved er den samlede kvælstoftilførsel til de dyrkede arealer faldet med 18% fra 606 mio. kg N i 1985 til 498 mio. kg N i 1996. I samme periode faldt afgrødernes kvælstof behov med 71 mio. kg N, hvorved den reelle nedgang i tildelt kvælstof, fratrukket nedgangen i afgrødernes behov, er 37 mio. kg N, svarende til en nedgang på 6%.

*Kvælstofbalancer for landbrugsjord i Danmark, 1985 - 1996*

Total kvælstofinput (handelsgødning, husdyrgødning samt kvælstof tilført ved bælgeplanters fiksering og atmosfærisk deposition) til landbrugsjord i Danmark er faldet fra 263 kg N ha<sup>-1</sup> i 1985 til 230 kg N ha<sup>-1</sup> i 1996. Kvælstof fjernet med afgrøderne har varieret mellem 112 og 146 kg N ha<sup>-1</sup> år<sup>-1</sup>. Nettotilførsel af kvælstof udgjorde således 133 kg N ha<sup>-1</sup> i 1985 og 99 kg N ha<sup>-1</sup> i 1996. Set over hele perioden udgjorde faldet i nettotilførsel af kvælstof 19%.

*Fosforbalancer for landbrugsjord i Danmark, 1985 - 1996*

Tilførsel af fosfor med handelsgødning pr arealenhed landbrugsjord i Danmark faldt fra 16,7 kg P ha<sup>-1</sup> i 1985 til 7,6 kg P ha<sup>-1</sup> i 1996, mens tilførsel med husdyrgødning steg fra 16,7 kg P ha<sup>-1</sup> til 18,1 kg P ha<sup>-1</sup> i samme periode. Fosfor fjernet med afgrøderne har varieret mellem 17 og 22 kg P ha<sup>-1</sup>. Nettotilførsel af fosfor til landbrugsjord er således faldet fra ca 15 til 8 kg P ha<sup>-1</sup> i perioden 1985 til 1996.

I landovervågningsoplandene i 1996 er det vist at den laveste nettotilførsel af fosfor forekommer på planteavlsbrugene ( $-0,4 \text{ kg P ha}^{-1}$ ), mens nettotilførselen på kvægbrugene udgjorde  $7,7 \text{ kg P ha}^{-1}$  og på svinebrug og blandede kvæg- og svinebrug henholdsvis  $12,3$  og  $31,1 \text{ kg P ha}^{-1}$ . På husdyrbrugene steg nettotilførslen med stigende husdyrtæthed.





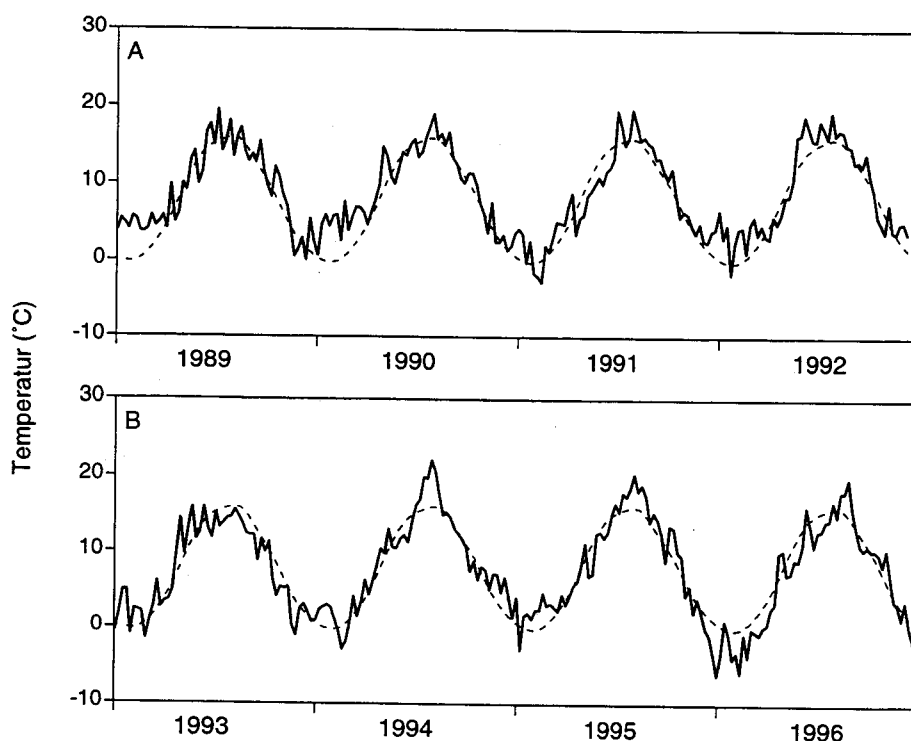
## 6 Nedbørs- og temperaturforhold i oplandene

Ved en vurdering af landbrugsdriften herunder behov for gødning og størrelsen af høstudbyttet samt ved vurdering af afstrømningen af vand, næringsstoffer og pesticider fra rodzonen er det væsentligt at kende de klimaforhold, der har været gældende i undersøgelsesperioden.

### Temperatur

Med 0,5 °C over gennemsnittet for perioden 1961-1990 fortsatte 1995 rækken af varme år, der har kendetegnet hele overvågningsperioden med undtagelse af 1993 (0,1 °C under normalen). Specielt bemærkelsesværdig er oktober 1995, der var rekordvarm med en middeltemperatur på 11,4 °C, 2,3 °C over normalen. 1996 var som helhed et koldt år, 1,1 °C koldere end normalt. Specielt var vinteren 1995/1996 (december - februar) kold med middeltemperaturer for de tre vintermåneder på hhv. -2,2 °C, -1,8 °C og -2,9 °C mod normalt 1,6 °C, 0,0°C og 0,0 °C. I foråret var april varm, men maj var koldere end normalt. Sommeren var kølig i juni og juli, men august blev 2,1 °C varmere end normalt. Året sluttede med en meget kold december måned.

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



### Nedbør

Både 1995 og 1996 var tørre år. I 1995 faldt der i middel for Danmark (uden Bornholm) 652 mm mod normalt 712 mm. I 1996 var nedbøren endnu lavere; 505 mm svarende til 71% af det normale. Specielt var vinteren 1995/1996 (december - februar) samt de første to forårsmåneder (marts og april) tørre med en samlet nedbør på kun 79 mm mod normalt 248 mm. Da nedbøren i langt højere grad end temperaturen varierer regionalt, er der i tabel 6.1 vist nedbøren gennem overvågningsperioden for de regioner, hvor de 6 landovervågnings-

oplande er placeret. Det fremgår, at nedbøren er højest i de jyske amter, hvor Sønderjylland har en normalnedbør 39% større end for landet som helhed, mens normalnedbøren for Storstrøm ligger 14% lavere end for landet. I bilag 6.1 er nedbørsfordelingen på månedsbasis vist for de seks landovervågningsoplande.

Tabel 6.1. Årsnedbør (korrigeret til jordoverfladen) på hydrologiske år (1.6 - 31.5.) for 1989 - 1996, samt normalnedbør beregnet på grundlag af perioden 1961 - 1990.

LOOP	Normal årsnedbør <sup>1)</sup> mm	Nedbør (mm)						
		89/90	90/91	91/92	92/93	93/94	94/95	95/96
1. Storstrøm	614	598	799	656	553	953	971	411
4. Fyn	704	711	857	789	718	1078	1103	396
3. Vejle/Århus	875	740	945	804	788	1105	1144	494
2. Nordjylland	794	640	711	671	533	757	1020	507
5. Ringkøbing/Viborg	969	923	928	907	828	896	1124	498
6. Sønderjylland	993	821	994	855	854	1100	1225	512

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

## 7 Næringsstofudvaskning fra rodzonen - målinger på stationsmarker

I dette afsnit gives en beskrivelse af stationsmarkerne mht. jordbundsforhold, arealanvendelse og husdyrhold. Resultater fra jordvandsmålinger præsenteres, og næringsstofudvaskningens størrelse igennem måleperioden og i relation til arealanvendelsen beskrives. Til slut omtales næringsstofudledningen med drænvand.

Udvaskningsdata er givet for hydrologiske år og er præsenteret som gennemsnit for oplandene; enkeltstationer vil kun blive omtalt i det omfang, de bidrager med værdier væsentlig forskellig fra gennemsnittet. Data for de enkelte stationer findes i bilag 7.3.

### 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 grundvandspejl; 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 jord-

vandsstationerne har i disse perioder således bestået af det øvre grundvand (se endvidere afsnit 9.2).

Landbrugsmæssige forhold vedrørende de enkelte stationsmarker findes i bilag 7.2. Til vurdering af stationsmarkernes repræsentativitet i oplandene er der i tabel 7.1 og 7.2 vist de gennemsnitlige dyretætheder og afgrødefordelinger i overvågningsperioden for såvel stationsmarker som for oplandene.

Tabel 7.1 Gennemsnitlig husdyrhold (DE/ha) på ejendomme med stationsmarker samt i de 6 oplande, 1990-96.

	Lerjordsoplande			Sandjordsoplande		
	LOOP 1	LOOP 4	LOOP 3	LOOP 2	LOOP 5	LOOP 6
Stationsmarker (DE ha <sup>-1</sup> )	0,03	0,49	0,90	1,80	0,46	1,50
Oplande (DE ha <sup>-1</sup> )	0,34	0,74	0,99	1,82	0,53	1,36

Tabel 7.2. Afgrødefordeling (%) på stationsmarkerne samt i oplandene, 1990-96

	39 marker	LOOP 1-6
Vårkorn	19,4	18,6
Vårkorn m/udlæg	9,9	6,2
Vinterkorn	24,5	27,1
Frøafgrøder (raps)	4,4	6,5
Bælgsæd (ærter)	5,9	5,1
Rodfrugter	14,2	9,8
Græs+grøntfoder i omdrift	18,7	19,1
Vedv. græs	-	4,0
Brak + andet	3,0	4,4

Sammenfattende kan anføres, at de gennemsnitlige husdyrtætheder på ejendomme med stationsmarker svarer til tætheden i oplandene; dog i LOOP 1 og LOOP 4 er husdyrtæthederne på ejendomme med stationsmarker lidt lavere end i oplandet. Ligeledes svarer afgrødefordelingen på stationsmarkerne nogenlunde til fordelingen i oplandene; dog udgør vårkorn m. udlæg og rodfrugter en større andel på stationsmarkerne, mens vedvarende græs ikke indgår i afgrødefordelingen på stationsmarkerne.

På denne baggrund kan de nedenfor beskrevne næringsstofudvaskninger fra rodzonen og med drænvand anses for niveaustørrelser for oplandene.

## 7.2 Jordvandsmålinger

### Vurdering af jordvandsanalyserne - enkeltcelleanalyser

På jordvandsstationerne er der ud over de puljede analyser udtaget prøver fra hver af de ti sugeceller mindst to gange om året til vurdering af variationen på målingerne. Prøverne er analyseret for NO<sub>3</sub>-N. Der er dog i 1996 kun udtaget få enkeltcelleanalyser på grund af manglende vandafstrømning. Enkeltcelleanalyserne skal derfor ikke

omtales nærmere her. Med hensyn til en vurdering af enkeltcelleanalyserne for tidligere år henvises til sidste års rapport.

Nitrat N udgør 84-97% af total N

### Kvælstoffer i jordvandet

I 1993 blev måleprogrammet for jordvandsstationerne udvidet, så der foruden nitrat og ammonium også bestemmes total N på de ugentlige puljede prøver. Middelværdier af nitrat N og total N er vist for de enkelte oplande i tabel 7.3. Indholdet af ammonium N har været lavt ved alle stationer, overvejende mellem 0,01 og 0,1 mg N l<sup>-1</sup>. Forskellen mellem total N og nitrat N må derfor hovedsagenligt bestå af organisk bundet kvælstof.

Forskellen mellem koncentration af total N og nitrat N har for de seks oplande varieret mellem 2,8-16,3%. En gennemgang af koncentrationskurverne har vist, at de største forskelle generelt er til stede i begyndelsen af afstrømningssæsonen, september-oktober. Det er muligt, at der efter sommerperioden sker frigørelse og nedvaskning af opløselige organiske kolloider fra topjorden. Da afstrømningsmængderne i begyndelsen af afstrømningssæsonen stadig er lave, får et stort indhold af organisk N i jordvandet i denne periode ikke stor indflydelse på den totale årlige udvaskning.

Tabel 7.3 Gennemsnitlige årskoncentrationer af total N og nitrat N (simple middelværdier af ugentlige målinger) for årene 1993, 1994, 1995 og 1996.

	Tot-N mg l <sup>-1</sup>	NO <sub>3</sub> -N mg l <sup>-1</sup>	Forskel %
<b>Lerjorde</b>			
LOOP 1	18,1	17,6	2,8
LOOP 4	14,4	13,7	4,9
LOOP 3	17,8	14,9	16,3
<b>Sandjorde</b>			
LOOP 2	29,9	27,5	8,0
LOOP 5	23,1	21,5	6,9
LOOP 6	23,1	21,6	6,5

### Afstrømning fra rodzonen

Beregnet årlig vandafstrømning fra stationsmarkerne er vist i figur 7.1 og desuden i bilag 7.1 som gennemsnit for oplandene. Afstrømningerne har varieret betydeligt gennem måleperioden afhængig af nedbør og vækstbetingelser i øvrigt. I 1995/96 var afstrømningen ekstrem lav på grund af den lille nedbør. For de 2 lerjordsoplande LOOP 1 (Storstrøm) og LOOP 4 (Fyn) var den kapillære opstigning i tørkeperioder ofte større end afstrømningen ud af rodzonen i regnvejrperioder. Totalt set må afstrømningen og dermed også kvælstof og fosfor udvaskningen i dette år opgøres til omtrent nul for disse to oplande. For det tredje lerjordsopland LOOP 3 (Vejle/Århus) udgjorde afstrømningen i 1995/96 130 mm, hvilket var 25% af afstrømningen de foregående 6 år. For de 3 sandjordsoplande var afstrømningen i 1995/96 i gennemsnit 176 mm, hvilket var 34% af afstrømningen de foregående 6 år.

Som gennemsnit for hele måleperioden 1989/90-1995/96 var afstrømningen fra lerjordsoplandene 345 mm pr år og for sandjordsoplandene 472 mm pr. år.

### Kvælstofudvaskning

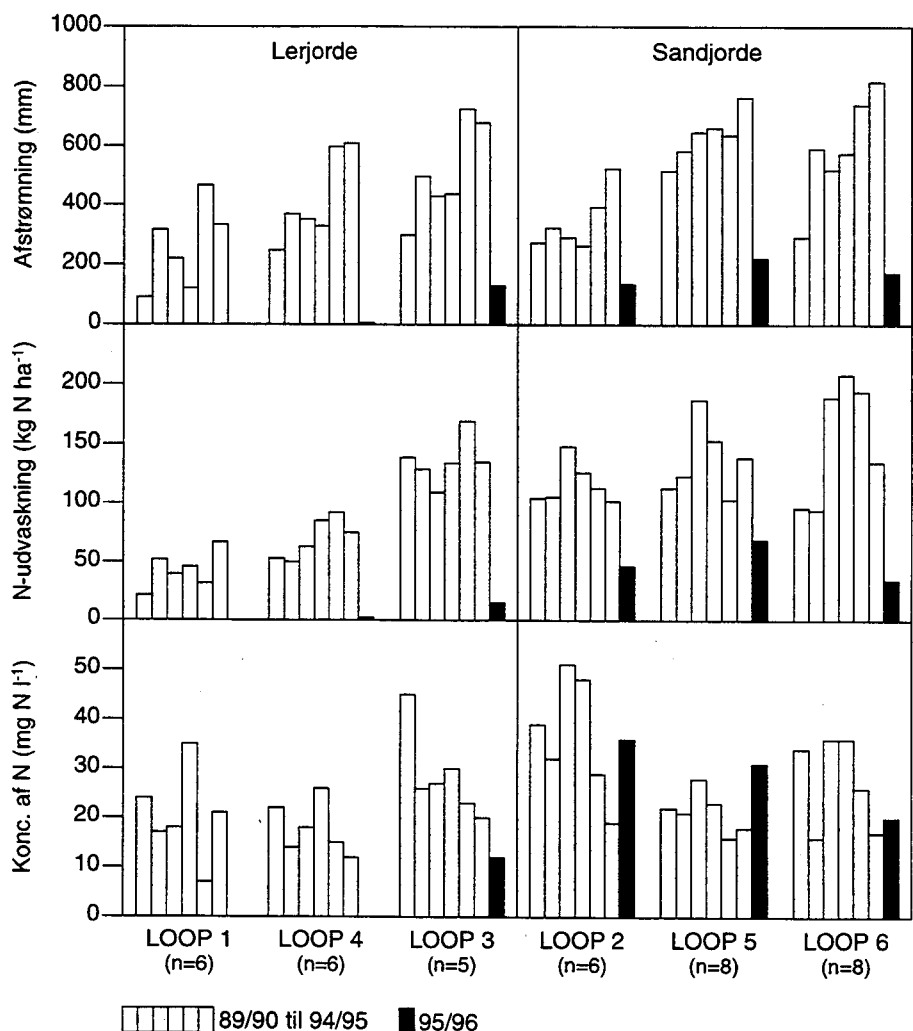
De årlige udvaskninger af kvælstof samt de årlige vandføringsvægtede kvælstofkoncentrationer er vist i figur 7.1 og desuden i bilag 7.1 som gennemsnit for oplandene. Koncentrationer og udvaskning er beregnet for nitrat- N.

*N koncentrationer for landbrugsjord*

I 1995/96 er der ikke set nogen generel udvikling i koncentrationen af nitrat-N i jordvandet på landbrugsjord i forhold til tidligere år. Som gennemsnit for den 7-årige måleperiode lå koncentrationerne i lerjordsoplandene på 19 mg N l<sup>-1</sup> og i sandjordsoplandene på 28 mg N l<sup>-1</sup>.

De højeste koncentrationer igennem måleperioden var generelt at finde for lerjordene i 1992/93 og for sandjordene i 1991/92 og 1992/93. De høje koncentrationer i 1992/93 skyldes utvivlsomt den tørre sommer (lavt udbyttensniveau) efterfulgt af store nedbørsmængder i efteråret 1992.

Figur 7.1 Årlig vandafstrømning og N udvaskning fra rodzonen, samt vandføringsvægtede N koncentrationer i jordvandet som gennemsnit for stationerne i de seks oplande for årene 1989/90-1995/96. N er angivet som nitrat N (For LOOP 5 indgår kun 6 stationer i 92/93 og 5 stationer fra 93/94). Tallene er desuden præsenteret i bilag 7.1.



N koncentrationer ved skov-areal

Ved en skovstation i LOOP 3 lå den gennemsnitlige koncentration af nitrat-N på 4,9 mg N l<sup>-1</sup> i perioden 1989/90 - 1995/96.

Årlig N udvaskning

De årlige kvælstofudvaskninger har varieret gennem måleperioden og i nogen grad fulgt variationerne i vandafstrømning. På grund af den lave afstrømning i 1995/96 udgjorde udvaskningen af nitrat-N for lerjordsoplandene kun 0-11% og for sandjordsoplandene 23-52% af udvaskningen de foregående 6 år.

Som gennemsnit for hele måleperioden 1989/91-1995/96 udgjorde kvælstofudvaskningerne henholdsvis 72 kg N ha<sup>-1</sup> år<sup>-1</sup> for lerjordene og 123 kg N ha<sup>-1</sup> år<sup>-1</sup> for sandjordene.

I en undersøgelse udført af Statens Planteavlsvforsøg for 17 lokaliteter i Danmark for perioden 1988-94 blev der målt lignende kvælstofudvaskninger fra rodzonen, idet udvaskningerne for disse lokaliteter lå i intervallet 18-126 kg N ha<sup>-1</sup> år<sup>-1</sup> (Olsen, 1995).

Udvikling i N udvaskning

Der er igennem måleperioden fra 1989/90 og frem til 1994/95 ikke set tendens til reduktion i N-udvaskning. I lerjordsoplandene LOOP 3 og 4 og i sandjordsoplandet LOOP 6 er der tværtimod set en stigning i udvaskning i årene 1991/92 til 1993/94, mens udvaskning igen er faldet i 1994/95. Variationerne igennem denne periode kan være klimatisk betingede. I 1995/96 var udvaskningen som før nævnt ekstrem lav på grund af den rekord lave nedbør.

N udvaskning i relation til brugstype og gødningsforbrug

Variationen i kvælstofudvaskning mellem marker kan henføres til forskelle i landbrugspraksis. I tabel 7.4 er stationsmarkerne inddelt i grupper af rene planteavlsbrug og husdyrbrug med stigende husdyrtæthed. Fra planteavlsbrugene er fundet den mindste udvaskning, og for husdyrbrugene stiger udvaskningen med stigende dyretæthed. Tilsvarende er totaltilførslen samt nettotilførslen af kvælstof (dvs. mængden af tilført kvælstof minus kvælstof fjernet med afgrøderne) mindst på planteavlsbrugene og for husdyrbrugene stiger disse størrelser med stigende husdyrtæthed. Den stigende kvælstofudvaskning ved stigende husdyrtæthed må tolkes, dels som en effekt af større kvælstoftildeling, dels som en effekt af at disse brug oftest ligger på de mest sandede jorde.

Datamaterialet for kvælstofudvaskning fra rodzonen vil i øvrigt i 1997/98 blive anvendt i forskellig sammenhæng til parameterisering/forbedring af simple udvaskningsmodeller; herunder i et DMU Resultatkontrakt projekt IMIS (Integreret Miljø Informations System).

Tabel 7.4 Kvælstoftilførsler og -udvaskninger for typeinddelinger af 38 stationsmarker. Gennemsnit for årene 1989/90-1995/96.

Brugstype	Dyreenheds-		Kvælstofbalancer (kg N ha <sup>-1</sup> år <sup>-1</sup> )			N-udvaskning			N
	gruppe DE/ha	Gns. dyreenhed DE/ha	N-tilførsler			gns.	min.	max.	
			Total tilf. <sup>1)</sup>	Fjernet afgrøde <sup>2)</sup>	Netto tilført				
Planteavl	0	0	177	142	35	57	22	98	9
Husdyrbrug	0-1	0,6	230	119	111	77	33	144	8
	> 1	1,6	344	165	179	138	68	216	17

<sup>1)</sup> Heri indgår tilførsel med handelsgødning, husdyrgødning, N-fixering samt atmosfærisk deposition (19 kg N ha<sup>-1</sup> år<sup>-1</sup>).

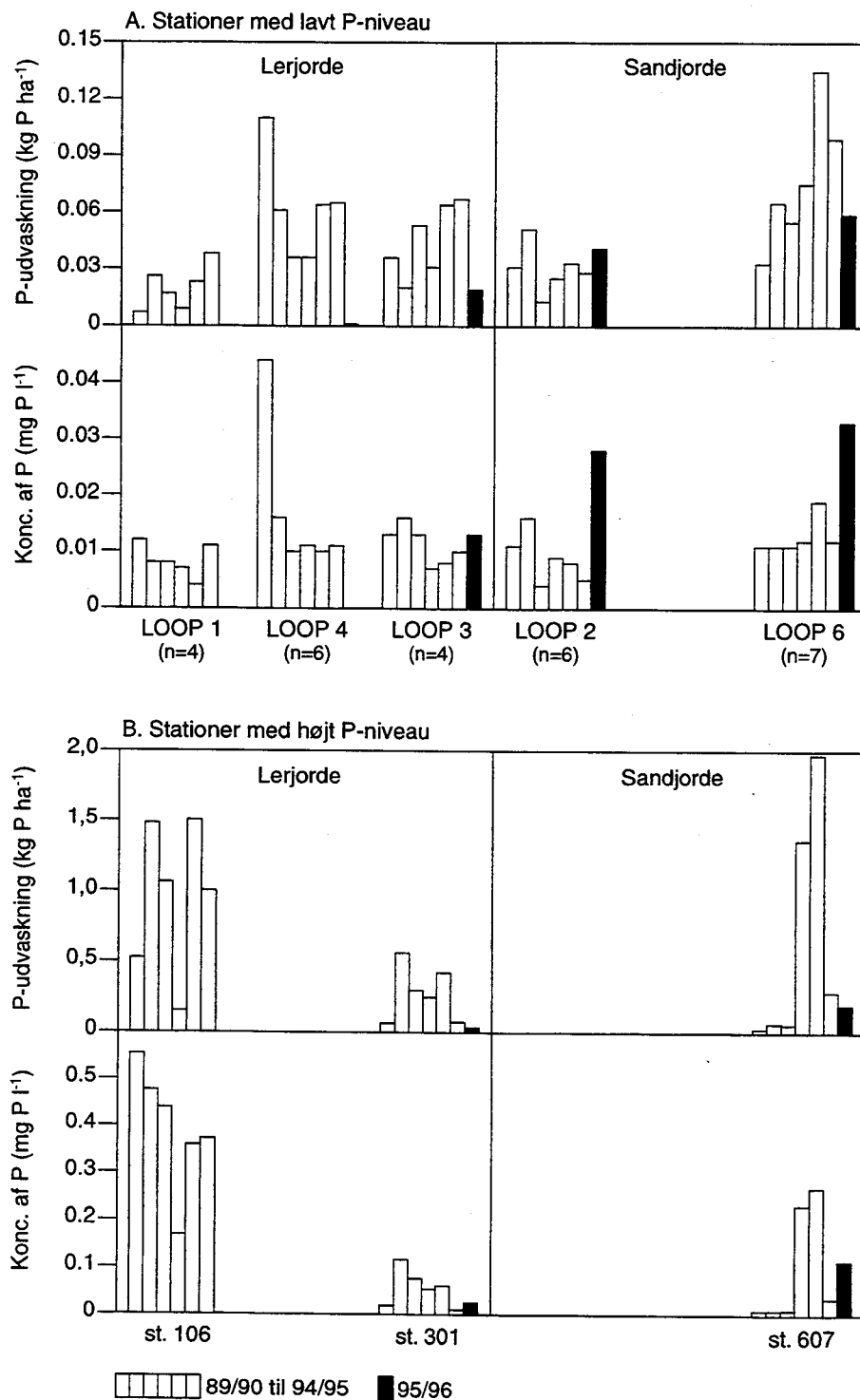
<sup>2)</sup> Fjernet med høstede afgrøder

## Fosforudvaskning

Bestemmelse af orthofostat ( $PO_4\text{-P}$ ) i jordvand ekstraheret med sugeceller kan ikke betragtes som en absolut værdi, men som en værdi defineret af metoden (Hansen *et al.*, 1991).

De årlige udvaskninger af ortho-P samt de årlig vandføringsvægtede koncentrationer af ortho-P er vist i figur 7.2 som gennemsnit for stationer dels med lave P værdier (a) dels med høje P værdier (b). De årlige udvaskninger af ortho-P for de enkelte stationer er givet i bilag 7.3.

Figur 7.2. Årlig udvaskning af ortho-P fra rodzonen samt vandføringsvægtede koncentrationer af ortho-P i jordvandet som gennemsnit for stationerne i fem oplande for årene 1989/90-1995/96. A: stationer med lave P niveauer, B: stationer med højt P niveau.





*Lave P koncentrationer og udvaskninger ved de fleste stationer*

For 28 jordvandsstationer har koncentrationerne af ortho-P været lave i hele måleperioden, henholdsvis 0,011 mg P l<sup>-1</sup> for lerjordsoplandene og 0,014 mg P l<sup>-1</sup> for sandjordsoplandene. Ligeledes har udvaskningerne været lave, henholdsvis 0,037 kg P ha<sup>-1</sup> år<sup>-1</sup> for lerjordsoplandene og 0,053 kg P ha<sup>-1</sup> år<sup>-1</sup> for sandjordsoplandene.

*Høje P koncentrationer og udvaskninger på enkelte stationer*

For to stationer i LOOP 1 (Storstrøm) har der været målt konstant høje P koncentrationer i jordvandet. Station 101 har kun eksisteret i 3 måleår og skal ikke omtales nærmere her. For station 106 har de vandføringsvægtede koncentrationer som gennemsnit for måleperioden ligget på 0,395 mg P l<sup>-1</sup>, og udvaskningerne har udgjort 0,818 kg P ha<sup>-1</sup> år<sup>-1</sup>. Høje fosforværdier på denne lokalitet er også målt for drænvand og grundvand.

I LOOP 3 (Vejle/Århus) ved station 301 har de vandføringsvægtede koncentrationer af ortho-P ligget på 0,053 mg P l<sup>-1</sup> og udvaskningerne har udgjort 0,244 kg P ha<sup>-1</sup> år<sup>-1</sup>. Koncentrationen og udvaskningen af ortho-P har dog tydeligvis været faldende fra 1990/91 og igennem måleperioden. Ved samme station har udvaskningerne af kvælstof også været større end forventet på baggrund af N tilførslerne (bilag 7.3). De høje udvaskninger af både N og P må skyldes, at der findes et stort indhold af let omsættelig organisk materiale i jorden, f.eks. på grund af tidligere store tilførsler af husdyrgødning.

I LOOP 6 (Sønderjylland) ved station 607 har de vandføringsvægtede koncentrationer i perioden 1989/90 til 1991/92 ligget på 0,011 mg P l<sup>-1</sup> som ved de øvrige stationer i oplandet. Herefter steg koncentrationerne voldsomt, og har i årene 1992/93 og 1993/94 ligget på gennemsnitlig 0,251 mg P l<sup>-1</sup>. Årsagen hertil kan henføres til meget stor P tilførsel med husdyrgødning i efteråret 1992, nemlig 155 kg P ha<sup>-1</sup>. Herefter er koncentrationen faldet til henholdsvis 0,035 mg P l<sup>-1</sup> og 0,115 mg P l<sup>-1</sup> i 1994/95 og 1995/96. Udvasningen af ortho-P i de 4 måleår efter den store fosfortilførsel udgjorde henholdsvis 1,36, 1,98, 0,29 og 0,194 kg P ha<sup>-1</sup> år<sup>-1</sup>.

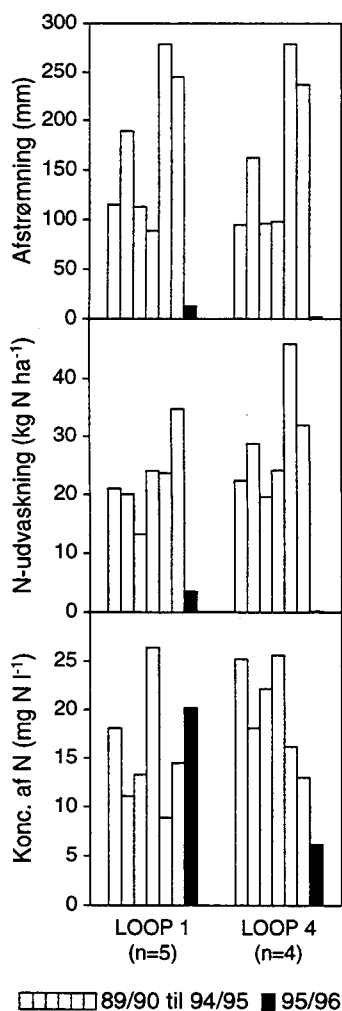
*Høj P koncentration i jordvandet ved højt P indhold i jord*

Ved de nævnte 3 stationer med høje P-koncentrationer i jordvandet var fosforindholdet i topjorden også høj. Således var fosfortallene (Pt) henholdsvis 10,7, 5,8 og 6,6 ved station 106, 301 og 607. Landbrugets indflydelse på jordens fosforindhold og udvaskningspotentiale er yderligere beskrevet i afsnit 11.3.

## 7.3 Drænvandsmålinger

### Drænvandsafstrømning fra lerjorde

Den årlige vandafstrømning fra drænene er vist i figur 7.3 som gennemsnit for stationerne i lerjordsoplandene LOOP 1 (Storstrøm) og LOOP 4 (Fyn). Drænvandsafstrømningen har ligesom afstrømningen fra rodzonen varieret betydeligt igennem måleperioden afhængig af de klimatiske forhold. I 1995/96 var drænene kun vandførende i nogen ganske få dage, og drænvandsafstrømningen udgjorde kun nogen få mm. Som gennemsnit for hele måleperioden 1989/90-1995/96 udgjorde drænvandsafstrømningen 67% af afstrømningen fra rodzonen i LOOP 1 og 38% af afstrømningen i LOOP 4.



Figur 7.3 Årlig vandafstrømning og N-udvaskning fra dræn samt vandføringsvægtede N-koncentrationer i drænvandet som gennemsnit for stationerne i to lerjordsoplande for årene 1989/90-1995/96. N er angivet som nitrat-N.

#### P-former i drænvand

### Kvælstoftab fra lerjorde

De årlige tab af kvælstof samt de årlige vandføringsvægtede kvælstofkoncentrationer er vist i figur 7.3 som gennemsnit for stationerne i de to oplande. Koncentrationer og tab er givet som nitrat-N.

De gennemsnitlige koncentrationer af nitrat-N har igennem måleperioden meget nøje fulgt variationerne for jordvandet.

For en drænet lerblandet sandjord i LOOP 2 har nitrat-N-koncentrationerne i drænvandet ligget på gennemsnitlig 27,3 mg N l<sup>-1</sup> i måleperioden. Disse højere koncentrationer svarer til hvad der er fundet for jordvandet på samme lokalitet, nemlig 30,2 mg N l<sup>-1</sup>.

Sammenholdes koncentrationerne af NO<sub>3</sub>-N og total N for de stationer, hvor begge parametre er bestemt, fremgår at NO<sub>3</sub>-N udgør 95,7% af total N.

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

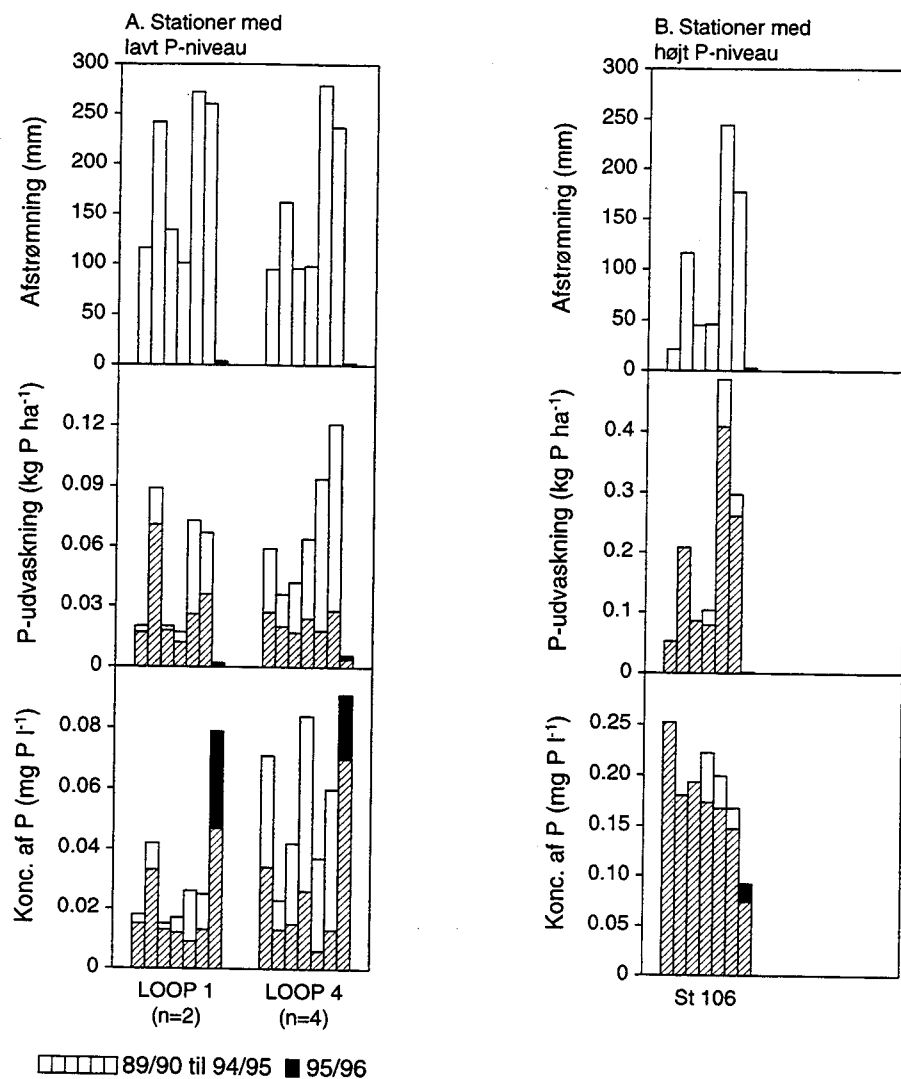
Variationen i kvælstoftab fra drænene i både LOOP 1 og LOOP 4 har fulgt variationen i afstrømningen. I 1995/96 udgjorde tabet kun 0,2-3,5 kg N ha<sup>-1</sup>. Tabet af nitrat fra drænene har i måleperioden udgjort henholdsvis 54% og 42% af udvaskningen fra rodzonen i LOOP 1 og LOOP 4.

### Fosfortab fra lerjorde

De årlige tab af P-former samt de årlige vandføringsvægtede koncentrationer af P-former er vist i figur 7.4 som gennemsnit for stationerne i de to oplande. Fosforformerne er vist som ortho-P og total P. Forskellen mellem de to P-former antages at bestå af partikulært P og/eller organisk P. I LOOP 1 ved station 106 har P i drænvandet ligesom ved jordvandet ligget på et langt højere niveau end ved de øvrige stationer; denne station er derfor ikke medtaget i gennemsnittet. Ligeledes er de to manuelle stationer ikke medtaget, idet der ved disse stationer kun blev målt ortho-P; udeladelse af disse to stationer antages ikke at forskyde billedet, idet ortho-P-koncentrationerne her har ligget tæt på gennemsnittet.

De vandføringsvægtede koncentrationer af total P i drænvand har i gennemsnit over 7 måleår ligget på 0,032 mg P l<sup>-1</sup> ved to stationer i LOOP 1 og 0,058 mg P l<sup>-1</sup> ved 4 stationer i LOOP 4; mens tabene har ligget på 0,041 kg P ha<sup>-1</sup> år<sup>-1</sup> i LOOP 1 og 0,060 kg P ha<sup>-1</sup> år<sup>-1</sup> i LOOP 4. Tabene af ortho-P har udgjort henholdsvis 61% og 35% af total P for de to oplande. Det vil sige partikulært P udgør en væsentlig del af P-tabet fra dræn på lerede jorde; andelen har været særlig stor i LOOP 4. Lignende indhold af partikulært P er rapporteret af f.eks. Hansen (1986), Hansen og Petersen (1985) og Grant et al. (1996b; 1997). Ved station 106 i LOOP 1 har de gennemsnitlige koncentrationer af total P ligget på 0,184 mg P l<sup>-1</sup> og udvaskningen har ligget på gennemsnitlig 0,174 kg P ha<sup>-1</sup> år<sup>-1</sup>; heraf har ortho-P udgjort 90%.

Figur 7.4. Årlig vand-afstrømning og P tab fra dræn, samt vandføringsvægtede koncentrationer af P i drænvand som gennemsnit for stationerne i to lerjordsoplande for årene 1989/90-1995/96. Søjlerne angiver total P, mens "stregen" indenfor søjlerne markerer ortho-P. A: stationer med lavt P niveau, B: station med højt P niveau.



*P tab gennem dræn underestimeret*

Prøver til drænvandsanalyser udtages som punktprover én gang ugentlig. Da fosfordrivning i jord og tab gennem dræn for en stor del sker periodisk i forbindelse med nedbørshændelser vil bestemmelserne blive usikre. I en undersøgelse udført under det Strategiske Miljøforskningsprogram på to dræn i LOOP 4 og på to dræn i oplandet til Gelbæk i Østjylland blev fosfortabene bestemt både ved punktprøvetagning og ved kontinuert (time) prøve-tagning. Det viste sig, at tabet i årene 1993/94 og 1994/95 blev underestimeret med gennemsnitlig 26% for opløst P og 55% for partikulært P ved den ugentlige punktprøvetagning set i forhold til den kontinuerte prøve-tagning (Grant et al., 1997). Drænbidraget har altså en større betydning end tidligere antaget.

*Drænvandsafstrømning fra lavt liggende sandjordsareal*

#### Næringsstofudvaskning fra et lavtliggende areal på sandjord

Næringsstofudvaskningen bestemmes fra et lavtliggende areal i LOOP 2 (Nordjylland). Arealen er et tidligere engareal med tilstrømmende grundvand. De arealspecifikke afstrømninger baseret på det topografiske opland er derfor høje; den gennemsnitlige vandafstrømning har således ligget på 884 mm år<sup>-1</sup> i perioden 1990/91-1995/96, og årsvariationerne har været langt mindre end på lerjorde.

Nitrat koncentrationerne har i samme periode ligget på gennemsnitlig  $11,6 \text{ mg N l}^{-1}$ , og tabene fra drænet har udgjort  $104 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$ .

Koncentrationerne af total P i drænvandet har i måleperioden ligget på gennemsnitlig  $0,097 \text{ mg P l}^{-1}$ , og tabet fra drænet har udgjort  $0,86 \text{ kg P ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$ . Ortho-P har udgjort 33% af den totale P udvaskning, hvilket er en væsentlig mindre andel end fundet for hovedparten af drænene på lerjordene. Den resterende del af udvasket P består formentlig både af partikulært P samt opløst organisk P, idet der er tale om et tidligere engareal.

## 7.4 Sammenfatning

Undersøgelse af næringsstofudvaskning fra rodzonen er udført på 18 stationsmarker i 3 lerjordsoplande og på 22 stationsmarker i 3 sandjordsoplande. Undersøgelsen dækker syv hydrologiske år, 1989/90-1995/96.

Der kan igennem måleperioden ikke konstateres nogen entydning udvikling i den målte kvælstofudvaskning fra rodzonen på grund af store klimatiske variationer. I det sidste måleår (1995/96) var udvaskningen meget lav, hvilket skyldes den rekord lave nedbør.

Som gennemsnit for måleperioden udgjorde udvaskningen af kvælstof fra rodzonen  $72 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$  for lerjordsoplandene og  $123 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$  for sandjordsoplandene.

Der blev ved stationsmarkerne beregnet den mindste udvaskning fra planteavlsbrugene, og for husdyrbrugene steg udvaskningen med stigende husdyrtæthed.

Udvaskning af fosfor fra rodzonen har været lav ved 28 stationer, gennemsnitlig  $0,046 \text{ kg P ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$  i den 7-årige måleperiode. Ved tre stationer har udvaskningen derimod været høj,  $0,244 - 0,82 \text{ kg P ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$ .

Drænvandsundersøgelser i to lerjordsoplande har vist, at nitratudvaskningen gennem dræn udgjorde ca. 48% af udvaskningen fra rodzonen.

Fosfortab gennem 6 dræn har ligget på gennemsnitlig  $0,054 \text{ kg P ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$ , og heraf har opløst ortho-P udgjort 44%. Fra ét dræn har P tabet været væsentlig højere, gennemsnitlig  $0,174 \text{ kg P ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$ , hvoraf partikulært P har udgjort 10%. En drænvandsundersøgelse udført under det Strategiske Miljøforskningsprogram har vist, at fosfortabet gennem 4 dræn i 1993/94 og 1994/95 blev underestimeret med 26% for opløst P og 55% for partikulært P ved den prøvetagningsteknik, som anvendes i overvågningen (ugentlige punktprøver) sammenlignet med kontinuert (time) prøvetagning.

## 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 normal klima for driftsårene 1989/1990 - 1995/1996. Herved isoleres betydningen af udviklingen i gødningsforbrug og landbrugspraksis fra klimatiske variationer. Derefter præsenteres beregninger - scenarier - med formålet dels at vurdere effekten af de krav, der er stillet i forlængelse af Handlingsplanen for Bæredygtigt Landbrug og dels at undersøge potentialet for yderligere reduktion i kvælstofudvaskningen.

### 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 - fordelt på handels- og husdyrgødning -, nyttevirkning af husdyrgødningen, 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 normal klima og 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 normal klima og anbefalet gødningsnorm (normalgødsning). Værdierne repræsenterer gennemsnit for hele landet. Udvasningsværdien reduceres, hvis en efter- eller vinterafgrøde efterfølger hovedafgrøden. ad 2) Modellen er oprindelig gyldig i intervallet 0 - 1,5 gange normalgødsning. 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. ad 3) Afstrømning fra rodzonen beregnes med vandbalancemodellen EVACROP (Olesen og Heidmann, 1990) på basis af oplysninger om klima, afgrøde og jordty-

*Modellen er modificeret af Danmarks Miljøundersøgelser*

*Klimakorrektioner*

pe. 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. Der kan altså konstrueres tabeller tilsvarende tabel 8.1 gældende for bestemte regioner. ii) Desuden anvendes udtrykket til at give et skøn over udvaskningen ved aktuelt klima.

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

	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 <sup>1)</sup>	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 <sup>2)</sup>	-	40	-	25
Vedvarende græs	0	25	0	15
Spildkorn (1992/93) <sup>3)</sup>	-	65	-	55
1-årig brak (allerede etabl.) <sup>3)</sup>	-	35	-	20
1-årig brak (sået efterår) <sup>3)</sup>	-	50	-	37
Flerårig brak <sup>3)</sup>	-	15	-	10

<sup>1)</sup> 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.

<sup>2)</sup> Der er ikke skelnet mellem græs og kløvergræs i omdrift.

<sup>3)</sup> Skønnet af DMU på grundlag af Waagepetersen (1992).

#### Beregninger i modellen

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 dyrkningshistorie ikke og hermed tages størrelsen og sammensætningen af de organiske kvælstofpuljer ikke i betragtning. Det samme gælder gra-dueringer 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 varia-

tion 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 afgrøde i et område eller som en gennemsnitlig værdi for kvælstof-udvaskningen 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 brak  
marker

Modellen indeholder ingen typetal for udvaskningen fra brak. På baggrund af (Waagepetersen, 1992) er normaludvaskningen fra brakmarker med dække af spildkorn skønnet til  $65 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$  og  $55 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$  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). Fra driftsåret 1993/1994 skal brakafgrøden være dækkende svarende til en græsafgrøde. I modellen skelnes mellem a) brak i omdrift etableret ved udlæg eller som græsmark, der fortsætter som brak, b) brak i omdrift, hvor brakafgrøden etableres i efteråret og c) flerårig brak. Normaludvaskningen for de tre braktyper er skønnet til på sandjorde: 35, 50 og  $15 \text{ kg N ha}^{-1}$  og på lerjorde: 20, 37 og  $10 \text{ kg N ha}^{-1}$ . Skønnene er i overensstemmelse med (Waagepetersen, 1992).

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

Der uddrages estimater af den årlige kvælstofudvaskning ved normal og ved aktuel årsafstrømning dels på enkeltmarkniveau, dels for hele oplandet. 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 Sammenligning mellem målt og modelberegnet kvælstofudvaskning

Sammenligning med  
udvaskning fra  
stationsmarkerne

I en vurdering af den anvendte model er udvaskningen for stationsmarkerne beregnet og sammenlignet med de målte udvaskninger, der er præsenteret i kapitel 7. De sammenstillede udvaskninger ses i tabel 8.2. Værdierne er grupperet på de enkelte oplande, idet ud-

vaskningsberegningerne ikke direkte er gyldige i en mark til mark sammenligning, men skal opfattes som middelbetragtninger for en gruppe marker.

Tabel 8.2 Sammenligning mellem henholdsvis udvaskning baseret på sugecellemålinger og udvaskning beregnet med udvaskningsfunktionerne ved aktuelt klima. Data fra stationsmarkerne for de hydrologiske år 1990/91 - 1995/96.

	Målinger	Udv.funkt.	n
<b>Lerjorde</b>			
LOOP1	46	39	29
LOOP3	74	51	15
LOOP4	71	56	45
<b>Sandjorde</b>			
LOOP2	106	89	37
LOOP5	133	90	31
LOOP6	127	96	43
Gns.	96	73	200

Gennemsnitligt er den modelberegnete udvaskning 24% lavere end den målte. Som nævnt i beskrivelsen af modellen, har der været en ringe andel af husdyrgødede marker i det datamateriale, modellen er funderet på. Det vurderes, at mineraliseringen - eftervirkningen - af kvælstof fra mange års tildelinger af husdyrgødning på en del af stationsmarkerne delvist kan forklare forskellen mellem målt og beregnet udvaskning. Der vil blive iværksat modeludviklingsarbejde, der søger at tage højde for denne langtidseftervirkning.

#### Vurdering af model

Modellen undervurderer udvaskningen regnet i absolutte størrelser, men den afspejler forskelle mellem ler og sand og forskelle i dyrkningspraksis.

### 8.3 Beregning af udvaskning ved normal- og aktuelt klima

Modelberegningen er blevet udført for 7 driftsår 1989/1990 - 1995/1996 ved fastholdt normalklima for at tydeliggøre betydningen af afgrødesammensætning, gødningsforbrug og gødningshåndtering.

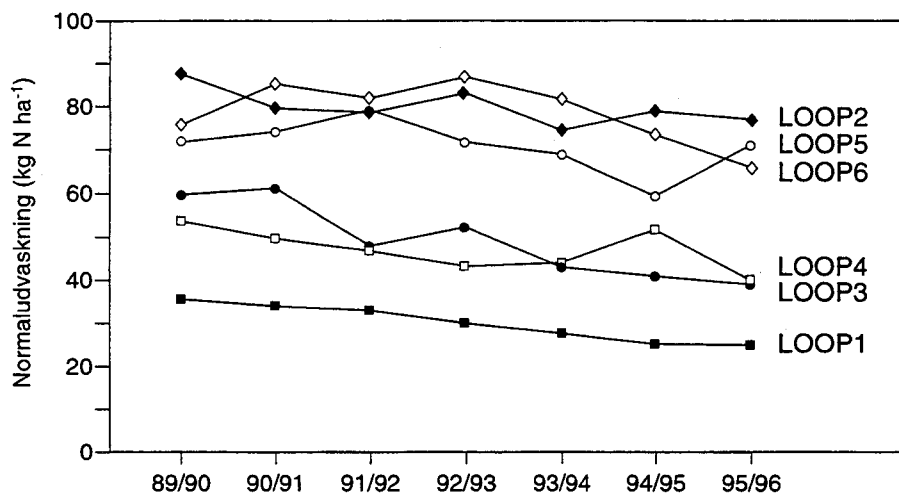
I figur 8.1 er vist de beregnede værdier for udvaskning ved normal-klima for de 6 landovervågningsoplande for de 7 driftsår. I tabel 8.3 er udvaskningen fra oplandene grupperet efter jordtype.

*Fald i den modelberegnete udvaskning på 17% fra 1989/90 til 1995/96 ved normalklima.*

Det ses, at der for både lerjordene og sandjordene er tale om et generelt fald i den modelberegnete normaludvaskning gennem overvågningsperioden. Niveaulet ligger for driftsåret 1994/95 ca. 14% lavere for oplandene som helhed i forhold til 1989/90, mens niveaulet for driftsåret 1995/96 er 17% lavere. Af figur 8.1 ses det, at de beregnede gennemsnit for udvaskningen på ler- og sand-jorde dækker over betydelige forskelle mellem de enkelte landovervågningsoplande. I bilag 8.1 er vist de værdier, der ligger til grund for gennemsnittene i tabel 8.3.



Figur 8.1 Beregnet udvaskning ved normal klima for de 6 overvågningsoplande for driftsårene 1989/90 - 1995/96.



Tabel 8.3 Beregnet udvaskning ved normal- og aktuelt klima i kg N ha<sup>-1</sup> for driftsårene 1989/90 - 1995/96. Et driftsår strækker sig fra forrige års høst til dette års høst. Udvasningen fra et bestemt driftsår vil hovedsagelig forekomme i det hydrologiske år, der starter den 1.6. i driftsåret og slutter den 31.5. det følgende år.

	Sandjord	Lerjord, normal	Lerjord, aktuel
1989/90	78	50	63
1990/91	80	48	52
1991/92	80	43	44
1992/93	81	42	75
1993/94	75	38	64
1994/95	71	39	8
1995/96	71	35	-

I tabel 8.4 er vist nøgletallene for modelberegningen. Den anbefalede mængde er ikke den af Plantedirektoratet udstukne gødskningsnorm, men den vejledende norm gældende i 1980'erne - altså på det tidspunkt, hvor forsøgene, der danner modellens fundament blev udført. Betraget over perioden udtrykker denne størrelse ændringer i afgrødesammensætningen. For begge jordtyper ses et stigende forbrug af husdyrgødning gennem den første del af perioden, men forbedret udbringningspraksis betyder at den teoretiske nyttevirkning af husdyrgødningen stiger med 8 - 9 procentpoint. Parallelt hermed ses et fald i det samlede, gennemsnitlige forbrug af handelsgødning. Særligt markant er faldet i driftsåret 1992/1993, hvor hektarstøtteordningen trådte i kraft og en del af markerne braklægges. Faldet i handelsgødningsforbrug fra 1989/90 til 1995/96 er på 20%, hvor faldet er beregnet for hele arealet inklusiv brak og bælgsgødning mv., der ikke gødes. Tilsvarende har der været en stigning i effektiv husdyrgødning (nyttvirkningen af den totale, tilførte mængde kvælstof i husdyrgødning). Samlet betraget for hele det dyrkede areal inklusiv brak har der i perioden været en nedgang i summen af handelsgødning og total husdyrgødning fra 199 kg N ha<sup>-1</sup> i 1989/90 til 177 kg N ha<sup>-1</sup> i 1995/96 svarende til et fald på 11%. Dette skal dog ses på baggrund af et fald i kvælstofbehov (anbefalet mængde) på 9% fra 156

kg N/ha i 1989/90 til 142 kg N/ha i 1995/96. Medvirkende til faldet i den modelberegnete udvaskning på 17% fra 1989/90 til 1995/96 har imidlertid været den reduktion i overgødskning af de enkelte marker, der har fundet sted, jvf. kapitel 5.

#### Andre undersøgelser

Landkontoret for Planteavl (Østergaard, 1996) har anvendt vand- og kvælstofmodellen DAISY til at simulere nitratudvaskningen fra landbrugsarealerne i kvadratnettet i perioden 1989/90 til 1994/95. Beregningerne blev gennemført ved tilstræbt normalklima. Beregningerne viste et fald i udvaskning på 15% i perioden. Der er således god overensstemmelse med beregningen gennemført på landovervågningsoplandene.

#### Udvaskning ved aktuelt klima

For at inddrage den klimatiske effekt på udvaskningen er der foretaget modelberegninger ved aktuel rodzoneafstrømning. Værdierne ses i tabel 8.3. Der har ikke kunnet beregnes udvaskning for driftsåret 1995/1996, da denne henføres til det hydrologiske år 1996/1997, og klimadata for 1997 har ikke været tilgængelige. På sandjordene er der ikke forskel på udvaskning ved normal og aktuel afstrømning, idet der på de sandjorde, der indgår i den empiriske models datagrundlag i alle de betragtede år har været tilstrækkelig stor afstrømning til at tømme rodzonen for kvælstof. Dette vil også være tilfældet for de 3 sandjords-overvågningsoplande, der alle ligger i nedbørsrige områder, men ikke nødvendigvis for alle sandjorde. For lerjordene ses der at være store år til år variationer i udvaskningen ved aktuel afstrømning med gennemsnitsværdier fra 8 til 75 kg N ha<sup>-1</sup>. Det fald gennem perioden, der kunne beregnes ved normal afstrømning, kan ikke erkendes ved aktuel afstrømning

Tabel 8.4 Nøgletal fra beregning af udvaskningen for landovervågningsoplandene. Vist som gennemsnit for de to jordtyper. Anbefalet mængde, handels- og husdyrgødning samt udvaskning i gennemsnit for det totale, dyrkede areal (inkl. brak). Nyttevirkning er gennemsnitlig nyttevirkning for de marker, der har modtaget husdyrgødning. Brak er i % af oplandenes totale dyrkede areal. Non-food afgrøder indgår ikke i brak.

		kg N ha <sup>-1</sup>			%		
		Anbefalet mængde	Handelsgødning	Husdyrgødning	Udvaskning	Nyttevirkning	Brak
1990	Sand	164	132	78	78	32	-
	Ler	148	134	54	50	34	-
1991	Sand	164	132	87	80	35	-
	Ler	148	126	60	48	34	-
1992	Sand	154	127	94	80	39	2
	Ler	150	125	61	43	40	3
1993	Sand	158	116	98	87	39	3
	Ler	150	115	62	42	42	5
1994	Sand	140	111	91	75	43	8
	Ler	139	110	68	38	45	10
1995	Sand	151	101	94	71	41	9
	Ler	148	114	66	39	45	8
1996	Sand	141	105	88	71	40	7
	Ler	143	103	58	35	44	6

Tabel 8.5 Nøgletal vedrørende gødskning og udvaskning i landovervågningsoplandene fordelt på afgrødegrupper. Tal for driftsåret 1995/96.

Afgrødegruppe	kg N ha <sup>-1</sup>				%	
	Handelsgødning	Husdyrgødning	Anbefalet mængde	Udvaskning	Nyttevirkning	Arealfraktion
<b>Vårkorn</b>						
ler	84	14	111	35	38	21
sand	77	82	118	88	46	16
<b>Korn m. udlæg</b>						
ler	133	25	150	21	25	3
sand	83	177	145	84	34	8
<b>Vinterkorn</b>						
ler	135	64	170	42	49	40
sand	92	143	159	87	43	23
<b>Bælgsæd</b>						
ler	0	0	0	49	-	1
sand	4	29	0	56	-	4
<b>Rodfrugt</b>						
ler	99	46	122	22	39	12
sand	99	242	168	93	44	5
<b>Frøafgrøder</b>						
ler	115	91	163	33	44	9
sand	77	188	202	78	48	3
<b>Græs i omdrift</b>						
ler	85	137	212	27	47	7
sand	128	102	203	61	38	32
<b>Vedvarende græs</b>						
ler	60	7	250	10	62	1
sand	91	44	250	26	31	2
<b>Brak</b>						
ler	0	0	0	10	-	6
sand	2	0	0	27	-	7

*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 8.5 er der for en række afgrødegrupper opdelt på sand- og lerjord vist tildelt -, anbefalet - og udvasket kvælstof sammen med afgrødegruppernes arealmæssige vægt og nyttevirkningen af husdyrgødning indenfor afgrødegruppen. Tallene er fra driftåret 1995/1996.

## 8.4 Modelberegnete scenarier

For at vurdere effekten af de krav, der er stillet i forlængelse af Handlingsplanen for Bæredygtigt Landbrug er der gennemført beregninger, hvor disse krav er påtrykt den aktuelle dyrkningspraksis i driftsåret 1993/1994. Kravene er følgende minimums-udnyttelsesgrader af husdyrgødning:

- svinegylle : 50% (gælder fra 1997)
- kvæggylle : 45% (gælder fra 1997)
- dybstrøelse : 15% (gælder fra 1993)
- anden husdyrgødning : 40% (gælder fra 1995)

Endvidere skal der indregnes en eftervirkning af husdyrgødning givet året før som et fradrag i den fastsatte gødskningsnorm. Kravene

er her 10%'s eftervirkning af gylle og anden husdyrgødning og 15%'s eftervirkning af dybstrøelse.

Desuden må der ikke gødskes over den fastsatte norm

Input til beregningen af effekten af Handlingsplanen for Bæredygtigt Landbrug (Scenarie 1) er dannet på følgende måde:

1. For hver ejendom med et forbrug af husdyrgødning er der ud fra sammensætningen af denne og på grundlag af ovenstående krav beregnet en minimums-udnyttelsesgrad, som ejendommen skal opfylde.
2. Den eksisterende mængde husdyrgødning er fordelt indenfor ejendommen på alle marker, der kan modtage husdyrgødning. Disse marker får herved samme relative mængde husdyrgødning i forhold til den vejledende norm.
3. Der er derefter for hver mark suppleret op med handelsgødning til den vejledende norm under forudsætning af opfyldelse af minimumskravet til udnyttelse af husdyrgødningen. Dog - de marker, der ved den aktuelle dyrkningspraksis i 1993/1994 gødskes under den vejledende norm (f.eks. ekstensivt drevne marker med vedvarende græs og marker på hobby-landbrug) tildeles kun samme mængde effektiv gødning som hidtil. Herved bliver den faktiske udnyttelsesgrad af husdyrgødningen som helhed for oplandene større end minimumskravene.

For at undersøge potentialet for reduktion i udvaskningen udover hvad kan opnåes med kravene i forlængelse af Handlingsplanen for Bæredygtigt Landbrug, er der desuden gennemregnet følgende fire scenarier:

Scenarie 2:

Kravene i Handlingsplan for Bæredygtigt Landbrug er opfyldt samtidig med at der efter al korn og bælgssæd, der ikke i forvejen følges af en vinterafgrøde, etableres en efterafgrøde - for kornmarker i form af græsudlæg. Efterafgrøden eller græsudlægget gødes ikke - det er hensigten, at denne afgrøde skal opfange den kvælstof, der mineraliseres efter høst af hovedafgrøden.

Scenarie 3:

Kravene i Handlingsplan for Bæredygtigt Landbrug er opfyldt samtidig med at gødskningsnormerne er reduceret med 10%.

Scenarie 4:

Kravene i Handlingsplan for Bæredygtigt Landbrug er opfyldt samtidig med at gødskningsnormerne er reduceret med 20%.

Scenarie 5:

En kombination af scenarie 2 og 4; dvs. kravene i Handlingsplan for Bæredygtigt Landbrug er opfyldt, samtidig med at der er etableret efterafgrøder/græsudlæg efter al korn og bælgssæd, og gødskningsnormerne er reduceret med 20%.

Tabel 8.6 Resultater af scenarieberegningerne.

1989/1990: Beregninger på grundlag af den aktuelle situation i 1989/1990

1993/1994: Beregninger på grundlag af den aktuelle situation i 1993/1994

Scenarie 1: Handlingsplan for Bæredygtigt Landbrug + optimal fordeling af husdyrgødning + bevarelse af undergødede marker

Scenarie 2: Scenarie 1 + græsudlæg og efterafgrøder

Scenarie 3: Scenarie 1 + reduktion i gødningsnorm med 10%

Scenarie 4: Scenarie 1 + reduktion i gødningen med 20%

Scenarie 5: Scenarie 1 + græsudlæg og efterafgrøder + reduktion i gødningsnorm med 20%

	Gødningsnorm %	Handels- gødning %	Husdyr- gødning %	Udvaskning kg N/ha	Udvaskning %
1989/1990	118	125	90	64.9	100
1993/1994	100	100	100	55.8	86
Scenarie 1	96	72	100	44.3	68
Scenarie 2	96	72	100	38.2	59
Scenarie 3	86	64	100	42.4	65
Scenarie 4	76	55	100	40.5	62
Scenarie 5	76	55	100	34.9	54

Resultaterne af scenarieberegningerne kan ses i tabel 8.6. Det fremgår, at udvaskningen ved opfyldelse af kravene i Handlingsplanen for Bæredygtigt Landbrug kan reduceres med 32% i forhold til niveauet for 1989/1990 eller 21% i forhold til det datamateriale fra 1993/1994, scenarieberegningen er foretaget på. Det fremgår videre, at en forøgelse i anvendelsen af græsudlæg og efterafgrøder har en stor reducerende effekt på udvaskningen (scenarie 2). Udvaskningsniveauet kan bringes helt ned på 59% af niveauet i 1989/1990. Nedsættelse af gødskningsnormerne med 20% (scenarie 4) har en næsten ligeså stor effekt på udvaskningen. Kombinationen af Handlingsplanen for Bæredygtigt Landbrug med alle de her foreslåede ekstra tiltag (scenarie 5) bringer i denne beregning udvaskningen ned på 54% af niveauet i 1989/1990. Disse beregninger peger derfor på en række tiltag, der kan bringe udvaskningen fra rodzonen ned på niveau med målet for Vandmiljøplanen. Beregningerne bør dog tages med alle de forbehold, der ligger i selve modellen og i det relativt begrænsede datamateriale, beregningerne er udført på. Desuden er der tale om idealiserede forventninger til dyrkningspraksis, f.eks. opretholdelse af undergødede marker og en jævn fordeling af husdyrgødning på alle marker indenfor en ejendommen. Endelig skal det bemærkes, at udvaskningsreduktionen ved fuldstændig gennemførelse af Handlingsplan for Bæredygtigt Landbrug forudsætter en kraftig reduktion i forbrug af handelsgødning på 28% i forhold til niveauet i 1993/94. Den hidtil opnåede reduktion i handelsgødningsforbrug (1995/96) er på knap 6%.

## 8.5 Sammenfatning

Med en empirisk model er der gennemført beregninger af udvaskningen fra rodzonen i de 6 oplande. I en sammenligning med målt udvaskning på stationsmarkerne, ligger den beregnede udvaskning gennemsnitligt 24% under den målte. Modellen vurderes dog reelt at afspejle forskelle mellem ler- og sandjorde samt forskelle i landbrugspraksis.

Beregninger på aktuel dyrkningspraksis i perioden 1989/1990 til 1995/1996 viser en reduktion i udvaskningen på 17%.

En scenarieberegning, hvori kravene i Handlingsplanen for Bæredygtigt landbrug vedrørende udnyttelsesgrader af husdyrgødning er opfyldt, og hvor husdyrgødningen inden for de enkelte ejendomme er fordelt optimalt, viser en gennemsnitlig reduktion i udvaskningen på 32% i forhold til udvaskningen ved aktuel gødskningspraksis i 1989/1990. Denne reduktion forudsætter dog en nedgang i forbrug af handelsgødning på 28% i forhold til forbruget i 1993/94 og på 42% i forhold til forbruget i 1989/90. Scenarieberegninger indeholdende en forøgelse af anvendelsen af græsudlæg og efterafgrøder, samt en 20%'s reduktion i gødskningsnormerne peger på yderligere tiltag, der kan bringe udvaskningen ned på niveau med målet i Vandmiljøplanen.

# 9 Grundvand

## 9.1 Indledning

### *Grundvandsstanden*

Grundvandsprøvetagningen har i 1996 været præget af det nedbørsfattige vinterhalvår 1995-96 med faldende grundvandsstand og forringede muligheder for at udtage prøver til analyse fra det terrænnære grundvand i landovervågningsoplandene.

### *Nitrat*

Grundvandets nitratindhold vurderes på grundlag af års-medianværdier, og der gives et eksempel på overvågningssystemets evne til at vise betydningen af større ændringer i kvælstofanvendelsen på nitratkoncentrationen i det øvre grundvand.

### *Fosfor*

Grundvandets fosforindhold behandles kun i beskedent omfang, da overvågningen alle år har vist, at selv det meget terrænnære grundvand er meget lidt påvirket af landbrugets fosforanvendelse.

### *Pesticider*

I takt med at der gennemføres analyser for flere og flere pesticider i landovervågningsoplandene samt at oplysningerne om arealanvendelsen øges forbedres mulighederne for at vurdere pesticidudvaskningen. Gentagne analyser af samme grundvandsfilter gør det nu muligt at illustrere en tidlig udvikling i grundvandets pesticidindhold.

## 9.2 Grundvandsspejlet

### *Ringe vinternedbør*

Nedbøren har, som omtalt i kapitel 6, været usædvanlig lav i vinterhalvåret 1995-96. Dette har betydet en lav grundvandsdannelse med fald i grundvandsspejlet til følge. Den normale stigning i grundvandsspejlet om efteråret er mere eller mindre er udeblevet, og først i foråret 1996 ses en stigning i grundvandsspejlet i lerjordsområderne. I sandjordsoplandene, LOOP 2 og 6, er der sket et fortsat fald i vand-spejlet indtil efteråret 1996 (figur 9.1). En nedbør nær det normale i efteråret 1996 har betydet at grundvandsspejlet i oplandene igen er på vej op.

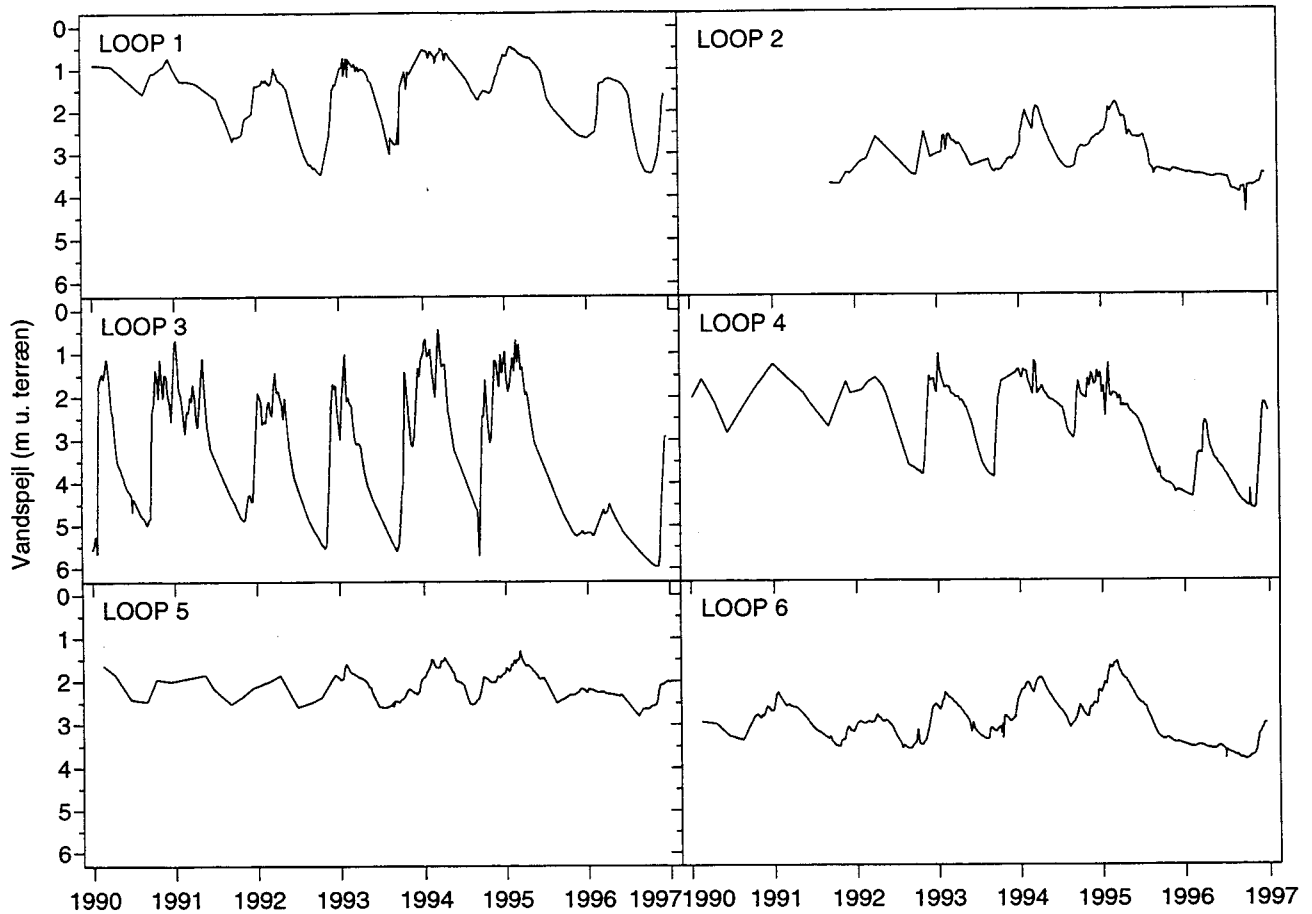
## 9.3 Nitrat

### *Færre nitrat-analyser*

I 1996 er der udtaget færre prøver til analyse i forhold til de foregående år som følge af den lavere grundvandsstand. I 1996 er der foretaget 736 nitratanalyser i de 6 oplande mod 1079 i 1995.

### *Højt nitratindhold*

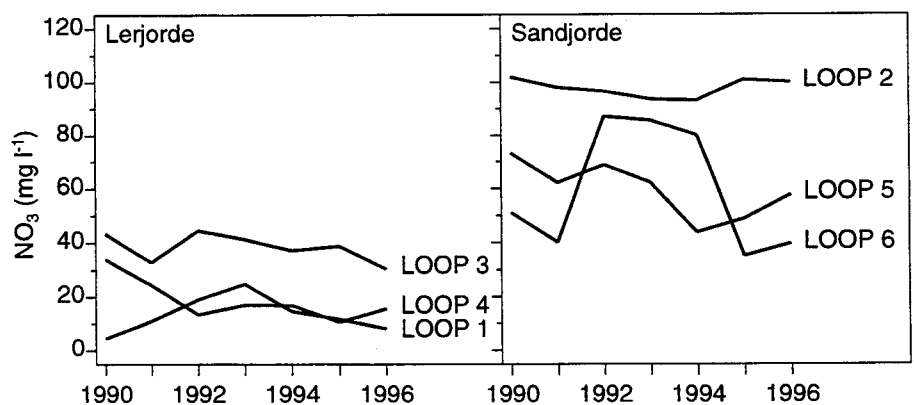
Det øvre grundvands nitratindhold er fortsat højt. Det gennemsnitlige nitratindhold i det øvre grundvand i lerområderne var i 1996 på  $19 \text{ mg NO}_3 \text{ l}^{-1}$  og i sandområderne  $53 \text{ mg NO}_3 \text{ l}^{-1}$  ( $1 \text{ mg NO}_3 \text{ l}^{-1}$  svarer til  $0,226 \text{ mg NO}_3\text{-N l}^{-1}$  og  $1 \text{ mg NO}_3\text{-N l}^{-1}$  svarer til  $4.43 \text{ mg NO}_3 \text{ l}^{-1}$ ). De beregnede gennemsnit er baseret på 217 analyser i lerområderne og 519 i sandområderne.



Figur 9.1 Eksempler på grundvandvandspejlets variation i de 6 landovervågningsoplande, 1990-96.

Figur 9.2 viser den årlige median-koncentration af nitrat i de øvre nitratpåvirkede filtre i de 6 oplande. Der er kun medtaget filtre med en medianværdi på over 1 mg NO<sub>3</sub> l<sup>-1</sup> for hele overvågningsperioden og mindst 1 måling pr år. For LOOP 1-6 indgår der henholdsvis 11, 11, 14, 10, 31 og 23 grundvandsfiltre. Ved kun at medtage nitratpåvirkede filtre opnås et mere reelt billede af overfladepåvirkningen. I sandjordsoplandene (LOOP 2, 5 og 6) har nitratkoncentrationen ligget omkring eller over drikkevandskravet på 50 mg NO<sub>3</sub> l<sup>-1</sup> gennem hele overvågningsperioden, mens den i lerjordsoplandene (LOOP 1, 3 og 4) har ligget under drikkevandskravet.

Figur 9.2 Årlig median-koncentration af nitrat i de øvre nitratpåvirkede filtre i de 6 oplande, øverst de 3 lerjordsoplande og nederst de 3 sandjordsoplande. Der er kun medtaget filtre med en medianværdi på over 1 mg NO<sub>3</sub> l<sup>-1</sup> for hele overvågningsperioden og mindst 1 måling pr år.



#### Forskellige udviklingsforløb

Udviklingen i det øvre grundvands nitratindhold i de 6 oplande i overvågningsperioden er ret forskellig. LOOP 6 skiller sig ud med markant stigning i nitratindholdet i årene 1992-94. I flere oplande ses



dog et mindre fald i årene efter 1992 og en stigning igen med slutningen af overvågningsperioden. Der er således ikke tegn på at situationen er forbedret i forhold til 1995, hvor en trend analyse af 111 tidsserier viste et signifikant fald i nitratinholdet i 25 grundvandsfiltre og en stigning i 11 filtre, hvorimod der i 75 filtre ikke var nogen signifikant udviklingstendens i perioden 1989-95 (Grant *et al.*, 1996).

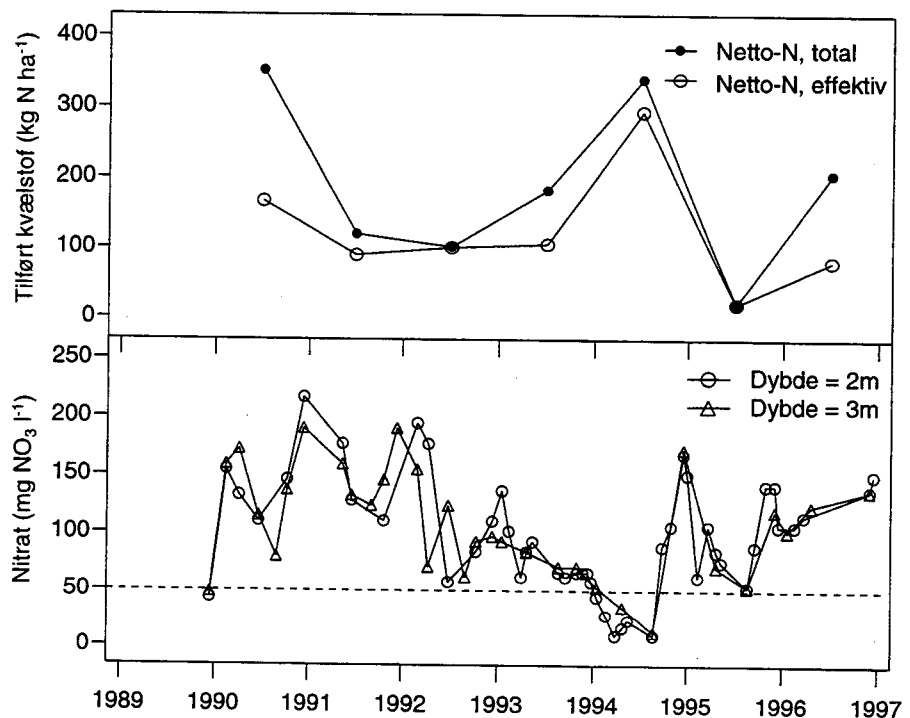
#### Effekt af usædvanligt klima

Amtskommunerne fremhæver i landovervågningsrapporterne de specielle klimatiske hændelser i overvågningsperioden, som har sat sit præg på grundvandets nitratinhold. Den meget tørre sommer i 1992 med efterfølgende stor kvælstofudvaskning ses i flere oplande, men især i LOOP 6, som en forhøjet nitratkoncentration. Ligesom det tørre vinterhalvår 1995-96 med ringe grundvandsdannelse betød et fald i nitratinholdet i flere oplande.

#### Stor N-tilførsel giver høj $\text{NO}_3$ -koncentration

Figur 9.3 viser et eksempel på at større ændringer i nettotilførslen af kvælstof kan medføre hurtige og betydelige ændringer i det terrænnære grundvands indhold af nitrat. Eksemplet fra det sandede opland Barslund Bæk viser at nitratkoncentrationen fra at ligger på 100 til 200  $\text{mg NO}_3 \text{ l}^{-1}$  efter 3 år med relativ lav netto kvælstof tilførsel faldt til under drikkevandskravet på 50  $\text{mg NO}_3 \text{ l}^{-1}$ .

Figur 9.3 Kvælstof-tilførsel og nitratinhold i terrænnært grundvand, eksempel fra stationsmark og nedstrøms grundvandsrede i Barslund Bæk oplandet. Øverst: Årlig nettotilførsel af kvælstof (tilført - fjernet kvælstof med afgrøder); total kvælstof og effektivt kvælstof (40% af kvælstof i husdyrgødning). Nederst: Nitratkoncentration i 2 nedstrøms grundvandsfiltre; prøvetagningsdybde 2 og 3 meter under terræn.



## 9.4 Orthofosfat, sulfat og øvrige hovedbestanddele

### Orthofosfat

I landovervågningsoplandene analyseres for fosforforbindelsen orthofosfat-P. Indholdet af orthofosfat-P i det øvre grundvand er lavt, mange analyser er under detektionsgrænsen. 63% af alle orthofosfat-analyser gennemført i overvågningsperioden har været mindre end 0,01  $\text{mg PO}_4\text{-P l}^{-1}$ . 2% af analyserne har været over 0,15  $\text{mg PO}_4\text{-P l}^{-1}$ , grænseværdien for drikkevand er 0,15  $\text{mg P}_{\text{total}} \text{ l}^{-1}$ .

Sulfat i grundvandet kan dels stamme fra overfladebelastning og dels fra oxidation af pyrit med ilt eller nitrat. I de 3 oplande ses en stig-

ning i grundvandets sulfatindhold med dybden, fra 3 til 5 m i LOOP 3 og 4 og fra øvre til nedre filter i LOOP 6 (Vejle Amt, 1997; Fyns Amt, 1997; Sønderjyllands Amt, 1997). Dette tolkes som et udtryk for den fremadskridende oxidation af jordlagene. Det kan dog ikke udelukkes at en faldende sulfattilførsel med luftforurening og mere svovlfattige handelsgødninger også kan have en betydning.

#### *Øvrige hovedbestanddele*

Der ses variationer fra år til år, fra opland til opland og med dybden for grundvandets hovedbestanddele, variationer der dels er karakteristiske for ler- og sandjordsoplande og dels illustrerer at det terrænnære grundvand er et meget dynamisk system, som hurtigt afspejler klima og arealanvendelsesforhold ved jordoverfladen (Fyns Amt, 1997). Amterne rapporterer ikke om signifikante ændringer eller udviklingstendenser i hovedbestanddelene. Som følge af den lave grundvandsstand i 1996 er der også for grundvandets hovedbestanddele gennemført færre analyser i 1996. Der er således ikke grundlag for vurderinger der ligger udover rapporteringen i 1996 og 1995 (Grant et al., 1996; Grant et al., 1995).

## **9.5 Pesticidundersøgelser i landovervågningsoplandene**

#### *Analyseprogrammer*

I landovervågningsoplandene er grundvandsprøver fra det aller øverste og yngste grundvand blevet analyseret for pesticider siden 1993. Grundvandsprøverne er udtaget 1,5 til 5 meter under terræn svarende til mellem 0,5 og 4 meter under grundvandsspejlet.

Udover Vandmiljøplanens 8 analysepesticider er der i alle landovervågningsoplandene, med undtagelse af LOOP 5, i forbindelse med Miljøstyrelsens og DMU's bekæmpelsesmiddelforskningsprojekt om metodeudvikling udtaget grundvandsprøver til analyse for op til 44 forskellige pesticider og nedbrydningsprodukter.

#### *Interview*

Som noget særligt i landovervågningsoplandene gennemføres der årligt et interview af landmændene om deres pesticidanvendelse på de marker der er beliggende umiddelbart opstrøms grundvandsboringerne, dvs. 6-12 marker pr. opland. I LOOP 1 og 4 gennemføres dog interview af alle landmænd i oplandet.

#### *Anvendte pesticider*

Følgende 39 pesticider er anvendt på stationsmarker i landovervågningsoplandene i 1996: benazolin-ethyl, bentazon, bromoxynil, carbendazim, chloridazon, chlormequat-chlorid, clopyralid, cypermethrin, desmedipham, dichlorprop, dimethoat, diquat-dibromid, esfenvalerat, ethofumesat, fenpropimorph, fluroxypyr, glyphosat, haloxyfop-ethoxy-ethyl, ioxynil, iprodion, isoproturon, isoxaben, lambda-cyhalothrin, linuron, mancozeb, maneb, MCPA, mechlorprop, metamitron, metribuzin, metsulfuronmethyl, pendimethalin, phenmedipham, pirimicarb, propaquizafob, propiconazol, pyridat, terbuthylazin, tribenuron-methyl.

Interviewundersøgelsen viser at 6 af de 8 analysepesticider har været anvendt på stationsmarker i landovervågningsoplandene i perioden 1990-96 (tabel 9.1). Der var indtil udgangen af 1996 en udbredt anvendelse af især MCPA og mechlorprop. I takt med indførelse af

restriktioner og forbud er anvendelsen af triazinerne og fenolerne ophørt.

Tabel 9.1 Antal stationsmarker med anvendelse af de 8 analyse-pesticider for perioden 1990-96. Interviewundersøgelsen startede i 1993, hvorfor ældre data er usikre. Der indgår ikke lige mange marker i undersøgelsen hvert år.

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
MCPA	9	15	13	13	13	12	12
Dichlorprop	5	9	10	7	3	4	3
Mechlorprop	5	8	13	8	7	1	8
2,4-D	3	4	1	1	0	0	0
Dinoseb	1	2	0	0	0	0	0
DNOC	0	0	0	0	0	0	0
Atrazin	3	2	2	2	0	0	0
Simazin	0	0	0	0	0	0	0

### Analysepakkerens dækningsgrad

Den udvidede analysepakke med op til 44 pesticider og nedbrydningsprodukter dækker omkring 35% af de anvendte pesticider i LOOP 2 (Nordjyllands Amt, 1996). Tilsvarende ses i LOOP 6 (Sønderjyllands Amt, 1997) at 7 af 13 pesticider anvendt på stationsmarker i 1996 ikke er indeholdt i Vandmiljøplanens analysepakke eller i den udvidede analysepakke. I LOOP 4 (Fyns Amt, 1997) er der i perioden 1988-96 anvendt 49 forskellige pesticider på markerne omkring de 6 grundvandsstationer, og i 1995-96 er der på alle marker i oplandet anvendt 57 forskellige pesticider. Af 36 forskellige pesticider anvendt i hele LOOP 1 i 1996 (Storstrøms Amt, 1997) er de 26 anvendt på markerne omkring de 6 grundvandsstationer. Stationsoplandene dækker således en del men ikke alle pesticider anvendt i landovervågningsoplandene.

De gennemførte interview om pesticidanvendelsen viser at selv med udvidede analysepakker, hvor der analyseres for op til 44 forskellige pesticider og nedbrydningsprodukter, dækkes variationen i den landbrugsmæssige anvendelse af pesticider ikke (*Grant et al., 1996*).

### Fund af de 8 analysepesticider

Der er i overvågningsperioden 1993-96 gjort 81 fund af 'de 8 analysepesticider' (tabel 9.2). Der er gjort 4 fund af pesticider i koncentrationer på eller over grænseværdien for drikkevand på 0,1 µg l. Den højeste koncentration var 0,12 µg l<sup>-1</sup>. Detektionsgrænsen har varieret mellem 0,1 og 0,005 µg l<sup>-1</sup>. Oversigten indeholder analyser fra såvel Vandmiljøplanens analyseprogram som den udvidede analysepakke. I 1995-96 er der i 5 forskellige borer i LOOP 4 og 6 målt indhold af atrazins nedbrydningsprodukter (desethyl- og desisopropyl-atrazin) over grænseværdien. Den højeste koncentration var 0,23 µg l.

### Pesticidfund og arealanvendelse

I 1996 er der udtaget omkring 58 grundvandsprøver i landovervågningsoplandene til analyse i Vandmiljøplanens analyseprogram og ca. 47 prøver til de udvidede analyser.

Af tabel 9.3, som primært er baseret på amternes 1997-rapportering, fremgår det at af de 15 fund, heraf 3 genbestemmelser, af pesticider og nedbrydningsprodukter i det øvre grundvand i 1996, har interviewundersøgelsen vist en anvendelse af 7-10 af de samme pesticider på de opstrøms marker i perioden fra før 1993 og til 1995.

Table 9.2 Antallet af analyser (antal), antal fund (fund) og den højst målte koncentration i  $\mu\text{g l}^{-1}$  (max) for de 8 analysepesticider i vandmiljøplanens overvågningsprogram baseret på amternes STANDAT-indberetning 1993-96.

	Dichlorprop			MCPA			Mechlorprop			2,4-D		
	antal	fund	max	antal	fund	max	antal	fund	max	antal	fund	max
LOOP 1	88	6	0,02	88	10	0,04	88	9	0,072	42	0	-
LOOP 2	33	0	-	33	0	-	29	0	-	26	0	-
LOOP 3 <sup>1)</sup>	18	0	-	19	0	-	19	0	-	3	0	-
LOOP 4	72	2	0,038	72	2	0,07	72	2	0,026	60	2	0,124
LOOP 5 <sup>2)</sup>												
LOOP 6	182	0	-	182	2	0,017	182	1	0,024	182	2	0,016

	Atrazin			Simazin			DNOC			Dinoseb		
	tal	fund	max	Antal	fund	max	antal	fund	max	antal	fund	max
LOOP 1	88	0	-	87	0	-	88	0	-	88	2	0,006
LOOP 2	33	0	-	33	0	-	33	0	-	33	0	-
LOOP 3 <sup>1)</sup>	19	0	-	19	0	-	19	0	-	19	0	-
LOOP 4	72	5	0,121	72	0	-	72	2	0,1	72	0	-
LOOP 5 <sup>2)</sup>												
LOOP 6	182	14	0,052	1177	14	0,05	182	4	0,02	182	2	0,12

<sup>1)</sup> ingen STANDAT-data fra 1996 (se Vejle Amt, 1997).

<sup>2)</sup> ingen STANDAT-data fra 1993-96 (gennemført 39 x 8 analyser i perioden, ingen fund over detektionsgrænsen).

Table 9.3 Fund af pesticider i det øvre grundvand i landovervågningsoplande i 1996 og perioden for kendt anvendelse af pesticiderne på opstrøms marker.

Amt / LOOP <sup>1)</sup>	Station	Dybde	Pesticidfund	Koncentration ( $\mu\text{g l}^{-1}$ )	Funddato	Fundet pesticid anvendt på opstrøms mark
Storstrøm / 1	A	3	primicarb	0,006	maj 1996	juni-juli 1992-95
	A	5	MCPA	0,02	sept. 1996	1994-95
	A	5	mechlorprop	0,011	sept. 1996	1994-95
Nordjylland / 2	A	3	bentazon	0,011	1996	1995
	B	5	bentazon	0,007	1996	1995
	C	5	benazolin	0,007	1996	ikke kendskab til anvendelse 1994-96
Vejle-Århus / 3	A	5	hexazinon	0,007	juni 1996	ikke kendskab til anvendelse 1994-96 (skovstation)
Fyn / 4	A	5	desethyl-atrazin	0,12	jan. 1996	1989-91
	A	5	cyanazin	0,02	jan. 1996	1989-91
Sønderjylland / 6	A	2.7	atrazin	0,034	marts 1996	(majs afgrøde før 1993 <sup>2)</sup> )
	A	2.7	simazin	0,044	juni 1996	(majs afgrøde før 1993 <sup>2)</sup> )
	A	2.7	atrazin	0,045	okt. 1996	(majs afgrøde før 1993 <sup>2)</sup> )
	B	2.1	simazin	0,037	marts 1996	ikke kendskab til anvendelse
	B	2.1	simazin	0,05	juni 1996	ikke kendskab til anvendelse
	B	2.1	simazin	0,047	okt. 1996	ikke kendskab til anvendelse

<sup>1)</sup> i Viborg-Ringkjøbing / 5 er der ikke målt pesticider i grundvandet i 1996.

<sup>2)</sup> majsafgrøder har normalt tidligere været sprøjtet med atrazin og/eller simazin.

## Udvidelse af interview

I forbindelse med revisionen af overvågningsprogrammet er det besluttet at udvide interviewundersøgelsen til at omfatte alle marker i LOOP, således at der opnås forbedrede muligheder for at sammenholde pesticidanvendelsen på den enkelte mark med pesticidfundene i det øvre grundvand.

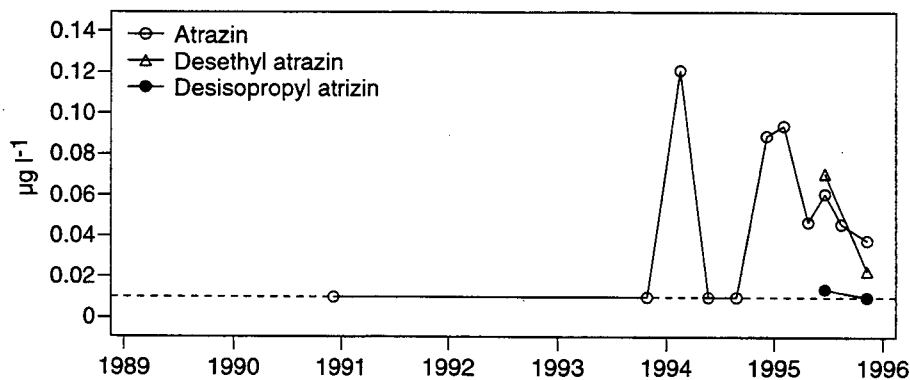
## Drikkevandskrav

Det bemærkes at ét pesticidfund, nedbrydningsproduktet desethylatrazin, er fundet i en koncentration på  $0,12 \mu\text{g l}^{-1}$ , dvs. over grænseværdien for drikkevand på  $0,1 \mu\text{g l}^{-1}$ .

## Tidsserie og nedbrydningsprodukter

Resultatet af gentagne analyser og fund af atrazin og 2 nedbrydningsprodukter, desethyl-atrazin og desisopropyl-atrazin, i grundvandsprøver udtaget 5 meter under terræn i LOOP 4 er vist i figur 9.4. Der er foretaget 11 analyser for atrazin og 2 for henholdsvis desethyl-atrazin og desisopropyl-atrazin i perioden 1990-95. Der er ikke foretaget analyser af grundvand fra det pågældende filter i 1996, pga. den lave grundvandsstand. Den seneste kendte anvendelse af atrazin på stationsmarken var i perioden 1990 til juni 1993. Figuren illustrerer flere interessante aspekter ved atrazins (og nedbrydningsprodukters) forekomst i grundvand: (1) forsinkelsen fra markanvendelsen til fund i grundvandet, (2) variationen i den målte koncentration, fra  $0,12 \mu\text{g l}^{-1}$  til 'ikke målt' ved en detektionsgrænse på  $0,01 \mu\text{g l}^{-1}$  og 'tilbage' til en koncentration på  $0,10 \mu\text{g l}^{-1}$  som herefter falder og (3) koncentrationen af et nedbrydningsprodukt kan være højere end koncentrationen af moderstoffet.

Figur 9.4 Fund af atrazin og 2 nedbrydningsprodukter i 5 meters dybde i ét grundvandsfilter i LOOP 4. Den vandrette stiplede linie angiver detektionsgrænsen, dvs. ved 5 analyser er atrazin eller de 2 nedbrydningsprodukter IKKE påvist. Den seneste kendte anvendelse af atrazin på stationsmarken var i perioden 1990 til juni 1993.



## 9.6 Sammenfatning

Der ses ingen entydig udvikling i det terrænnære grundvands nitratindhold i overvågningsperioden. Et eksempel fra det sandede opland Barslund Bæk demonstrerer overvågningsystemets evne til at vise at større ændringer i nettotilførslen af kvælstof kan medføre hurtige og betydelige ændringer i det terrænnære grundvands indhold af nitrat.

Interviewundersøgelsen i landovervågningsoplandene viser at selv med en udvidet analysepakke på op til 44 pesticider og nedbrydningsprodukter dækkes arealanvendelsen ikke. Af de 15 fund af pesticider og nedbrydningsprodukter i det øvre grundvand i 1996, er der kendskab til at 10 af pesticiderne været anvendt på stationsmarkerne i perioden 1990-95. Et af de 15 fund var over grænseværdien for drikkevand.



## 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 påvirkninger af de dyrkede afstrømningsområder. Områderne er både underlagt dyrkningsbetingede påvirkninger og naturgivne betingelser som klima, geologi og topografi.

*Kvælstoftilførslen til vandløb*

Udvaskningen af kvælstof fra rodzonen på de dyrkede arealer føres enten direkte til vandløb med det tilstrømmende overfladenære vand eller siver ned til grundvand, hvormed det efter længere eller kortere tid kan føres til 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.

*Fosfortilførslen til vandløb*

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 at måle - og at fastslå årsagen til - 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. Der fokuseres på hydrologiske år, dvs. perioden juni til maj. Det gør vi for bedre 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 syv hydrologiske år: fra 1989/90 til 1995/96.

### 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, Barslund bæk og Bolbro bæk, hvor nedbørsoverskuddet (nedbør minus fordampning) også er størst. Den mindste afstrømning er målt fra oplandet på Lolland (Højvadsrende).

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

Vandløb	1989/90	1990/91	1991/92	1992/93	1993/94	1994/95	1995/96	Gennemsnit
	-	-	-	mm	-	-	-	-
<b>Lerede oplande</b>								
Højvads Rende	102	237	150	119	359	288	37	184
Lillebæk	153	249	186	186	447	462	63	250
Horndrup bæk	219	303	206	205	427	447	128	276
<b>Sandede oplande</b>								
Odderbæk	215	230	182	164	255	299	140	212
Barslund bæk	350	370	348	383	435	529	313	390
Tværmosen bæk	i.m.	228	186	181	273	295	75	206
Bolbro bæk	i.m.	490	375	385	623	639	218	455

Også variationer i vandafstrømningen fra år til år

Desuden er der variationer i afstrømningen mellem de hydrologiske år, der indtil videre er målt under overvågningsprogrammet (tabel 10.1). De tre seneste hydrologiske år har været atypiske. I 1995/96 var afstrømningen usædvanlig lav, hvorimod den største afstrømning blev målt i de to forudgående hydrologiske år, 1993/94 og 1994/95.

Der er en generel forskel i afstrømningen fra de overvejende lerede oplande (Højvads Rende; Lillebæk og Horndrup bæk) og de sandede oplande (Odderbæk, Barslund bæk, Tværmosen bæk og Bolbro bæk): Afstrømningen fra de lerede oplande varierer 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.

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, hvilket er beskrevet i bilag 10.1 (*Institute of Hydrology, 1993*).

En stor del af overskudsnedbøren når hurtigt frem til vandløb fra de lerede oplande

Opgørelsen giver dog ikke et nøjagtigt mål for henholdsvis grundvandsafstrømningen og den overfladenære afstrømning, men giver et godt mål for forskellen i nedbørsrespons imellem de enkelte vandløb. Hydrografopsplitningen viser, at en stor del af overskudsnedbøren hurtigt når frem til vandløb i de lerede oplande (40-44%), mens afstrømningen i de sandede oplande hovedsageligt stammer

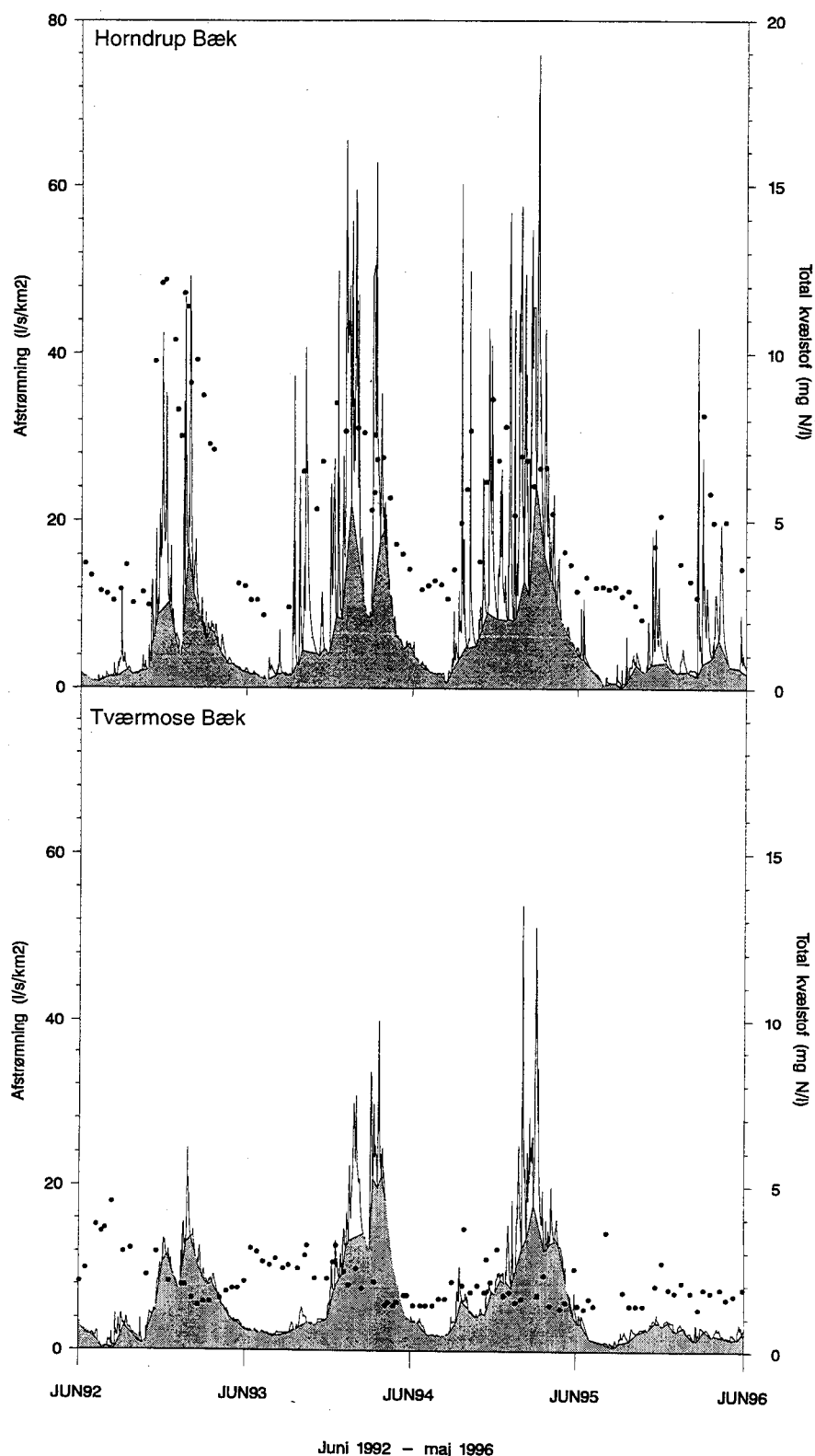
Tabel 10.2 Den overfladenære afstrømnings procentvise andel af den totale afstrømning indenfor hydrologiske år i de syv hovedvandløb i landovervågningsoplandene.

Vandløb	1989/90	1990/91	1991/92	1992/93	1993/94	1994/95	1995/96	Gennemsnit
	-	-	-	%	-	-	-	-
<b>Lerede oplande</b>								
Højvads Rende	39	56	46	35	40	49	43	44
Lillebæk	44	46	37	46	42	53	20	41
Horndrup bæk	46	41	30	29	49	46	40	40
<b>Sandede oplande</b>								
Odderbæk	21	23	18	19	32	26	16	22
Barslund bæk	6	6	5	5	5	7	4	5
Tværmosen bæk	i.m.	15	9	10	16	21	13	14
Bolbro bæk	i.m.	22	16	14	17	16	10	16



fra grundvandmagasiner (78-95%) (tabel 10.2). I det seneste hydrologiske år, 1995/96, var andelen af overfladenær afstrømning for de fleste af vandløbene lavere end gennemsnittet for perioden. I Lillebæk var andelen usædvanlig lav, når man sammenligner med de tidligere år. Opdeling af afstrømningen fra to vandløb, som ligger i henholdsvis et leret og et sandet opland, er illustreret i figur 10.1.

Figur 10.1 Afstrømningen i to vandløb, der afvander hhv. et leret og et sandet opland, opdelt i en grundvandsdel (grå) og mere overfladenær del (hvid). I figuren er desuden vist de målte koncentrationer af total kvælstof.



## 10.2 Koncentration af kvælstof og fosfor

*Signifikante sammenhænge mellem kvælstofkoncentration og afstrømningen*

For langt de fleste vandløb kan der opstilles signifikante regressions-sammenhænge mellem afstrømning og koncentrationen af kvælstof indenfor hydrologiske år. Koncentrationen af kvælstof stiger generelt med stigende afstrømning.

I de tre vandløb, der afvander lerede oplande, samt i Odderbæk, stiger koncentrationen af kvælstof stærkt med stigende afstrømning. Der er dog i de tre seneste hydrologiske år en mindre udpræget stigning af kvælstofkoncentration med øget afstrømning end i tidligere hydrologiske år.

I Barslund bæk og Bolbro bæk er der kun målt en lille stigning i koncentrationen af total kvælstof med stigende afstrømning. I Tværmose bæk er der i de to seneste hydrologiske år derimod ikke fundet en sammenhæng mellem afstrømning og koncentration af kvælstof. Og i de to forudgående hydrologiske år har koncentrationen af kvælstof været faldende med stigende afstrømning på grund af relativt høje koncentrationer af kvælstof om sommeren (figur 10.1).

*Den vandføringsvægtede koncentration af total kvælstof er 4 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 Odderbæk afviger betydeligt fra de andre vandløb, som afvander sandede oplande (tabel 10.3). Dette skyldes formentlig, at der i dette opland kun er en mindre andel okkerpotentielle områder, og måske også at en del af oplandet er drænet. For de øvrige vandløb er koncentrationen af total kvælstof som gennemsnit betragtet 4 gange højere i de tre vandløb på lerede jorder, end i de tre vandløb på de sandede jorder.

*Fald i kvælstofkoncentration i vandløb, der afvander lerede oplande.*

I det seneste hydrologiske år, 1995/96, var den vandføringsvægtede årsmiddelkoncentration af total kvælstof markant lavere end gennemsnittet for måleperioden (tabel 10.3). Og i de tre vandløb, der afvander lerede oplande, var der også relativt lave kvælstofkoncentrationer de to forudgående hydrologiske år. Det skyldes i høj grad de specielle afstrømningsforhold med to meget våde år efterfulgt af et tørt. I 1993/94 og 1994/95 var vinterafstrømningen nemlig så stor, at jordens pulje af tilgængelig kvælstof henover vinteren blev mere reduceret end i de tidligere vintre. I det følgende hydrologiske år (1995/96) var der derfor en mindre pulje af tilgængelig kvælstof i jorden ved sæsonens start, og pga. det usædvanligt tørre år løb der forholdsvist mere gammelt grundvand til vandløbene, - grundvand, hvor denitrifikation har virket længe. Faldet i kvælstofkoncentration i de lerede oplande afspejler altså specielle afstrømningsforhold. En mindre del af faldet kan dog evt. forklares ved mindre kvælstof input til jorderne og dermed afspejle den modelberegnete reduktion af udvaskning fra rodzonen (kapitel 8).

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	1992/93 mg N l <sup>-1</sup>	1993/94	1994/95	1995/96	Gennem snit
	-	-	-		-	-	-	-
<b>Lerede oplande</b>								
Højvads Rende	10,6	9,4	7,9	14,6	7,5	7,3	4,3	8,8
Lillebæk	14,4	12,8	11,5	13,1	12,1	10,4	5,9	11,5
Horndrup bæk	9,6	8,0	8,1	8,7	6,8	6,1	4,4	7,4
<b>Sandede oplande</b>								
Odderbæk	7,0	7,9	7,9	8,4	8,6	7,4	4,1	7,3
Barslund bæk	i.m.	3,5	3,3	3,4	3,7	3,6	2,6	3,4
Tværmosse bæk	i.m.	1,9	2,1	2,1	2,1	1,8	1,8	1,9
Bolbro bæk	i.m.	1,7	1,0	1,9	1,9	1,9	0,8	1,6

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

Den forholdsvis lave kvælstofkoncentration i Bolbro bæk, Barslund bæk og Tværmosse bæk på trods af en stor kvælstofudvaskning fra rodzonen (se kapitel 7) skyldes omsætning af nitrat i grundvandet. I Barslund bæk og Tværmosse bæk er koncentrationen af total jern i vandløbet meget høj (4-5 mg l<sup>-1</sup>), i Bolbro bæk er den omkring 1,7 mg l<sup>-1</sup>, mens den er lav i de fire øvrige vandløb (omkring 0,6 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. Det skyldes, at den overfladenære afstrømning er relativt større i de lerede oplande end i de sandede oplande (jævnfør tabel 10.2). Fosforudledninger fra mindre bysamfund kan også påvirke billedet, og 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. Ved automatiseret og hyppig prøvetagning har man nemlig større chancer for at ramme sådanne episodiske hændelser end ved den normale prøvetagning. Ved normal prøvetagning vil der derfor være en væsentlig usikkerhed forbundet med udregning af årsmiddelkoncentrationer ligesom transporten af fosfor, hovedsageligt partikulært fosfor, oftest vil blive underestimeret, som beskrevet i afsnit 10.3. Muligvis er underestimeringen større i de okkerpåvirkede vandløb end i de øvrige. Det kan dog kun afgøres ved at starte intensive målinger også i de vandløb.

Tabel 10.4 Den vandføringsvægtede årsmiddelkoncentration af total fosfor indenfor hydrologiske år i de syv hovedvandløb, som afvander landovervågningsoplandene. Resultaterne er beregnet på baggrund af normal prøvetagning.

Vandløb	1989/90	1990/91	1991/92	1992/93	1993/94	1994/95	1995/96	Gns.
	mg P l <sup>-1</sup>							
<b>Lerede oplande</b>								
Højvads Rende	0,162	0,138	0,106	0,093	0,108	0,113	0,117	0,120
Lillebæk	0,232	0,218	0,207	0,214	0,162	0,159	0,158	0,193
Horndrup bæk	0,252	0,133	0,125	0,112	0,117	0,120	0,086	0,135
<b>Sandede oplande</b>								
Oddebæk	0,097	0,095	0,101	0,082	0,150	0,135	0,105	0,109
Barslund bæk	i.m.	0,068	0,074	0,082	0,065	0,055	0,071	0,069
Tværrose bæk	i.m.	0,074	0,075	0,071	0,072	0,082	0,071	0,074
Bolbro bæk	i.m.	0,103	0,084	0,041	0,093	0,065	0,111	0,083

Ingen klare udviklingstendenser mht. fosforkoncentrationer.

Uorganisk kvælstof udgør 90% af total kvælstof i fem af vandløbene, i Bolbro bæk kun 73%

Opløst uorganisk fosfor udgør 7-16 i de okkerbelastede vandløb og 42-51% i de øvrige

I ingen af de syv vandløb har den vandføringsvægtede årsmiddelkoncentration af total fosfor været fortsat faldende gennem de syv hydrologiske år (tabel 10.4). Der er ingen entydig tendens i udviklingen. Det markante fald i fosforkoncentrationen i Horndrup bæk fra 1989 til 1990 skyldes afskæring af en punktkilde i 1989.

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. I Bolbro bæk er andelen uforholdsmæssig lille (73%), 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 7-16%, imod 42-51% i de andre fire vandløb (tabel 10.5). Dette er baseret på normal prøvetagning, hvilket oftest medfører en relativ overestimering af den opløste fosforandel (Larsen et al., 1995).

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. Procenter er udregnet på baggrund af vandføringsvægtede koncentrationer ved normal prøvetagning.

Vandløb	Gennemsnit 1989-96	
	Uorganisk N	Opløst uorganisk P
<b>Lerede oplande</b>		
Højvads Rende	91%	49%
Lillebæk	94%	51%
Horndrup bæk	88%	45%
<b>Sandede oplande</b>		
Oddebæk	90%	42%
Barslund bæk	87%	7%
Tværrose bæk	78%	16%
Bolbro bæk	73%	9%

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

Vandløb	1989/90	1990/91	1991/92	1992/93	1993/94	1994/95	1995/96	Gennemsnit
	-	-	-	%	-	-	-	-
<b>Lerede oplande</b>								
Højvads Rende	53	67	61	52	48	60	58	57
Lillebæk	64	55	48	59	47	59	22	51
Homdrup bæk	69	52	44	46	60	56	48	54
<b>Sandede oplande</b>								
Oddebæk	43	44	43	44	50	37	19	40
Barslund bæk	i.m.	9	8	6	5	11	4	7
Tværmosse bæk	i.m.	21	12	12	13	24	16	16
Bolbro bæk	i.m.	49	19	27	35	33	10	29

### 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. Bilag 10.2 beskriver metoden.

*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 er andelen stor fra de lerede oplande (51-57%), mens den er meget mindre fra de sandede oplande (7-40%).

*Stort kvælstoftab fra lerede oplande*

I tabel 10.7 er tabet af kvælstof fra de dyrkede arealer indenfor landovervågningsoplandene vist for de syv hydrologiske år. Der er meget stor forskel i tabet af kvælstof fra de lerede oplande (22,4-32,7 kg N ha<sup>-1</sup> dyrket areal), sammenholdt med tabet fra de sandede oplande (7,6-16,1 kg N ha<sup>-1</sup> dyrket areal). Tabet af kvælstof var meget lavt i det seneste hydrologiske år og størst i de to forudgående hydrologiske år. Det afspejler variationen i den årlige afstrømning. 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 1989-96, der lå på 0,6-4,3 kg N ha<sup>-1</sup> og var mindst i 1996 (Windolf, 1997).

*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). Tabet af fosfor var - ligesom tabet af kvælstof - lavt i det seneste hydrologiske år og størst i de to forudgående hydrologiske år. I tabet indgår eventuelle fosforudledninger fra spredt bebyggelse, gårde mv. til vandløb. Potentielt kan disse udledninger betyde meget for fosfortabet. Til sammenligning var det årlige tab fra udyrkede arealer 0,05-0,12 kg P/ha i perioden 1989-96 (Windolf, 1997).

Tabel 10.7 Tabet af total kvælstof via vandløb fra dyrkede arealer i de seks landovervågningsoplande indenfor 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	1992/93	1993/94	1994/95	1995/96	Gennemsnit
	-	-	-	kg N ha <sup>-1</sup>	-	-	-	-
<b>Lerede oplande</b>								
Højvads Rende	14,8	32,0	16,4	24,9	38,3	29,2	1,2	22,4
Lillebæk	24,6	35,5	23,8	27,2	60,4	53,5	4,0	32,7
Horndrup bæk	25,4	29,8	20,3	21,8	35,1	33,0	6,8	24,6
<b>Sandede oplande</b>								
Oddebæk	15,3	18,5	14,6	13,9	22,3	22,4	5,8	16,1
Barslund bæk og Tværmose bæk	i.m.	12,8	11,3	12,7	15,7	17,9	7,6	13,0
Bolbro bæk	i.m.	8,5	3,8	7,5	12,2	12,2	1,7	7,6

Tabel 10.8 Tabet af total fosfor via vandløb fra det åbne land i de seks landovervågningsoplande indenfor hydrologiske år. I tabellen er fosfortabet via Barslund bæk og Tværmose bæk lagt sammen og angiver dermed tabet fra hele landovervågningsoplandet. Resultaterne er beregnet på baggrund af normal prøvetagning.

Vandløb	1989/90	1990/91	1991/92	1992/93	1993/94	1994/95	1995/96	Gennemsnit
	-	-	-	kg P ha <sup>-1</sup>	-	-	-	-
<b>Lerede oplande</b>								
Højvads Rende	0,13	0,37	0,12	0,050	0,46	0,44	0,04	0,23
Lillebæk	0,39	0,60	0,43	0,44	0,80	0,82	0,11	0,51
Horndrup bæk	0,38	0,48	0,30	0,27	0,59	0,64	0,12	0,40
<b>Sandede oplande</b>								
Oddebæk	0,21	0,22	0,19	0,14	0,39	0,41	0,15	0,24
Barslund bæk og Tværmose bæk	i.m.	0,28	0,28	0,32	0,31	0,34	0,20	0,29
Bolbro bæk	i.m.	0,50	0,31	0,15	0,58	0,42	0,24	0,37

Fosfortransporter i vandløb er generelt underestimeret

Koncentrationen af fosfor er fra 1993 målt intensivt i Oddebæk, Horndrup bæk og Højvads Rende, og fra 1994 ligeledes i Lillebæk. I langt de fleste tilfælde blev der ved hjælp af de intensive målinger konstateret en væsentlig større transport af fosfor, end man havde fundet ved den normale prøvetagning (tabel 10.9).

Tabel 10.9 Tabet af total fosfor beregnet på baggrund af intensiv prøvetagning. Tabet er opgivet som procent af tabet beregnet ud fra normal prøvetagning (for Horndrup Bæk samt Oddebæk i 1995 dog hyppigere analyser specielt under flomme i vandløbet).

Vandløb	1993	1994	1995	1996	Gennemsnit
	% af normal				
Højvads Rende	140	137	95	151	131
Lillebæk	i.m.	126	136	91	118
Horndrup Bæk	Ca. 160-170	251	120	158	174
Oddebæk	124	111	100	187	131

Så længe der ikke udføres intensiv prøvetagning i alle hovedvandløbene i landovervågningsoplandene, er det naturligvis ikke muligt at sammenligne fosfortransporten oplandene imellem på baggrund af intensive målinger. Der er meget store variationer fra år til år og fra station til station mht., hvor skævt man rammer ved den normale prøvetagning. Derfor kan det ikke lade sig gøre at korrigere årstransporter beregnet på baggrund af normal prøvetagning.

Årstransporterne af total fosfor, som blev beregnet ud fra intensiv prøvetagning, udgør i gennemsnit for de fire vandløb 138% af fos-

fortransporter beregnet efter den normale prøvetagning (tabel 10.9). Tabet af fosfor beregnet ud fra normal prøvetagning er med stor sandsynlighed underestimeret i alle 7 hovedvandløb i overvågningsoplandene.

## 10.4 Sammenfatning

### *Afstrømning*

Afstrømningen var usædvanlig lille i det seneste hydrologiske år (1995/96) og meget stor i de to forudgående hydrologiske år (1993/94 og 1994/95). I de lerede oplande har afstrømningen varieret mere mellem våde og tørre år end i de sandede oplande.

### *Hydrografopsplitning*

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 hovedsagelig sker via grundvand. Den årlige overfladenære andel af afstrømningen til vandløbene udgjorde i måleperioden 40-44% for vandløb i lerjordsoplandene og 5-22% for vandløb i sandjordsoplandene. For transporten af totalkvælstof i vandløbene betyder dette, at der er tydeligt højere koncentrationsniveau i vandløbene, der afvander lerede oplande.

### *N til vandløb*

Den vandføringsvægtede årsmiddelkoncentration af kvælstof lå i gennemsnit for perioden på  $9,2 \text{ mg N l}^{-1}$  i vandløbene i de lerede oplande og  $3,9 \text{ mg N l}^{-1}$  i de sandede oplande. Det lavere gennemsnit for de sandede oplande skyldes mindre overfladisk afstrømning og formentligt øget denitrifikation i okkerpotentielle områder i to af de sandede oplande. For de lerede oplande har årsmiddelkoncentrationen af kvælstof været faldende gennem de sidste fire hydrologiske år. Det skyldes de usædvanlige afstrømningsforhold. En mindre del af faldet kan dog evt. forklares ved mindre kvælstof input til jorderne og dermed afspejle den modelberegne reduktion af udvaskning fra rodzonen.

Den totale kvælstofudvaskning til vandløbene fra dyrkede arealer har i undersøgelsesperioden ligget på gennemsnitlig  $26,6 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$  i lerjordsoplandene, og på gennemsnitlig  $12,2 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$  i sandjordsoplandene. Til sammenligning anføres at udvaskningen fra natuarealer i undersøgelsesperioden lå på  $0,6\text{-}4,3 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$ .

### *P til vandløb*

Det totale tab af fosfor fra dyrkede arealer til vandløb, beregnet på baggrund af normal prøvetagning, har i måleperioden ligget på gennemsnitligt  $0,34 \text{ kg P ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$ . Der var ingen entydig forskel mellem lerjords- og sandjordsoplandene. Til sammenligning anføres at tabet fra naturoplande i samme periode lå på  $0,05\text{-}0,12 \text{ kg P ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$ .

### *P tab undervurderet*

I fire af hovedvandløbene i landovervågningsoplandene er fosfortabet til vandløb siden 1993 tillige beregnet på baggrund af intensiv prøvetagning. I gennemsnit er fosfortabet her 38% større, end når det beregnes på baggrund af normal prøvetagning. Fosfortabet beregnet på baggrund af den normale prøvetagning er derfor med stor sandsynlighed undervurderet i alle 7 hovedvandløb i overvågningsoplandene. Der er behov for intensiv prøvetagning i alle 7 hovedvandløb.





# 11 Sammenstilling - Landbrugets indflydelse på næringsstoftransporten 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 1989/90 - 1995/96.

*Sammenfatningen gælder kvælstofkredsløbet*

Sammenstillingen beskriver kvælstofkredsløbet. 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 påpeger miljøproblemerne i forbindelse med fosforgødsning. Derimod er fosforkredsløbet ikke beskrevet på grund af problemer med fortolkning heraf: Tab af fosfor fra dyrkede arealer til vandløb sker både via udvaskning og erosion; hertil kommer et bidrag fra gårde og spredt bebyggelse. 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 (se endvidere kap. 10).

## 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 1989/90 til 1995/96. 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 (inklusive 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. 221 mm pr år) og de største mængder i Ringkøbing/Viborg og Sønderjylland (LOOP 5 og 6) (gns. 552 mm pr år).

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 1989/90 - 1995/96 (LOOP 1-4) og 1990/91 - 1995/96 (LOOP 5-6)

Hydrologisk kredsløb:	Lerjordsoplande						Sandjordsoplande					
	Storstrøm LOOP 1		Fyn LOOP 4		Vejle/Århus LOOP 3		Nordjylland LOOP 2		Ringk./Viborg LOOP 5 <sup>1)</sup>		Senderjyll. LOOP 6	
	mm	%	mm	%	mm	%	mm	%	mm	%	mm	%
Nedbør	706	100	807	100	860	100	694	100	981 <sup>2)</sup>	100	946 <sup>2)</sup>	100
Planteop./fordamp. Nedsivning	485 221	69 31	449 358	56 44	404 456	47 53	380 314	55 45	407 574	41 59	417 529	44 56
Nedsivning	221	100	358	100	456	100	314	100	574	100	529	100
Overfladenær afstr.	83	38	112	31	116	25	49	16	25	4	75	14
Grundvandsafstr.	101	46	138	39	160	35	163	52	300	53	380	72
Total t.vandløb	184	83	250	70	276	61	212	68	325	57	455	86
Netto til gr.vand	37	17	108	30	180	39	102	32	144 <sup>3)</sup>	25	37 <sup>3)</sup>	7

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

<sup>2)</sup> Inklusiv vanding ca. 105 mm i LOOP 5 og 37 mm i LOOP 6

<sup>3)</sup> Grundvandsdannelse er fratrukket 105 mm i LOOP 5 og 37 mm i LOOP 6 p.g.a. oppumpning til vanding

### Afstrømning til vandløbene

I lerjordsoplandene er 25-38% af den nedsivende vandmængde hurtigt strømmet til vandløbene som overfladenær afstrømning; heri indgår drænvandsafstrømning. Yderligere 35-46% er via grundvand strømmet til vandløbene; mens 17-39% er medgået til grundvandsopbygning. I sandjordsoplandene er 4-16% af den nedsivende vandmængde strømmet til vandløbene som overfladenær afstrømning, mens yderligere 52-72% er strømmet til vandløbene via grundvand. Afstrømningen til vandløbene i disse områder sker altså med en langt større forsinkelse. 7-32% af den nedsivende vandmængde er medgået til grundvandsopbygning.

Grundvandsdannelsen synes umiddelbar stor. Dette kan skyldes, at landovervågningsoplandene udgør den øverste del af vandløbssystemet, hvorfor nedsivende grundvand herfra også kan medgå til grundvandsdannelse og grundvandsafstrømning længere nede i vandløbssystemet. Endvidere skal bemærkes, at vandbalancerne er behæftet med en vis usikkerhed; dels er det vanskeligt at fastlægge oplandsarealerne, dels er nedsivningen kun beregnet for arealet med landbrugsafgrøder. Beregning af evapotranspiration fra landbrugsarealer er usikker. Desuden indgår skov i flere af oplandene med op til en fjerdedel af arealanvendelsen; og da evapotranspirationen fra skov er højere end fra landbrugsafgrøder, kan nedsivningen i oplandene være overestimeret.

### Kvælstofkoncentrationer

#### Koncentrationsmønster i lerjordsoplandene

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

I lerjordsoplandene har kvælstofkoncentrationerne i rodzonevandet ligget i intervallet 17,9-26,1 mg N l<sup>-1</sup>. Koncentrationerne i drænvand har som gennemsnitsbetragtning ligget på samme niveau. Fra rodzonen og ned gennem det øvre grundvand er observeret en tydelig

nedgang i koncentrationsniveau. Undersøgelser af det øvre grundvand 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 (Andersen et al., 1994). I vandløbsvandet har kvælstofkoncentrationerne ligget på 7,4-11,5 mg N l<sup>-1</sup>. For LOOP 1 og LOOP 4 er der med hensyn til det overfladenært afstrømmende vand 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. For LOOP 3 derimod svarer kvælstofkoncentrationen i det overfladenære afstrømmende vand til koncentrationerne i grundvandet i 1,5-3,0 m's dybde, mens koncentrationen i grundvandsafstrømningen er lavere end for grundvandet i 5 m's dybde. Afstrømningen til vandløbet sker i dette opland gennem et dybere jordlag.

#### Koncentrationsmønstre i sandjordsoplandene

I sandjordsoplandene har kvælstofkoncentrationerne i rodzonevandet ligget på 22,7-36,3 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 7,3 mg N l<sup>-1</sup> i Nordjylland (LOOP 2) og på 1,6-3,4 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.

Tabel 11.2 Kvælstofkoncentrationer i de forskellige medier af det hydrologiske kredsløb, gennemsnit for de hydrologiske år 1989/90 - 1995/96 (LOOP 1-4) og 1990/91 - 1995/96 (LOOP 5-6). 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	LOOP4	LOOP3	LOOP2	LOOP5	LOOP6
	mg N l <sup>-1</sup>	mg N l <sup>-1</sup>	mg N l <sup>-1</sup>	mg N l <sup>-1</sup>	mg N l <sup>-1</sup>	mg N l <sup>-1</sup>
Rodzonevand	20,3	17,9	26,1	36,3	22,7	26,4
Drænvand	15,3	20,1	-	-	-	-
Grundvand 1,5m	13,1	13,2	14,8	24,8	14,3	19,4
Grundvand 3,0m	4,3	7,2	8,5	14,9	12,9	10,9
Grundvand 5,0m	2,5	6,6	7,1	15,4	-	-
Grundvand 7,0m	-	1,0	-	-	-	-
Overfl.nær afstr.	11,7	14,2	10,3	14,1	4,7 <sup>1)</sup> (2,3)	2,9
Gr.vandsafstr.	6,7	9,4	5,7	5,5	3,3 (1,9)	1,3
Vandløb	8,8	11,5	7,4	7,3	3,4 (1,9)	1,6

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

**Kvælstoftransporter**

I tabel 11.3 er vist de gennemsnitlige kvælstofstrømme for perioden 1989/90 - 1995/96 for de enkelte landovervågningsoplande. I tabellen er vist kvælstoftilførsler i form af handelsgødning, husdyrgødning, estimeret kvæstoffixering samt tilførsel fra atmosfæren. Kvælstoftilførslerne samt kvælstof høstet med afgrøderne 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 totalkvælstof i gylle (Klausen, 1985). Ligeledes er kvælstofmineralisering samt opbygning af jordens humuspulje og 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. Den interne kvælstofomsætning (kvælstofmineralisering/humusopbygning og denitrifikation) er ikke medtaget.

*Lerjordsoplande*

I lerjordsoplandene er årligt tilført ca. 119 kg N ha<sup>-1</sup> med handelsgødning, 69 kg N ha<sup>-1</sup> med husdyrgødning og 31 kg N ha<sup>-1</sup> ved kvæstoffixering og atmosfærisk deposition, ialt ca. 219 kg N ha<sup>-1</sup>. Med afgrøderne er årligt fjernet ca. 131 kg N ha<sup>-1</sup>. Der er således netto tilført jorden ca. 89 kg N ha<sup>-1</sup>. Den målte udvaskning fra rodzonen har i perioden udgjort ca. 72 kg N ha<sup>-1</sup> pr. år. Kvælstoftransporten i vandløbene har udgjort ca. 27 kg N ha<sup>-1</sup> pr. år; det svarer til at ca. 36% af rodzoneudvaskningen er nået til vandløbene.

*Sandjordsoplande*

I sandjordsoplandene er årligt tilført ca. 116 kg N ha<sup>-1</sup> med handelsgødning, 115 kg N ha<sup>-1</sup> med husdyrgødning og ca. 43 kg N ha<sup>-1</sup> ved kvæstoffixering og atmosfærisk deposition, ialt 274 kg N ha<sup>-1</sup>. Afgrøderne har årligt fjernet ca. 134 kg N ha<sup>-1</sup>; således er der netto tilført jorden ca. 140 kg N ha<sup>-1</sup> pr. år. Udvasningen fra rodzonen er målt til ca. 123 kg N ha<sup>-1</sup> pr. år. Kvælstoftransporten i vandløbene har udgjort ca. 12 kg N ha<sup>-1</sup> pr. år; det svarer til, at ca. 10 % 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 1989-96 lå på 0,6-4,3 kg N ha<sup>-1</sup> år<sup>-1</sup> (Windolf, 1997)

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 1989/90 - 1995/96 (LOOP 1-4) og 1990/91-1995/96 (LOOP 5-6).

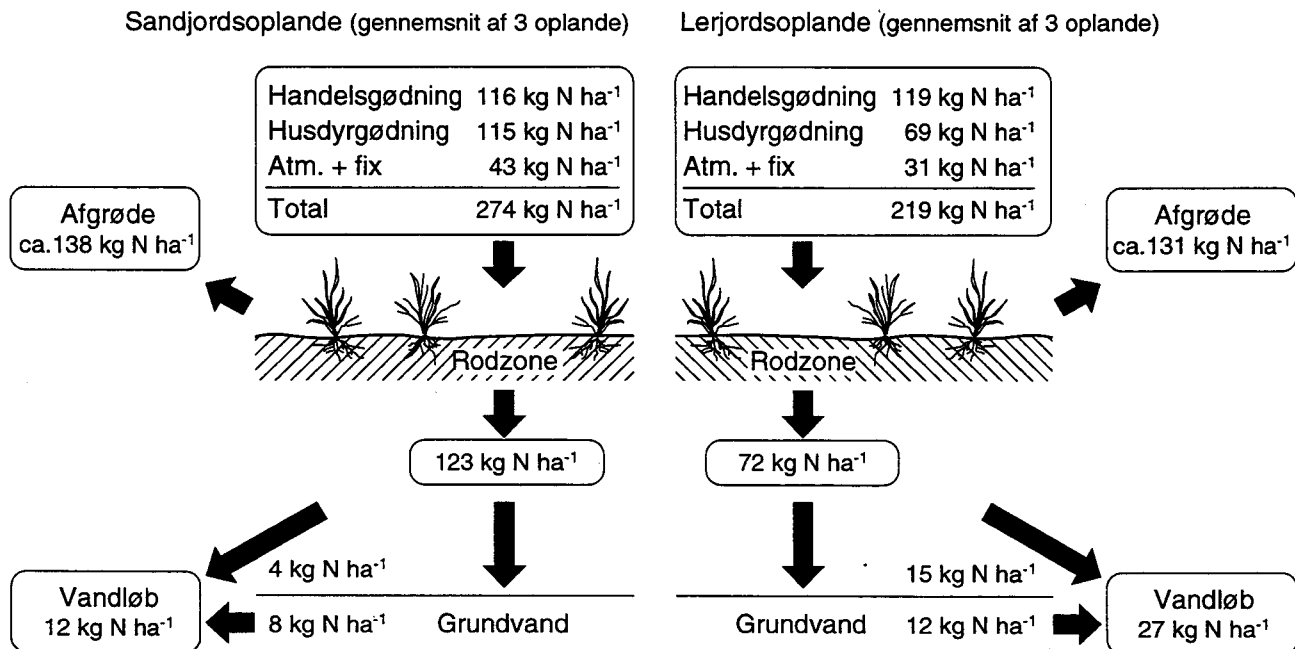
Årlig kvælstofcirkulation												
Kvælstofstrømme	Lerjordsoplande						Sandjordsoplande					
	Storstrøm LOOP1		Fyn LOOP4		Vejle/Århus LOOP3		Nordjylland LOOP2		Ringk./Viborg LOOP5 <sup>2)</sup>		Sønderjyll. LOOP6	
	kg N ha <sup>-1</sup>	%	kg N ha <sup>-1</sup>	%	kg N ha <sup>-1</sup>	%	kg N ha <sup>-1</sup>	%	kg N ha <sup>-1</sup>	%	kg N ha <sup>-1</sup>	%
Handelsgødning	131		121		105		105		140		102	
Husdyrgødning	28		73		107		160		41		145	
Afm. + fixering <sup>1)</sup>	26		34		32		47		34		49	
<b>Total tilført</b>	<b>184</b>		<b>228</b>		<b>245</b>		<b>312</b>		<b>215</b>		<b>296</b>	
Høstet	129		137		126		142		111		149	
Tilført - høstet	56		91		119		170		104		147	
Udvasket Rodzonen (Drænvand) <sup>3)</sup>	37	100	60	100	119	100	106	100	127	100	136	100
	(14)	(38)	(13)	(22)								
Udv. til vandløb												
Overfladenært	12,7	34	17,7	30	13,1	11	6,8	6	1,4	1	2,6	2
Grundvand	9,7	26	15,0	25	11,2	9	9,3	9	11,6	9	5,0	4
<b>Total</b>	<b>22,4</b>	<b>60</b>	<b>32,7</b>	<b>55</b>	<b>24,7</b>	<b>21</b>	<b>16,1</b>	<b>15</b>	<b>13,0</b>	<b>10</b>	<b>7,6</b>	<b>6</b>

<sup>1)</sup> Fra atmosfæren regnes 19 kg N ha<sup>-1</sup> år<sup>-1</sup>

<sup>2)</sup> Barslund og Tværmose Bæk

<sup>3)</sup> Forudsat 70% dræning af landbrugsareal i LOOP 1 og 50% i LOOP 4; opskalering til oplandsniveau usikker

### Det årlige kvælstofkredsløb (1989/90 - 1995/96)



Figur 11.1. Skematiskering af kvælstofkredsløbet for henholdsvis lerjords- og sandjordsoplandene for årene 1989/90 - 1995/96.

## 11.2 Landbrugets indflydelse på kvælstofudvaskning 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 1996. Størrelsen af jordens omsættelige humusfraktion er et resultat af mange års landbrugsproduktion med et højt gødskningsniveau. Den hastighed, hvormed mineraliseringsprocesserne og kvælstoffikseringen forløber, øges blandt andet med temperaturen. Derfor vil et sammenfald af en stor mineraliserbar pulje i jorden og høje efterårs- og vintertemperaturer øge den kvælstofmængde, der er til rådighed i jorden.

#### *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 stadig sker overgødskning på ca. 20% af arealet, og at der er behov for at forbedre udnyttelsen af husdyrgødning, specielt på bedrifter med høj husdyrtæthed.

### Kvælstofafstrømning til vandmiljøet

I den præsenterede 7-årige periode er der målt en årlig gennemsnitlig udvaskning fra rodzonen på 72 kg N ha<sup>-1</sup> i lerjordsoplandene og på 123 kg N ha<sup>-1</sup> i sandjordsoplandene. Den større udvaskning på sandjordene end på lerjordene skyldes større nedbør, lettere gennemtrængelig jord, større husdyrtæthed samt større N-tilførsel i forhold til N fjernet (dvs. større nettotilførsel).

#### *Vandløbene*

Det er vist, at en stor del af det kvælstof, der forlader rodzonen (11-34%) i lerjordsoplandene hurtigt strømmer til vandløbene gennem dræn og overfladenært vand, mens yderligere 9-26% strømmer via det øvre grundvand til vandløbene. Det vil sige, at 21-60% 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 hovedsageligt 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. Reduktionen af nitrat i grundvandet afhænger af de hydrogeologiske og kemiske forhold, og kan være anderledes i andre sandjordsoplande. Det må imidlertid konkluderes, at en eventuel ændring i landbrugspraksis ikke vil kunne måles i vandløb i sandjordsoplande inden for en kortere årrække.

#### Det øvre grundvand

Det fremgår af sammenstillingen, at det øvre grundvand i alle landovervågningsoplandene tydeligt er påvirket af landbrugsdriften. De beskrevne belastningsforhold, strømningsmønsteret samt kvælstofreduktionsprocesserne i jordprofilen medfører, at grundvandet er stærkere belastet i sandjordsoplandene end i lerjordsoplandene. I 3-5 m's dybde har nitratkoncentrationerne i sandjordsoplandene ligget omkring eller over drikkevandskravet ( $11,3 \text{ mg NO}_3\text{-N l}^{-1}$  /  $50 \text{ mg NO}_3 \text{ l}^{-1}$ ), mens de i lerjordsoplandene har ligget under drikkevandskravet. Analyser, der medtager landbrugets gødskningspraksis i to oplande (*Grant et al., 1995*) 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 (oftest mindre end  $1,0 \text{ mg N l}^{-1}$ ). En tidsserieanalyse på sandjord har vist at større ændringer i nettotilførsel af kvælstof kan medføre hurtige og betydelige ændringer i det terrænnære grundvands nitratinhold (kapitel 9). En forbedring af grundvandskvaliteten under dyrkede arealer må igen søges i en nedsættelse af total tilført N gødning, hvilket vil medføre en bedre udnyttelse.

## 11.3 Fosforgødsning og vandmiljø

### Nettotilførsel og jorders fosforstatus

#### Store nettotilførsler af fosfor i Vest Danmark

Fosfortilførsel med handelsgødning og husdyrgødning til markerne samt fjernelser med afgrøderne er beskrevet i afsnit 5.5 for landovervågningsoplandene. I tabel 11.4 er fosforbalancerne vist for de enkelte oplande som gennemsnit for perioden 1990/91-1995/96. I LOOP1 (Storstrøm) er der fjernet lige så meget fosfor med afgrøderne, som der tilførtes med gødninger, i LOOP4 (Fyn) har der været en nettotilførsel på ca.  $4 \text{ kg P ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$ , mens der ved de øvrige oplande var en nettotilførsel på  $7,9\text{-}12,2 \text{ kg P ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$ . Ved LOOP3 (Vejle/Århus), LOOP2 (Nordjylland) og LOOP6 (Sønderjylland) er den store nettotilførsel forårsaget af store husdyrgødningsmængder. I LOOP5 (Viborg/Ring-købing) forekommer der stor tilførsel af uorganisk fosfor bl.a. som kalkslam fra industrien.

#### Stigende fosforstatus i danske jorde

Den overvejende del af nettotilført fosfor ophobes i topjorden og giver anledning til stigende fosforstatus. I Danmark måles jordens fosforstatus med Olsens bicarbonat-metode og udtrykkes som fosfortallet (Pt). I en opgørelse af *Sibbesen (1996)* er det således vist, at fosfortallene for danske jorde er steget svagt fra gennemsnitlig 4,2 i 1987 til 4,5 i 1995, omend der er nogen usikkerhed på tallene mellem de enkelte år (figur 11.2). Det fremgår også af figuren, at fosforstatus for jordene i Nord- og Vestjylland er betydelig højere end på Øerne.

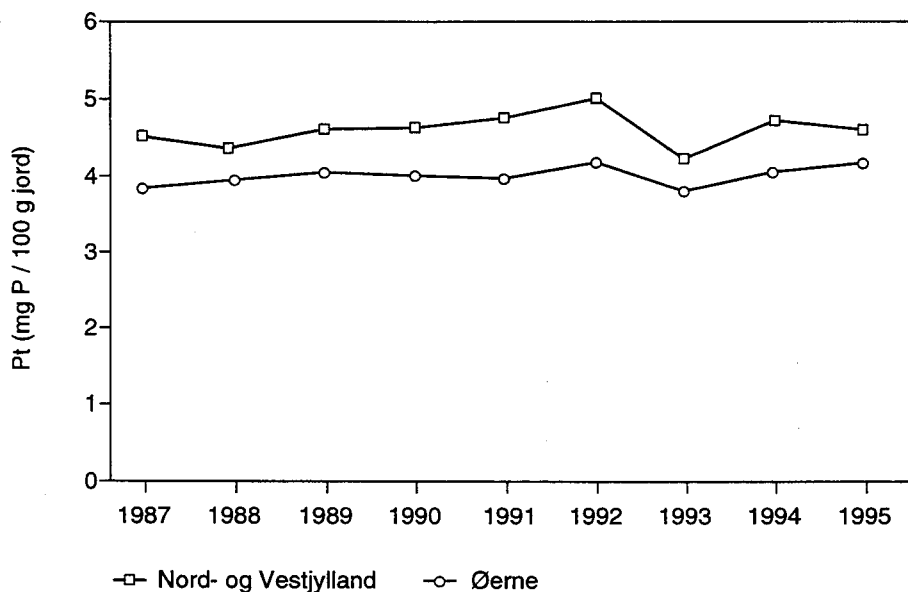
Tabel 11.4 Fosforbalance med hensyn til tilførsel og fraførsel fra marker i de seks landovervågningsoplande, samt vandføringsvægtede koncentrationer og transport af total fosfor i vandløb. Gennemsnit for perioden 1990/91 - 1995/96

		Lerjordsoplande			Sandjordsoplande		
		Storstrøm LOOP1	Fyn LOOP4	Vejle/Århus LOOP3	Nordjyll. LOOP2	Ringk./Viborg LOOP5	Sønderjyll. LOOP6
Handelsgødn.	Kg P ha <sup>-1</sup> år <sup>-1</sup>	15,6	11,4	6,9	5,9	23,8 <sup>1)</sup>	5,6
Husdyrgødn.	kg P ha <sup>-1</sup> år <sup>-1</sup>	5,5	15,8	25,3	26,9	5,5	27,3
Høstet	kg P ha <sup>-1</sup> år <sup>-1</sup>	21,1	23,3	20,5	20,4	17,0	19,5
Tot. tilf.-høstet	kg P ha <sup>-1</sup> år <sup>-1</sup>	-0,2	4,9	11,7	12,4	12,6	13,0
Vandløb: total P							
Konc.	mg P l <sup>-1</sup>	0,120	0,193	0,135	0,109	0,072 <sup>2)</sup>	0,083
Transp.	kg P ha <sup>-1</sup> år <sup>-1</sup>	0,23	0,51	0,40	0,24	0,29	0,37

<sup>1)</sup> Anvender fosforholdigt kalkslam fra industrien

<sup>2)</sup> Gennemsnit for Barslund Bæk og Tværmose Bæk

Figur 11.2. Udvikling i fosforstatus (udtrykt ved fosfortallet, Pt) af danske landbrugsjorde, 1987-95 (Sibbesen, 1996).



For optimal planteproduktion anbefales fosfortal (Pt værdier) på 2,0-3,5/4,0 (*Oversigt over Landsforsøgene, 1996*). I 1996 havde 2-7% af de danske jorde fosfortal mindre end 2,0, mens mere end 50% havde fosfortal over 4,0; ca 15% af jordene havde endog fosfortal over 6. De danske jorde har altså høj fosforstatus.

Det højere fosfortal (Pt) i jordene i Nord- og Vestjylland end på Øerne skyldes den højere husdyrtæthed og dermed større nettotilførsel af fosfor til jorden. Denne sammenhæng er også set i landovervågningsoplandene. I efteråret 1996 blev der bestemt fosfortal i jordene på 32 jordvandsfelter.

Ved ét felt i LOOP 1 (Storstrøm) er fosfortallet 10,7. Feltet ligger på et planteavlsbrug, og der er ingen umiddelbar forklaring på det høje tal.

Ved 30 andre felter på landbrugsjord ligger fosfortallene mellem 1,8 og 8,7 (figur 11.3). Det ses at fosfortallet for disse jorde stiger med stigende husdyrtæthed. Således kan fosfortallet udtrykkes som en eksponentiel funktion af husdyrtætheden:

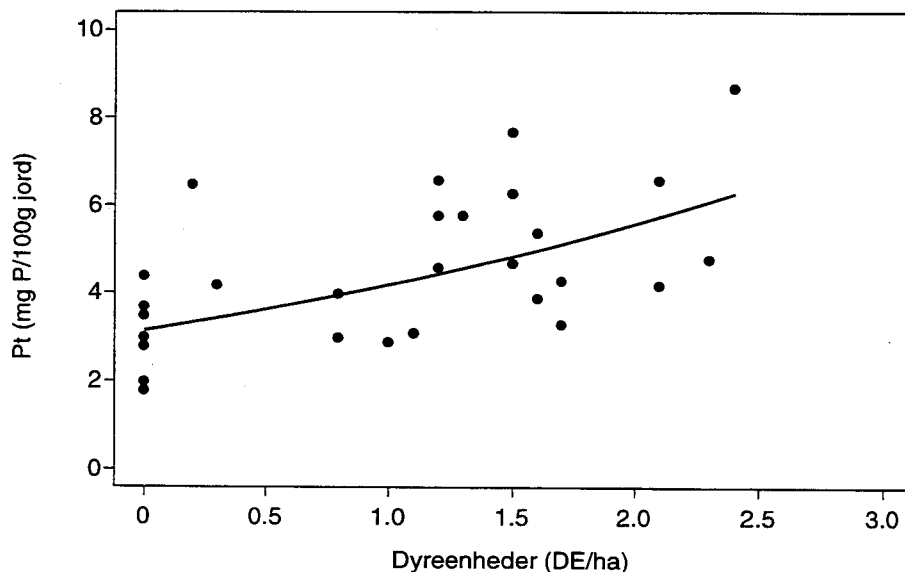


$$y_i = 3,13 \times e^{0,29x_i}; \quad P < 0,05; \quad R^2 = 0,36;$$

hvor  $x_i$  er ejendommens gennemsnitlige husdyrtæthed (DE ha<sup>-1</sup>) over en årrække og  $y_i$  er fosfortallet.

Ved ét skovareal i LOOP 3 (Vejle/århus), hvor der ikke tilføres gødning, er fosfortallet lavt, Pt=1,3.

Figur 11.3 Fosfortal i jord ved 30 sugecellefelter i landovervågningsoplandene (jordprøver udtaget i efteråret 1996)



#### Fosfortabenes størrelse

#### Fosfortab til vandmiljøet

I landovervågningen udgjorde den gennemsnitlige udvaskning af opløst ortho-P ved 28 jordvandsstationer ca 0,05 kg P ha<sup>-1</sup> år<sup>-1</sup>, mens der ved 3 jordvandsstationer blev udvasket 0,24-0,82 kg P ha<sup>-1</sup> år<sup>-1</sup>. Gennem 6 dræn på lerjorde udgjorde transporten af total P 0,05 kg P ha<sup>-1</sup> år<sup>-1</sup> og gennem 1 dræn 0,174 kg P ha<sup>-1</sup> år<sup>-1</sup>. Det totale tab af fosfor fra oplandene til vandløbene har ligget på gennemsnitlig 0,34 kg P ha<sup>-1</sup> år<sup>-1</sup> i 1990-96. Der er ingen tydelig forskel mellem lerjords- og sandjordsoplande. Tabene er sandsynligvis underestimeret på grund af utilstrækkelig prøvetagningsteknik (afsnit 7.3 og 10.3)

#### Fosfortabene kan forårsage eutrofiering

Tabene er således lave sammenlignet med de fosformængder, der anvendes i landbruget; alligevel kan tabene have betydning for vandmiljøet. Således lå koncentrationen af total fosfor i vandløbene på gennemsnitlig 0,149 mg P l<sup>-1</sup> i lerjordsoplandene og på 0,088 mg P l<sup>-1</sup> i sandjordsoplandene (tabel 11.4). Disse koncentrationer er for nogle oplande så høje at det kan medføre eutrofiering af vore lavvandene søer (Kronvang et al., 1993).

#### Høj fosforstatus og tab af partikulært fosfor

#### Jorders fosforindhold og tab til vandmiljøet

Den høje fosforstatus af danske jorde har betydning for det diffuse tab af fosfor til vandmiljøet. Partikulært materiale, som tilføres vandløbene, har oftest oprindelse i markens topjord, dette gælder såvel materiale tilført ved overflade erosion som ved brinkerrosion. Også partikulært materiale i drænvand kan stamme fra topjorden (Grant et al., 1997).

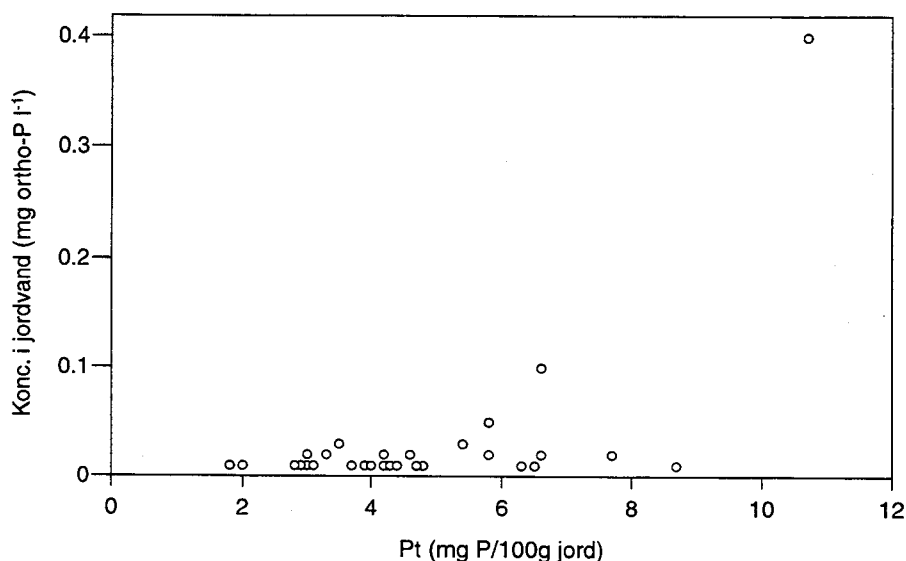
Endvidere kan det høje fosforindhold i topjord have betydning for udvaskning af fosfor fra rodzonen. *Simmelsgård (1996)* har således for danske jorde påvist en sammenhæng mellem tab af opløst fosfor gennem dræn og jordenes fosforstatus. Også *Grant et al. (1997)* har målt store tab af opløst fosfor gennem dræn på jord med høj fosforstatus. Fra de gamle Rothamstedforsøg i England er det endvidere vist, at koncentrationerne af opløst fosfor var lave ved fosfortal mindre end ca 6,0, mens der ved højere fosfortal skete en betydelig stigning i koncentrationerne af ortho-P; stigningen var proportional med stigningen i fosfortal (*Heckrath et al., 1995*).

I landovervågningsoplandene er der for jordvand målt lave koncentrationer af opløst P ved fosfortal i jorden lavere end 5,5. Ved højere fosfortal stiger koncentrationen for nogle jorde med stigende fosfortal, mens koncentrationen for andre jorde forblev lav ved høje fosfortal (figur 11.4). Jordvandet må antages at repræsentere vand, der er mere eller mindre i ligevægt med den omkringliggende jord. Der kan gælde andre relationer for det hurtigt afstrømmende vand (makroporestrømningen).

Ved vandløbsmålinger i Århus Amt er det fundet, at koncentrationen af opløst P i vandløb på sandede jorde steg med stigende husdyrtæthed, og hermed også med stigende tildeling af fosforgødning (*Wiggers og Vægter, 1997*).

Det er således vist, at egentlig fosforudvaskning kan forekomme. Omfanget heraf er imidlertid ikke kendt i Danmark. Processerne, der styrer transporten af opløst fosfor i jord er komplicerede, og der er behov for yderligere at undersøge, hvorledes jordens fosforstatus samt kemiske og fysiske forhold påvirker tabsprocesserne.

Figur 11.4 Relationen mellem opløst fosfor i jordvand (vandføringsvægtet) og værdier for jordens fosfortal (Pt) fra 31 jordvandsfelter på landbrugsjord i landovervågningen.



## 12 Konklusion - udvikling i landbrugets næringsstofbelastning af vandområderne

### 12.1 Vandmiljøhandlingsplaner

De gennemførte foranstaltninger til begrænsning af landbrugets forurening af vandmiljøet har taget udgangspunkt i NPO-Handlingsplanen fra 1986, Vandmiljøplanen fra 1987 og Handlingsplanen for bæredygtigt landbrug fra 1991.

*NPO-Handlingsplanen  
1986*

NPO-Handlingsplanen omhandler bl.a. initiativer med henblik på at stoppe gårdbidraget, dvs. udledning fra møddingspladser m.v., samt krav til husdyrbrug om harmoni mellem størrelsen af husdyrholdet og det jordtilliggende, som ejendommen har til rådighed for udspreddning af husdyrgødningen.

*Vandmiljøplanen 1987*

Vandmiljøplanen har som målsætning at reducere kvælstof- og fosforudledningen med henholdsvis 50% og 80% inden 1993. Den samlede kvælstofudledning fra landbruget var beregnet til 260.000 t N midt i 1980'erne. Vandmiljøplanen indebar at landbrugets udledning skulle reduceres med 127.000 t N, svarende til 49% af den samlede udledning fra landbruget. Der forventedes en reduktion af markbidraget (udvaskning fra rodzonen) på 100.000 t N, mens den øvrige reduktion skulle komme fra gårdbidraget, først og fremmest ved stop af de ulovlige udledninger (*Miljøstyrelsen, 1990*).

De bindende virkemidler i Vandmiljøplanen overfor landbruget omfatter krav om 9 måneders opbevaringskapacitet for husdyrgødning (med dispensationsmulighed ned til 6 måneder), krav om udarbejdelse af sædskifte og gødningsplaner, samt krav om 65% grønne marker.

*Handlingsplanen for  
bæredygtigt landbrug*

De to ovenfor nævnte handlingsplaner har i væsentlig omfang bygget på, at landbruget frivilligt og gennem godt landmandskab skulle nedbringe forureningsproblemerne. Selvom landbruget allerede i slutningen af 80'erne stort set levede op til de bindende krav, har det frem til først i 90'erne ikke i væsentlig grad ændret gødningspraksis imod en bedre udnyttelse af husdyrgødningen, og et deraf følgende reduceret handelsgødningsforbrug (afsnit 5).

Som følge af de manglende resultater blev der i 1991 udarbejdet Handlingsplanen for bæredygtigt landbrug. Handlingsplanen omfatter bl.a. forlængelse af frister frem til år 2000 med hensyn til landbrugets opfyldelse af reduktionsmål for kvælstofudledningen. Desuden stilles der krav om gødningsregnskaber, bindende normer for gødningstildeling til afgrøderne, krav til udnyttelsen af husdyrgødningen og skærpede regler for udbringning af husdyrgødningen fra driftåret 1993/94. Disse regler omfatter forbud mod at sprede flydende husdyrgødning om efteråret, dog med undtagelse af udbring-

ning til vinterraps og overvintrende græs. Endvidere er det fra 1995 kun tilladt at udbringe fast gødning i perioden fra høst og indtil 20. oktober på arealer, hvor der skal være afgrøder den følgende vinter.

Som led i opfølgning på Handlingsplanen for Bæredygtigt Landbrug har Landbrugs og Fiskeriministeriet den 15. december 1995 på regeringens vegne forelagt "Redegørelse for udnyttelse af husdyrgødning og udvikling i landbrugets kvælstofhusholdning". Det fremgår heraf, at udbygning af eksisterende regelsæt sammen med iværksættelse af yderligere initiativer på landbrugsområdet er nødvendig for at målene i Handlingsplanen kan nås.

Ved en forespørgselsdebat i folketinget i marts 1996 fremlagde regeringen sine planer til sikring af at målene nås. Dette har resulteret i, at landmændene ved udarbejdelse af gødningsregnskaber fra 1996 ikke længere frit kan fastlægge forventet udbytte, dette skal baseres på et gennemsnit af tidligere år. Med hensyn til næringsstofindhold i husdyrgødning kan landmændene selv værdisætte dette på baggrund af husdyrgødningsanalyser indtil 1997; fra 1998 derimod skal fastsættelsen af næringsstofindholdet i husdyrgødning ske på baggrund af normværdier. Herudover har regeringen til hensigt, at minimumskravet til udnyttelse af husdyrgødning skal øges yderligere efter 1997 i forhold til hvad der er teknisk muligt; regeringen udtaler at Danmarks Jordbrugsforskning vurderer, det vil være muligt gradvist at øge udnyttelsen med yderligere 15%-point. Dette initiativ er ikke lovfæstet.

I 1998 skal foretages en status over de opnåede resultater og en evaluering af de hidtil anvendte styringsinstrumenters effektivitet, herunder behovet for iværksættelse af yderligere initiativer.

## **12.2 Udviklingen i landbrugets kvælstofanvendelse**

Det er i landovervågningsoplandene vist, at tiltagene i Vandmiljøplanen og Handlingsplanen for Bæredygtigt Landbrug overfor landbrugets udvaskning af kvælstof i vid udstrækning er gennemført:

*Lovkrav til grønne marker,  
opbevaringskapacitet og  
udbringningstider omtrent  
opfyldt*

Lovkravet om grønne marker er opfyldt, idet de i 1996 udgjorde 73% af det dyrkede areal. Heraf udgør græs inklusiv brak, vinterraps og korn med udlæg 43%, vinterkorn 38% og rodfrugter, majs, halmnedmuldning og juletræer 19%. Kun førstnævnte gruppe samt rodfrugter (roer) kan forventes at optage store kvælstofmængder i efterårs- og vintermånederne.

I 1996 stod 81% af dyreenhederne på ejendomme med mindst 9 måneders opbevaringskapacitet til den flydende husdyrgødning. Dette er en forøgelse på 44%-point i forhold til 1991, den største stigning fandt sted fra 1993 til 1994 (21%-point). Samtidig er der sket en betydelig stigning i forårs/sommer udbringning af husdyrgødning. I 1996 blev 85% af den samlede kvælstofmængde i husdyrgødning udbragt om foråret/sommeren, hvilket er en forøgelse på 30%-point i forhold til 1990. Den store stigning i forårs/sommer udbringningen skal ses dels i lyset af de forbedrede opbevaringskapaciteter, dels

som følge af forbudet gældende fra driftsåret 1993/94 mod at sprede flydende husdyrgødning om efteråret og frem til 1. februar.

*Overgødsning forekommer stadig på ca. 20% af arealet*

Udnyttelsen af husdyrgødningen var omtrent ens i 1994-96, ca. 33%. Dette var en stigning på 15%-point i forhold til 1990-93. Der blev dog i 1994-96 stadig overgødet i forhold til kvælstofbehovet (fastsat ud fra økonomisk optimering) på ca. 20% af arealet.

*Stor andel af disharmoniske brug*

I landovervågningsoplandene var 17% af husdyrbrugene disharmoniske i 1996, og for at overholde harmonikravene skulle gødning fra 8% af dyreenhederne omfordeles. På landsplan var 15% af husdyrbrugene i 1996 disharmoniske. En undersøgelse blandt 195 disharmoniske brug i Danmark (Andersen 1994) har vist, at ca. halvdelen ikke havde lovpligtige aftaler om afsætning af overskydende husdyrgødning. Dette betyder ikke nødvendigvis, at gødningen ikke flyttes, men det giver dog en indikation af, at der fortsat er en række husdyrbrug, som tildeler husdyrgødningsmængder udover, hvad der er tilladt.

*Fald i handelsgødningsforbrug og i overskud af N input*

Det totale kvælstofinput (handelsgødning, husdyrgødning samt kvælstof tilført ved bælglplanters fiksering og atmosfærisk deposition) til det danske landbrugsareal er faldet fra 750 mio. kg N i 1985 til 626 mio. kg N i 1996. Handelsgødningsforbruget udgjorde i 1985 96% af afgrødernes optimale kvælstofbehov, mens andelen i 1996 var faldet til 86%. Handelsgødningsforbruget er faldet fra 392 mio. kg N i 1985 til 285 mio. kg N i 1996.

Forskellen mellem det totale kvælstofinput og kvælstof fjernet ved høst med afgrøder har haft en faldende tendens i perioden 1985 til 1996. Således udgjorde kvælstofoverskuddet for det danske landbrugsareal 380 mio. kg N ha<sup>-1</sup> i 1985 og 268 mio. kg N ha<sup>-1</sup> i 1996. Set over hele perioden udgjorde reduktionen i kvælstofoverskud på landsplan 23%. En del af reduktionen i kvælstofoverskud skyldes, at landbrugsarealet er blevet mindre. Foretages opgørelsen pr arealenhed landbrugsjord (inklusive brak) udgjorde reduktionen i kvælstofoverskud 19%.

Der er altså sket betydelige forbedringer mht. gødningsanvendelsen siden Vandmiljøplanens vedtagelse; ændringerne har været særlig markante fra 1993 til 1994.

### 12.3 Udvikling i kvælstofudvaskning

Det er ikke muligt på et statistisk grundlag at vurdere udviklingen i den målte kvælstofudvaskning fra rodzonen på baggrund af de foreliggende 7 års målinger, 1989-96, idet klimatisk betingede variationer overskygger driftbetingede ændringer.

*17% reduktion i N udvaskning fra rodzonen*

Modelberegninger udført med udvaskningsfunktioner ved normal-klima for perioden 1989-96 har vist et generelt fald i udvaskning gennem måleperioden, ca. 17% reduktion fra 1989/90 til 1995/96. Reduktionen er størst på lerjordene (30%) og mindst på sandjordene (9%) (tabel 12.1).

*Lave N transporter i vandløbene på lerjorde i sidste del af overvågningsperioden*

Den modelberegnete reduktion i kvælstofudvaskning fra rodzonen er sammenlignet med landsdækkende målinger i vandløb, der afvander henholdsvis sandede og lerede oplande. Den afstrømningskorrigerede kvælstoftransport har været omtrent uændret fra 1989/90 og frem til 1992/93. Herefter er der set et mindre fald i transporterne, mest markant i lerjordsoplandene. På sandjordene vil man ikke kunne forvente en effekt af reduceret kvælstofudvaskning inden for en kort årrække; på lerjordene, hvor en stor del af kvælstofudvaskningen fra rodzonen når ud til vandløbet inden for samme år, vil en effekt derimod hurtigt slå igennem (jvf. afsnit 11). Den lave kvælstoftransport i sidste del af måleperioden kan således være en effekt af reduceret kvælstofudvaskning fra rodzonen, men kan også være en effekt af de ekstreme afstrømningsforhold i denne periode. Måleserien er for kort til at kunne drage en entydig konklusion med hensyn til udviklingen i vandløbene. Før Vandmiljøplanens ikrafttræden var der også perioder med lignende lave kvælstoftransporter (Windolf, 1997).

Tabel 12.1 Udvasning af kvælstof fra rodzonen som gennemsnit for tre sandede og tre lerede landovervågningsoplande, samt i danske vandløb, der afvander dyrkede henholdsvis sandede og lerede jorder for syv år frem til 1995/96.

	Udvasning fra rodzonen <sup>1</sup>		Tilførsel til vandløb <sup>2</sup>	
	Sandjord (n=3)	Lerjord (n=3)	Sandjord (n=21)	Lerjord (n=18)
	kg N ha <sup>-1</sup>			
1989/90	78	50	16	21
1990/91	80	48	16	23
1991/92	80	43	16	19
1992/93	81	42	17	15
1993/94	75	38	14	20
1994/95	71	39	13	18
1995/96	71	35	15	11
1996/97	-	-	14	16

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

<sup>2)</sup> Beregnet afstrømningskorrigeret oplandstab af nitrat-kvælstof for danske vandløb

*Reduktionsmålet for N udvasning opnåes næppe*

De hidtil iværksatte initiativer er primært rettet mod en forbedret udnyttelse af husdyrgødningen. Disse tiltag har medført en reduktion i kvælstofudvaskning; den modelberegnete reduktion er 17%. En scenarie-beregning udført med udvaskningsfunktioner på 1993/94 data, hvor den aktuelt forekommende husdyrgødningsmængde i landovervågningsoplandene anvendes optimalt i henhold til kravene i Handlingsplanen for Bæredygtigt Landbrug har vist, at der kan højst opnåes en reduktion i kvælstofudvaskning på 32%. Denne reduktion kræver at alle regler overholdes fuldt ud - at minimumskravet til udnyttelse af husdyrgødning for 1997 overholdes, at husdyrgødningen fordeles på alle marker indefor ejendommen og handelsgødning suppleres til økonomisk anbefalet mængde, at eftervirkning af husdyrgødning indregnes og at marker, der idag gødes mindre end økonomisk optimalt, fortsat gødes tilsvarende (afsnit 8). En tilsvarende beregning udført af Statens Planteavlsvforsøg i 1995

viser en mulig reduktion på 38% ved optimale driftforhold (Hansen og Svendsen, 1994). Beregningerne forudsætter, at der ikke sker ændringer i husdyrtæthed.

Det skal påpeges, at beregningerne er usikre; men de giver en indikation af, at Vandmiljøplanens reduktionsmål for kvælstofudledning ikke kan nås med de iværksatte initiativer. Supplerende initiativer er derfor nødvendige.

## 12.4 Supplerende tiltag til reduktion af kvælstofudvaskning

Supplerende tiltag til opfyldelse af Vandmiljøplanens reduktionsmål kan være:

*Øget kontrol med gødningsanvendelse på husdyrbrug*

Braklægning har medført, at arealer hvorpå husdyrgødning må udspredes er mindsket. Herved har brug med stor husdyrtæthed fået vanskeligere ved at afsætte overskydende gødning. Regler for omfordeling af husdyrgødning mellem ejendomme bør strammes. Desuden bør der være en bedre kontrol med gødningsanvendelsen på husdyrbrugene med det mål at minimere overgødsningen.

Endvidere kan der være tale om at stramme harmonikravene. En lavere husdyrtæthed vil minimere overgødsningen. Den samlede effekt heraf på kvælstofudvaskningen vil dog afhænge af den totale husdyrproduktion i landet.

*Vintergrønne marker med stor kvælstofoptagelse*

Grønne marker bør i langt større udstrækning end tidligere bestå af afgrøder, som kan forventes at optage kvælstof af betydning i efterårs- og vintermånederne. Dette medfører, at det store vinterhvedeareal må reduceres til fordel for vårsæd med udlæg. Endvidere bør der efter bælgæd etableres en efterafgrøde med stor kvælstofoptagelse. Ved scenarieberegning med udvaskningsfunktioner er det vist, at der kan opnås en betydelig reduktion i udvaskningen, hvis korn og bælgæd følges af en efter- eller vinterafgrøde (jvf. afsnit 8).

*Gødningsnormer bør revideres*

Afgrødernes kvælstofbehov bør tages op til revision og eventuelt nedsættes i forhold til økonomisk optimale normer. Scenarieberegninger med udvaskningsfunktioner har vist, at der kan opnås en yderligere reduktion ved at nedsætte kvælstofnormerne med 20%. Nedsatte normer vil sandsynligvis vil medføre en produktionsnedgang.

*Opprioritering af tiltag indenfor SFL områder*

Udover generelle tiltag med henblik på at reducere kvælstofudvaskningen fra rodzonen vil opprioritering af tiltag indenfor SFL-områder (særlig miljøfølsomme områder) kunne begrænse tab af såvel næringsstoffer som pesticider til følsomme grundvandsmagasiner.

*Braklægning som våde enge og bræmmer*

Desuden kan en miljørigtig udnyttelse af braklægningen i landbruget i form af genskabelse af våde enge og vådområder i ådalene 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 - ca. 400 kg N pr. ha pr. år (Ambus og Hoffmann,

1990; Hoffmann et al., 1993; Fyns Amt, 1992; Kronvang et al., 1994). Udnyttelsen af våde enge som "kvælstoffiltre" skal dog ske afbalanceret, dels i forhold til, at der nogle steder er risiko for øget udvaskning af fosfor, jern og sulfat dels i forhold til det naturindhold, der måtte være i en oprindelig våd eng. Desuden løser våde enge ikke problemet med forurening af grundvandet. Genskabelse af våde enge bør ikke ske på bekostning af tiltag til nedsættelse af kvælstofudvaskningen fra rodzonen.

Endvidere kan braklægning udnyttes ved etablering af permanent plantedækkede sprøjtefri bræmmer langs vandløb og vådområder, dels med henblik på tilbageholdelse af fosfor, der med jorderosion afstrømmer overfladisk fra dyrkede arealer, dels med henblik på at nedsætte risikoen for tilførsel af pesticider til vandmiljøet.

## 12.5 Udvikling i landbrugets anvendelse af fosforgødning

Der forefindes i dag ingen lovbundne krav med hensyn til anvendelse af fosforgødning; derimod findes vejledende normer for tilførsel til afgrøderne. Gødskningsnormerne for fosfor er graderet efter jordens fosfortilstand.

*Nettoinput af fosfor til danske jorder faldet fra 15 til 8 kg P ha<sup>-1</sup> år<sup>-1</sup> i perioden 1985-1996*

Tilførsel af fosfor til det danske landbrugsareal med handelsgødning er faldet fra 16,7 til 7,6 kg P ha<sup>-1</sup> år<sup>-1</sup> i perioden fra 1985 til 1996; husdyrgødningsforbruget er i samme periode øget fra 16,8 til 18,1 kg P ha<sup>-1</sup> år<sup>-1</sup>. Fosfor fjernet med afgrøderne har ligget på 16 - 22 kg P ha<sup>-1</sup> år<sup>-1</sup>. Endvidere blev der i 1996 tilført ca. 2 kg P ha<sup>-1</sup> år<sup>-1</sup> med slam. Der har således været en nettotilførsel af fosfor gennem hele perioden, denne er dog mindsket betydeligt fra ca. 15 til 8 kg P ha<sup>-1</sup> år<sup>-1</sup> fra 1985 til 1996 (afsnit 5.5).

*Danske jorder har høj fosforstatus*

Den konstante nettotilførsel har medført stigende fosforstatus for landbrugsjorderne. Fosforstatus angives i landbruget ved fosfortallet, Pt-værdien (afsnit 11.3). For optimal planteproduktion bør Pt-værdien ligge på 2,0-3,5/4,0. Den gennemsnitlige Pt-værdi for de danske jorder ligger på 4,5, og ca 50% har Pt-værdier over 4,0. De danske jorder har altså en høj fosforstatus, og for en stor del er der slet ikke behov for fosforgødsning. Et problem er at nettotilførslen af fosfor er størst og dermed jordernes fosforstatus højest i egne med stor husdyrtæthed, hvor husdyrgødningen nødvendigvis skal udbringes uanset jordens fosforstatus.

*Nedbringelse af nettoinput til jorder påkrævet*

Jordernes høje fosforstatus har indflydelse på det diffuse fosfortab til vandmiljøet, hvorfor der er behov for at nedbringe fosfortilførslen ved gødsning yderligere. Der bør fokuseres på følgende forhold og initiativer:

- Regulering af gødningstilførsel til marker bør ske på baggrund af såvel kvælstof som fosfor.
- Undlade tilførsel af fosfor med handelsgødning på arealer, som får tilført tilstrækkeligt fosfor med husdyrgødning.



- Fosforgødsning skal afpasses efter jordens fosforstatus; dette betyder at der på jorde med høj fosforstatus bør tilføres mindre fosfor end der høstes med afgrøderne.
- Begrænse produktionen af husdyrgødningsfosfor, dels gennem lavere husdyrtæthed, dels gennem nedsat fosforindhold i foderet.

Debatten omkring fosforgødsningens betydning for det diffuse fosfortab til vandmiljøet er først kommet frem indenfor de seneste år. Der bør sættes på at fremskaffe øget viden på området.



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

## Kvælstoftilførsel til vandmiljøet

I 1996 var den samlede tilførsel af kvælstof med vandløb og direkte spildevandsudledninger til de kystnære vandområder 48.000 tons, hvilket er den lavest målte siden starten af Vandmiljøplanens Overvågningsprogram. Den meget lille kvælstoftilførsel i 1996 skyldes primært den ringe nedbør og dermed lave vandafstrømning fra de dyrkede arealer til vandløbene. Ferskvandsafstrømningen var således i 1996 rekordlav og kun 58 % af gennemsnittet for perioden 1989-95.

I 1996 kom ca. 71% af den samlede landbaserede tilførsel fra dyrkningsbetingede tab fra landbrug, ca. 19% fra spildevand udledt til vandløb og direkte til kystnære områder, mens det naturlige baggrundsbidrag udgjorde ca. 10%. Spildevandsudledningernes betydning for den samlede tilførsel var således relativ høj i 1996 på grund af den ringe vandafstrømning i vandløbene.

Vandmiljøet tilføres også kvælstof fra luften. For de fleste fjorde og kystnære områder er denne tilførsel af forholdsvis lille betydning i sammenligning med den landbaserede tilførsel, men den er til gengæld væsentlig for den samlede kvælstoftilførsel til de åbne farvande. Tilførslen fra luften er domineret af bidraget fra landbrug, der udgør ca. 70-80%. Den samlede kvælstoftilførsel fra luften til de danske farvande udgør ca. 100.000 tons  $\text{år}^{-1}$ , hvoraf det danske bidrag udgør ca. 16%.

På landsplan er den samlede tilførsel af handelsgødning faldet fra 392 mill. kg N i 1985 til 285 mill. kg N i 1996. Tilførsel af husdyrgødning er omtrent uændret i samme periode. Nettotilførslen af kvælstof, d.v.s. forskellen mellem tilført og høstet kvælstof, udgjorde 133 kg N  $\text{ha}^{-1}$  i 1985 og 99 kg N  $\text{ha}^{-1}$  i 1996, og er over hele perioden faldet med 19%.

Detaljerede undersøgelser i 6 landovervågningsoplande viser, at der i perioden 1990-96 er sket forbedringer i landbrugspraksis. Overgødskningen er mindsket, og handelsgødningsforbruget er reduceret, således at udnyttelsen af husdyrgødning er forbedret med ca. 15%-point. I 1996 blev minimumskravet til udnyttelse af husdyrgødning dog ikke opfyldt på ca. 40% af ejendommene, som anvendte husdyrgødning, og der blev overgødet på ca. 20% af arealet. Kvælstofudvaskningen fra rodzonen er beregnet med en empirisk model. En beregning for alle markerne i oplandene for de 7 driftsår ved norma-

liseret klima viser en reduktion i udvaskningen på ca. 17% fra 1989/90 til 1995/96.

Udvaskningen af kvælstof fra landbrugsjord udgjorde i perioden 1989-96 mellem 80 og 90% af kvælstoftransporten i de fleste danske vandløb. En analyse af 55 vandløb, hvor der korrigeres for naturlige variationer i vandafstrømningen viser, at den korrigerede kvælstoftransport de sidste 4 år har været lavere end i de 4-5 foregående år. For vandløb på lerjord er kvælstoftransporten i de seneste 4 år også signifikant mindre end i den forudgående 15-års periode.

Modelberegningerne og målingerne viser, at Vandmiljøplanens reduktionsmål for kvælstof ikke er nået med de hidtidige tiltag. Hvis kravene til Handlingsplanen for Bæredygtigt Landbrug vedrørende udnyttelse af husdyrgødning opfyldes, og hvis husdyrgødningen inden for de enkelte ejendomme fordeles optimalt, vil der ske en gennemsnitlig reduktion i udvaskningen på ca. 32% i forhold til 1989/90. Denne reduktion i udvaskningen forudsætter, at handelsgødningsforbruget reduceres med 42%. Scenarieregninger af en forøget anvendelse af græsudlæg og efterafgrøder, samt en 20%'s reduktion i gødningsnormerne peger på, at yderligere tiltag kan bringe udvaskningen ned på niveau med målet i Vandmiljøplanen.

#### **Fosfortilførsel til vandmiljøet**

I 1996 var den samlede tilførsel af fosfor med vandløb og direkte spildevandsudledninger til de kystnære vandområder 1970 tons, hvilket er den lavest målte siden starten af Vandmiljøplanens Overvågningsprogram. Det skyldes dels forbedret spildevandsrensning siden 1980'erne og dels meget ringe vandafstrømning i vandløbene i 1996.

I 1996 kom ca. 15% af den samlede landbaserede tilførsel fra dyrkningsbetingede tab fra landbrug, ca. 76% fra spildevand, mens det naturlige baggrundsbidrag udgjorde ca. 9%. Spildevandsudledningernes betydning for den samlede tilførsel var således høj i 1996 på grund af den ringe vandafstrømning i vandløbene.

Fosfordepositionen fra atmosfæren til De Indre Danske Farvande er estimeret til at være 280 tons P år<sup>-1</sup> eller 8 kg P km<sup>2</sup> år<sup>-1</sup>. Dette svarer til 4% af den samlede fosfortilførsel fra afstrømning fra land og fra atmosfæren.

En analyse af 36 vandløb med lange tidsserier viser et fald i koncentrationen af total fosfor på i gennemsnit ca. 16% i perioden 1978-88 p.g.a. bedre spildevandsrensning. I perioden 1989-96 er der i vandløb, der fortrinsvis er belastet af diffuse fosforudledninger fra det åbne land, beregnet et fald på ca. 10%. Hovedårsagen til dette fald vurderes at være det øgede brug af fosfatfrie vaskemidler, som har reduceret udledningerne af fosfor fra spredt bebyggelse. I de spildevandsbelastede vandløb har faldet været noget større (ca. 28%).

Det diffuse tab af fosfor er nu i mange vandløb den største kilde til fosforforureningen, og koncentrationen af total fosfor er i de fleste danske vandløb stadigvæk over 0,1 mg P l<sup>-1</sup>. En af grundene hertil er,

at der stadig tilføres danske landbrugsjorde mere fosfor end der fjernes med afgrøderne.

En væsentlig reduktion i vandløbenes fosfortransport kan kun ske ved at mindske de landbrugsrelaterede fosforudledninger. På sigt forudsætter dette, at jordens fosforindhold og dermed udvaskningsrisikoen fra landbrugsjorde, reduceres. Andre tiltag som omlægninger i jordbearbejdning og afgrødevalg på særligt erosionstruede marker, etablering af brede bræmmer langs vandløb og søer og af vådområder kan yderligere medvirke til at reducere fosfortilførslen til vandmiljøet.

### **Vandløbenes miljøtilstand**

Der er i alt ca. 64.000 km danske vandløb. Hovedparten er små bække og grøfter, men godt 15.000 km vandløb er mere end 2,5 meter brede.

Vandløbenes miljøtilstand bedømmes ud fra forekomsten af insekter, krebsdyr og andre smådyr i vandløbene. Der anvendes et biologisk indeks, hvor indeksværdier på I, I-II og II viser, at den biologiske tilstand er upåvirket eller næsten upåvirket, indeks II-III viser en moderat påvirkning, mens der i vandløb med indeksværdier på III, III-IV og IV er en stærk påvirkning af den biologiske tilstand.

Af de danske vandløb er 35-40% upåvirkede eller næsten upåvirkede, 30-40% er moderat påvirkede, mens 15-30% er stærkt påvirkede. Miljøtilstanden i små vandløb er generelt dårligere end i større vandløb.

En analyse af udviklingen i vandløbenes miljøtilstand over en længere periode vanskeliggøres af, at de anvendte metoder i amterne ikke er standardiserede. Det skønnes dog, at antallet af kraftigt påvirkede danske vandløb er blevet mere end halveret siden 1970'erne. Forbedringer i miljøtilstanden har siden 1989-90 været mest markant i de større vandløb. Større udbredelse af flere rentvandskrævende smådyr, samt en generel fremgang for ørred bekræfter den generelle forbedring af vandløbenes miljøtilstand.

På landsplan opfylder kun ca. 45% af vandløbene de politisk vedtagne målsætninger. De væsentligste årsager til de manglende målsætningsopfyldelser er udledninger af spildevand fra spredt bebyggelse, ringe fysisk variation i vandløbenes bundforhold og udledninger af okker. Hovedparten af de mange moderat påvirkede vandløb kan forbedres gennem indgreb over for spildevand fra spredt bebyggelse (især mindre vandløb), samt gennem forbedringer af de fysiske forhold. En del af disse vandløb forventes på denne måde at kunne opfylde målsætningen. Der findes dog en del vandløb, hvor potentialet for at opnå en god fysisk variation ikke er til stede, og hvor miljøtilstanden på sigt ikke kan blive bedre end moderat påvirket.

### **Søernes miljøtilstand**

Mange danske søer er gennem det sidste århundrede forsvundet som følge af landbrugets og byernes udvikling. I dag findes der ca.

120.000 søer og damme i Danmark større end 100 m<sup>2</sup>, heraf er 3187 større end 10.000 m<sup>2</sup>.

Fosfortilførslen fra spildevand til søerne er blevet væsentligt reduceret gennem det sidste årti, men den samlede tilførsel er fortsat høj. Den væsentligste kilde til fosfortilførslen er i dag landbruget.

Miljøtilstanden i de danske søer afspejler den høje fosfortilførsel, som medfører mange planktonalger og uklart vand. Siden 1970'erne er antallet af søer med meget høje fosforkoncentrationer og meget uklart vand dog blevet færre, fordi fosfortilførslerne med spildevand er reduceret. Den fulde virkning heraf opnås dog ofte først efter årtiers forløb, når frigivelsen af tidligere tiders ophobet fosfor fra søernes sediment er klinget af. I perioden 1989 til 1996 er der sket en mindre forbedring af miljøtilstanden i omkring halvdelen af de 37 søer, der indgår i det nationale overvågningsprogram.

På landsplan opfylder kun ca. 34% af søerne de politisk vedtagne målsætninger. Scenarieberegninger viser, at man kan opnå en mindre forbedring i tilstanden ved yderligere indgreb over for den resterende spildevandstilførsel til søerne, herunder den spredte bebyggelse. En væsentlig forbedring i de fleste søer forudsætter dog, at fosfortilførslen fra det dyrkede land reduceres

### **Miljøtilstand i fjorde og åbne farvande**

Den ringe afstrømning fra landområderne i vinteren 1995/96 førte generelt til en meget lav belastning med kvælstof til de marine områder i 1996, og dermed til lave kvælstofkoncentrationer i vintermånederne. Fosforkoncentrationerne var i 1996 på niveau eller lavere end årene forud, og set over længere tid er der sket et markant fald i fosforkoncentrationerne.

Sammenfaldende med de lave næringsstoffkoncentrationer blev der i 1996 registreret en markant lavere forekomst af planteplankton i forhold til årene forud. I tråd hermed blev der i stort set alle områder registreret en markant stigning i sigtdybden. I flere områder var primærproduktionen på niveau med det, der blev fundet i 1970'erne.

Udbredelsen af ålegræs og makroalger på lavt vand var i 1996 flere steder reduceret, formentlig som følge af isvinteren 1995/96. Til gengæld havde ålegræsset i flere åbne kystområder en øget maksimal dybdegrænse i 1996 sammenlignet med tidligere, formentlig som følge af den større sigtdybde.

Iltforholdene var i 1996 væsentligt bedre end tidligere, og i de områder, hvor der var iltvind, var den arealmæssige udbredelse og varighed begrænset. Desuden forekom iltvind generelt senere på sæsonen i 1996 end i de foregående år.

Året 1996 kan betragtes som "naturens eget store eksperiment", der viste, at hvis belastningen med kvælstof reduceres til det niveau som er forudsat i Vandmiljøplanen, får man under normale meteorologiske forhold en markant forbedring af miljøtilstanden i de danske farvande.

## Referencer

*Ambus, P. og Hoffmann, C.C. (1990): Kvælstofomsætning og stofbalance i ånære områder. NPo-forskning fra Miljøstyrelsen, Nr. C13, 67 s.*

*Andersen, H.E., Blicher-Mathiesen, G., Grant, R., Bak, J. Berg, P., Kronvang, B., Kjeldsen, K. og Rasmussen, P. (1992): Landovervågningsoplande. Vandmiljøplanens Overvågningsprogram 1991. Danmarks Miljøundersøgelser. Faglig rapport fra DMU, nr. 64.*

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

*Andersen M.S. (1994): Overførsel af husdyrgødning fra disharmoniske landbrug. Notat. Center for samfundsvidenskabelig miljøforskning, Århus Universitet.*

*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).*

*Danmarks Statistik (1993): Brev af 19. maj 1993 vedr. beslutningsreferat angående omregningsfaktorer fra husdyrkatogier til kg udskilt N, P og K ab dyr.*

*Danmarks Statistik (1997): Statistiske efterretninger, Miljø nr. 14, 1997. Husdyrtætheden i 1996.*

*Danmarks Statistik (1997). Landbrugsstatistikken.*

*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 Amt (1992): Kvælstoffjernelse i våde enge. Marginaljordsprojekt 1990-1992. Notat fra Fyns Amt, december 1992.

Fyns Amtskommune (1997): Vandmiljøovervågning - Landovervågning 1996, 80 pp + bilag.

GEUS (1997): Grundvandsovervågning 1997. Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse. Særudgivelse. København.

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, B., Andersen, H.E., Berg, P., Friberg, N., Kronvang, B., Bak, J. & Rasmussen, P. (1993): Vandmiljøplanens Overvågningsprogram 1992. Landovervågningsoplande. Faglig rapport fra DMU, nr. 87.

Grant R., Blicher-Mathiesen G., Andersen H.E., Berg P., Jensen P.G., Laubel A. & Rasmussen P. (1995): Landovervågningsoplande. Vandmiljøplanens Overvågningsprogram 1994. Danmarks Miljøundersøgelser. Faglig rapport fra DMU nr. 141.

Grant, R., Jensen, P.G., Andersen, H.E., Laubel, A.R., Deibjerg, C., Rasmussen, H. & Rasmussen, P. (1996): Landovervågningsoplande. Vandmiljøplanens Overvågningsprogram 1995. Danmarks Miljøundersøgelser. Faglig rapport fra DMU nr. 175.

Grant R., Laubel A., Kronvang B., Andersen H.E., Svendsen L.M. & Fulgsang A. (1996b): Loss of dissolved and particulate phosphorus from arable catchments by subsurface drainage. Water Research 30, 2633-2642.

Grant, R., Laubel, A. & Kronvang, B. (1997): Nedvaskning af fosfor til dræn. Vand og Jord 4, 169-172.

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

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, E. (1990a):* Normtal for økonomisk optimale N-mængder til landbrugsafgrøder. Miljøstyrelsen. 4 pp.
- Hansen, B. (1990b):* Landbrugets gødnings- og arealanvendelse i 1993 og 1989. Npo-forskning fra Miljøstyrelsen nr. A2.
- Hansen G.K. & Svendsen H. (1994):* Modelberegninger og optimering af N-balancer i sædskifter for svinebrug på lerjord. SP rapport nr. 15, 1994, Statens Planteavlsvforsøg.
- Hansen, L. & Pedersen, E.F. (1985):* Drænvandsundersøgelser 1971-74. Tidsskrift for Planteavl 79: 670-688.
- Hansen, S., Jensen, H.E., Nielsen, N.E. & Svendsen, H. (1990):* DAISY - A soil plant system model. - NPo-forskning fra Miljøstyrelsen, nr. A 10. 272 pp.
- Heckrath G., Brookes P.C., Poulton P.R. & Goulding K.W.T. (1995):* Phosphorus leaching from soils containing different phosphorus concentrations in the Broadbalk experiment. J. Environ. Qual. 24, 904-910.
- 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.
- Håndborg for plantedyrkning (1991):* Landskontoret for planteavl.
- Håndborg for plantedyrkning (1992):* Landskontoret for planteavl.
- Håndborg for plantedyrkning (1996):* Landskontoret for planteavl.
- Institute of Hydrology (1993):* Low flow estimation in the United Kingdom. IH report 108. Institute of Hydrology, Wallingford, United Kingdom.
- Jacobsen, O. H. (1993):* The effect of volunteer waste grains and weeds in one-year fallow fields on nitrogen leaching. Results from winter 1992/93. The Danish Institute of Plant and Soil Science (in press).
- Jacobsen, O.S., Larsen, H.V. & Andersen, L. (1990):* Geokemiske processer i et grundvandsmagasin. NPO-forskning fra Miljøstyrelsen, Nr. B10, 45s.

- Jensen, N.H. & Madsen, H.B. (1990):* Jordprofilundersøgelse i Vandmiljøplanens landovervågningsoplande. Statens Planteavlsvforsøg. Afd. for Arealdata for Kortlægning, 17 pp + bilag.
- Klausen, P. S. (1985):* Næringsstofindhold. Gylle. In: Husdyrgødning og dens anvendelse. Statens Planteavlsvforsøg, Beretning nr. S 1809.
- Kronvang, B. & Thyssen, N. (1987):* Transport af kvælstof i vandløb. Vand og Miljø nr. 3: 111-114.
- Kronvang, B. & Bruhn, A.J. (1990):* Overvågningsprogram. Metoder til bestemmelse af stoftransport i vandløb. Miljøministeriet. Danmarks Miljøundersøgelser.
- Kronvang, B., Ærtebjerg, G., Grant, R., Kristensen, P., Hovmand, M. og Kirkegaard, J. (1993):* Nationwide monitoring of nutrients and their ecological effects: State of the Danish aquatic environment. *Ambio* 22: 176-187.
- 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. & Bruhn, A.J. (1996):* Choice of sampling strategy and estimation method for calculating nitrogen and phosphorus transport in small lowland streams. *Hydrological Processes* (in press).
- Kyllingsbæk, A. (1995):* Kvælstofoverskud i dansk landbrug 1950-1959 og 1979-1994. Statens Planteavlsvforsøg, rapport nr. 23.
- Landsudvalget for kvæg (1993):* Fodermiddeltabel 1993. Statens Planteavlsvforsøg, rapport nr. 28.
- Landsudvalget for kvæg (1995):* Fodermiddeltabel 1995. Statens Planteavlsvforsøg, rapport nr. 52.
- Larsen, S.E., Erfurt, J., Græsbøll, P., Kronvang, B., Mortensen, E., Nielsen, C.A., Ovesen, N.B., Paludan, C., Rebsdorf, Aa., Svendsen, L.M. & Nye-gaard, P. (1995):* Vandmiljøplanens Overvågningsprogram 1994. Vandløb og kilder. Danmarks Miljøundersøgelser. - Faglig rapport fra DMU nr. 140.
- Laursen, B. (1987):* Normtal for husdyrgødning. Statens Jordbrugsøkonomiske Institut, rapport nr. 28.
- Laursen B. (1994):* Normtal for husdyrgødning - revideret udgave af rapport nr. 28. Statens Jordbrugsøkonomiske Institut, rapport nr. 82.
- Miljøstyrelsen (1990):* Vandmiljø-90. Redegørelse fra Miljøstyrelsen, nr 1.
- Miljøstyrelsen (1994):* Notat vedrørende indberetning af affaldsprodukter anvendt til jordbrugsformål i 1991 og 1992. 6 sider.
- Miljøstyrelsen (1995):* Jordbrugsmæssig anvendelse af affaldsprodukter i 1993. 7 sider.

*Miljøstyrelsen (1995): Spildevandsslam i 1997. 10 sider.*

*Miljøstyrelsen (1995): Spildevandsslam i 1995. Indlæg på DAKOFA-konference d. 27. januar 1997. Tony Christensen.*

*Miljøstyrelsen (1996): Beregning af landsdækkende behov for N-gødning. Ferskvand og Landbrugskontoret, Miljøstyrelsen, 16. januar 1996. (opdateres årligt).*

*Nordjyllands Amtskommune (1997): Vandmiljøovervågning. Landovervågning 1996 Landbrugsdrift. Udvaskning fra rodzonen. Stoftransport i dræn og vandløb. 110 pp + bilag.*

*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.*

*Olsen P. (1995): Nitratudvaskning fra landbrugsjorde i relation til dyrkning, klima og jord. SP rapport nr. 15, 1995, Statens Planteavlsforsøg.*

*Oversigt over landsforsøgene (1996): Forsøg og undersøgelser i de landøkonomiske foreninger. Landsudvalget for planteavl, 1996. 288 pp.*

*Plantedirektoratet (1997): Sædskifte- og gødningsplaner. Statistik 1995/96. Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri, september 1997. 26 sider.*

*Plantedirektoratet (1995): Redegørelse for udnyttelse af husdyrgødning og udviklingen i landbrugets kvælstofhusholdning. Landbrugs- og Fiskeriministeriet, 15. december 1995.*

*Poulsen, H.D. & Kristensen, V.F. (1997): Normtal for husdyrgødning. En revurdering af danske normtal for husdyrgødningens indhold af kvælstof, fosfor og kalium. Danmarks Jordbrugsforskning. Beretning nr. 736. 165 pp.*

*Rasmussen, P. og Gosk, E. (1990): Vandmiljøplanens overvågningsprogram. Grundvand i landovervågningsoplandene. Danmarks Geologiske Undersøgelse. Intern rapport nr. 47, 1990. 24 sider + bilag.*

*Sibbesen E. (1990): Kvælstof, fosfor og kalium i foder, animalsk produktion og husdyrgødning i dansk landbrug i 1980'erne. Statens Planteavlsforsøg. Tidsskrift for Planteavls Specialserie. Beretning nr. S2054.*

*Sibbesen E. & Runge-Metzger A. (1995): Phosphorus balance in European agriculture - status and policy options. I "Phosphorus in the Global Environment. Transfers, Cycles and Management", SCOPE 54, 43-57. ed. Tiessen H., John Wiley & Sons, Chichester.*

*Sibbesen E. (1996): Ophobning og tab af fosfor. Jord og Viden, 18 (1996), 6-8.*

*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.

*Simmelsgaard, S.E. (1996):* Plantenæringsstoffer i drænvand og jordvand. Statens Planteavlsvforsøg, SP rapport nr. 7, 1996.

*Sommer, S. G. & Christensen B.T. (1990):* NH<sub>3</sub>-fordampning fra handels- og husdyrgødning. NPo-forskning fra Miljøstyrelsen, Nr. A7, 1990.

*Storstrøms Amtskommune (1997):* Landovervågning ved Vesterborg. LOOP 1 - Højvands Rende, 1996. 57 pp + bilag.

*Sønderjyllands Amtskommune (1997):* Vandmiljøovervågning - Landovervågning. Teknisk rapport. 39 pp + bilag.

*Vejle/Århus Amtskommune (1997):* Landovervågning 1996. Horndrup Bæk (LOOP 3). Landbrugsdrift - Næringsudvaskning - stoftransport. 59 pp + bilag.

*Viborg/Ringkøbing Amtskommune (1997):* Vandmiljøovervågning. Landovervågning, 1996. 60 pp + bilag.

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

*Windolf, J. (red.) (1997):* Ferske vandområder - Vandløb og kilder. Vandmiljøplanens Overvågningsprogram 1996. Danmarks Miljøundersøgelser. Faglig rapport fra DMU nr.

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

*Wiggers, L. & Vægter, B. (1997):* Udvaskning af opløst fosfor til vandløb. Vand og Jord 4, 112-115.

*Østergaard, H.S. (1996):* Nitratudvaskning fra landbrugsarealer i Kvadratnettet. Udvikling i nitratudvaskning i perioden 1989-90 til 1994-95. Notat af 29. November 1996 fra Landskontoret for Planteavl, Landbrugets Rådgivningscenter, Skejby.

## Bilag 4.1

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

Analyse-parametre	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

Data til beskrivelse af udviklingstendensen i gødningspraksis til fem afgrødegrupper i perioden fra 1990 til 1996.

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
Handelsgødning (kg N ha <sup>-1</sup> )	132	127	125	123	115	116	100
Husdyrgødning (kg N ha <sup>-1</sup> )	83	88	91	98	100	103	93
Total tildelt (kg N ha <sup>-1</sup> )	215	215	215	220	215	219	193
Effektiv tildelt (kg N ha <sup>-1</sup> )	161	159	158	159	156	159	139
Anbefalet (kg N ha <sup>-1</sup> )	146	147	138	144	151	155	128
Nyttevirkning (%)	34	36	37	38	41	41	42
Udnyttelsesgraden af husdyrgødning (%)	17	22	15	21	36	37	30

## Bilag 5.2

Datagrundlag for opgørelse af tildelte kvælstofmængde i forhold til de anbefalede kvælstofmængder for afgrøder med et gødningsbehov opdelt på fire husdyrtæthedsgrupper og fire bedriftstyper i 1996. Opgørelsen er foretaget i henhold til gældende lovgivning.

	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>	Plante- brug	Kvæg + svin	Kvæg- brug	Svine- brug
Areal (ha)	1218	2222	664	373	1290	318	1890	967
Antal brug	51	53	15	9	53	9	47	19
Dyreenheder	0	2729	1420	1258	6	665	3374	1361
Handelsgødning (kg N ha <sup>-1</sup> )	119	96	97	101	119	83	101	91
Husdyrgødning (kg N ha <sup>-1</sup> )	31	94	164	173	31	186	108	123
Udbinding (kg N ha <sup>-1</sup> )	2	25	32	49	2	17	46	0
Effektiv husdyrgødning (kg N ha <sup>-1</sup> )	13	41	67	65	13	70	42	60
Anbefalet behov (kg N ha <sup>-1</sup> )	130	154	173	166	129	154	176	131
Eff. tildelt gødning - anbf. (kg N ha <sup>-1</sup> )	2	-17	-9	0	3	-1	-33	20
Udnyttelse af Husdyrgødning (%)	35	62	46	38	30	38	70	33

## Bilag 5.3

Markbalance for kvælstof i 1000 tons for hele landet fra 1985 til 1996.

Markbalance for kvælstof i 1000 tons for hele landet fra 1985 til 1996												
Tilført	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
Handelsgødning	392,3	376,3	375,5	361,2	371,2	394,6	389,1	363,7	327,1	320	310,1	285
Husdyrgødning	260,2	258,3	248,3	245,1	243,1	243,5	246,2	251,6	257,5	255,4	252,8	253,7
Slam							6,1	7,1	9,7	4,6	6,7	6,7
N-fixering	37,4	37,3	37,0	35,7	34,4	35,7	33,6	32,2	35,4	32,7	29,6	30,38
Deposition	59,8	59,4	59,1	58,8	58,5	58,8	58,3	58,0	57,8	56,8	57,6	57,0
Ialt	749,65	731,3	719,8	700,8	707,25	732,56	727,15	705,5	677,78	664,93	650,16	626,1
<b>Kvælstofbehov</b>	408,4	401,4	393,9	390,6	405,4	421,8	421,1	406,2	384,1	372,1 <sup>2</sup>	370,2 <sup>2</sup>	332,3 <sup>2</sup>
<b>Fraført</b>												
Høstet	369,7	360,1	339,9	357,6	369,4	407,7	380,4	307,7	357,1	341,4	359,7	358,5
<b>Balance</b>	379,9	371,2	379,9	343,2	337,9	324,9	346,7	397,8	320,7	323,5	290,4	267,6
Udskilt N	309,5	307,2	295,3	291,6	289,2	289,7	292,8	299,3	306,3	303,8	300,7	301,8
NH <sub>3</sub> -fordampning	49,3	48,9	47,0	46,5	46,1	46,2	46,6	47,7	48,8	48,4	47,9	48,1
Husdyrg. lager	260,2	258,3	248,3	245,1	243,1	243,5	246,2	251,6	257,5	255,4	252,8	253,7
Dyrket areal (1000ha)	2847	2830	2814	2800	2786	2798	2776	2760	2750	2706	2744	2714

<sup>1</sup> Handelsgødningsforbruget (*Danmarks Statistik*) er fratrukket 5,8 mio. kg N, som er forbruget til golfbaner, kommunale anlæg m.v.

<sup>2</sup> Kvælstofbehovet for 1994-1996 er opgjort efter Plantedirektoratets normer; for 1994 og 1995 er kvælstofbehovet henholdsvis 370,8 og 387,1 mio. kg N opgjort efter *Hansen (1990)*.

## Bilag 5.4

Markbalancer for kvælstof i kg N/ha for hele landet fra 1985 til 1996.

Markbalancer for kvælstof i kg N/ha for hele landet fra 1985 til 1996												
	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
<b>Tilført</b>												
Handelsgødning	137,8	133,0	133,4	129,0	133,2	141,0	140,2	131,8	118,9	118,3	113,0	105,0
Husdyrgødning	91,4	91,3	88,2	87,6	87,3	87,0	88,7	91,2	93,6	94,4	92,1	93,5
Slam	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,2	2,6	3,5	1,7	2,4	2,5
N-fixering	13,1	13,2	13,1	12,7	12,4	12,7	12,1	11,7	12,9	12,1	10,8	11,2
Deposition	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0
Ialt	263,3	258,4	255,8	250,3	253,9	261,8	261,9	255,6	246,5	245,7	236,9	230,7
<b>Fraført</b>												
Høstet	129,9	127,3	120,8	127,7	132,6	145,7	137,0	111,5	129,8	126,2	131,1	132,1
<b>Balance</b>	133,5	131,2	135,0	122,6	121,3	116,1	124,9	144,1	116,6	119,6	105,8	98,6



## Bilag 5.5

Markbalance for fosfor i 1000 tons for hele landet fra 1980 til 1996

Markbalance for fosfor i 1000 tons P for hele landet fra 1980 til 1996																	
Tilført	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
Handelsgødning	57,1	47,4	44,9	48,5	50,8	47,6	45,1	45,8	40,7	39,2	40,4	37,7	32,2	27,1	22,9	21,4	20,5
Husdyrgødning	50,3	49,6	49,2	49,8	48,1	48,1	48,3	46,8	46,7	46,5	46,2	46,8	48,4	49,5	49,4	48,9	49,1
Slam												3,4	4,6	5,8	3,2	5,0	5,0
I alt i 1000 tons P	107,4	97,0	94,1	98,3	98,9	95,7	93,4	92,6	87,4	85,7	86,6	85,2	85,2	82,4	75,5	75,3	74,6
Fraført																	
Høstet	48,8	51,6	54,7	44,5	60,9	53,9	53,0	48,4	54,1	54,5	62,6	59,2	46,9	53,6	51,1	55,4	53,1
Balance i 1000 tons P	58,6	45,4	39,4	53,8	38,0	42,0	40,4	44,3	33,3	31,2	24,0	28,8	38,3	28,8	24,3	19,9	21,6
Dyrket areal (1000ha)	2896	2890	2879	2832	2844	2847	2830	2814	2800	2786	2798	2776	2760	2750	2706	2744	2714

Handelsgødningsforbruget er fratrukket 1 mio. kg P, som er forbruget til golfbaner offentlige anlæg

## Bilag 5.6

Markbalance for fosfor i kg N/ha for hele landet fra 1980 til 1996

Markbalance for P 1980-1996																	
	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
Tilført																	
Handelsgødning	19,7	16,4	15,6	17,1	17,8	16,7	15,9	16,3	14,5	14,1	14,4	13,6	11,7	9,9	8,5	7,8	7,6
Husdyrgødning	17,4	17,2	17,1	17,6	16,9	16,9	17,1	16,6	16,7	16,7	16,5	16,9	17,5	18,0	18,3	17,8	18,1
Slam												1,2	1,6	2,1	1,2	1,8	1,8
I alt	37,1	33,6	32,7	34,7	34,8	33,6	33,0	32,9	31,2	30,8	31,0	31,7	30,9	30,0	27,9	27,4	27,5
Fraført																	
Høstet	16,9	17,8	19,0	15,7	21,4	18,9	18,7	17,1	19,3	19,5	22,4	21,3	17,0	19,5	18,9	20,2	19,6
Balance i kg P/ha	20,2	15,7	13,7	19,0	13,4	14,8	14,3	15,7	11,9	11,2	8,6	10,4	13,9	10,5	9,0	7,2	7,9
Dyrket areal (1000 ha)	2896	2892	2879	2832	2844	2847	2830	2814	2800	2786	2798	2776	2760	2750	2706	2744	2714

## Bilag 7.1

Afstrømning, N-udvaskning og vandføringsvægtede N (NO<sub>3</sub>-N) koncentrationer som gennemsnit for stationer i oplandene.

Opgørelse på hydrologiske år.

	Afstømning (mm år <sup>-1</sup> )					N udvaskning (kg N ha <sup>-1</sup> år <sup>-1</sup> )					N koncentration (mg N l <sup>-1</sup> )											
	89/90	90/91	91/92	92/93	93/94	94/95	95/96	89/90	90/91	91/92	92/93	93/94	94/95	95/96	89/90	90/91	91/92	92/93	93/94	94/95	95/96	
<b>Lerjorde</b>																						
LOOP 1	90	316	219	121	466	333	0	21	52	40	46	32	67	0	24	17	18	35	7	21	-	
LOOP 4	247	369	351	327	597	609	5	53	50	63	85	92	75	2	22	14	18	26	15	12	-	
LOOP 3	298	496	429	437	723	680	130	139	129	109	134	169	137	15	45	26	27	30	23	20	12	
<b>Sandjorde</b>																						
LOOP 2	273	322	290	262	393	523	135	104	105	148	126	113	102	47	39	32	51	48	29	19	36	
LOOP 5	515	582	646	660	635	672	220	112	123	187	153	103	139	69	22	21	28	23	16	18	31	
LOOP 6	292	592	519	574	737	816	172	96	94	189	208	194	135	35	34	16	36	36	26	17	20	

## Bilag 7.2

### Ejendoms- og markoplysning for stationsmarkerne

Ha = handelsgødning, Hu = husdyrgødning + udbinding, N-fix = kvælstoffixering

DE ha<sup>-1</sup>: baseret på areal med gødningsbehov; dvs. bark undtagen non-food afgrøder er fraregnet

År: henviser til driftår

#### 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 (kg ha <sup>-1</sup> )	N-fix (kg ha <sup>-1</sup> )
						Ha	Hu	Ha	Hu		
101	6	1990	plante	.	Fabriksroer	128.3	.	35.5	.	134.4	2.0
101	6	1991	plante	.	Vårbyg, foderkorn	110.1	.	0.0	.	159.3	2.0
101	6	1992	plante	.	Vinterhvede, foderkorn	201.7	.	23.8	.	183.0	2.0
101	6	1993	plante	.	Fabriksroer	131.2	.	32.8	.	137.3	2.0
102	7	1990	plante	.	Fabriksroer	120.0	.	37.5	.	104.0	2.0
102	7	1991	plante	.	Vårbyg, foderkorn	123.0	.	14.5	.	107.6	2.0
102	7	1992	plante	.	Vinterhvede, foderkorn	159.9	.	18.9	.	106.3	2.0
102	7	1993	plante	.	Fabriksroer	100.8	.	25.2	.	104.0	2.0
102	7	1994	plante	.	Vinterhvede, foderkorn	178.9	.	17.4	.	115.3	2.0
102	7	1995	plante	.	Vinterhvede, foderkorn	172.2	.	20.3	.	139.7	2.0
102	7	1996	plante	.	Fabriksroer	96.0	.	12.0	.	83.2	2.0
103	6	1990	plante	.	Vårbyg, foderkorn	176.5	.	13.1	.	105.8	2.0
103	6	1991	plante	.	Vårbyg, foderkorn	118.1	.	12.5	.	104.0	2.0
103	6	1992	plante	.	Vårbyg, foderkorn	110.1	.	13.6	.	72.2	2.0
103	6	1993	plante	.	Vårbyg, foderkorn	94.5	.	0.0	.	114.9	2.0
103	6	1994	plante	.	Fabriksært	0.0	.	12.0	.	175.2	233.8
103	6	1995	plante	.	Vinterhvede, brød	190.9	.	18.6	.	183.0	2.0
103	6	1996	plante	.	Fabriksroer	113.5	.	33.0	.	101.9	2.0
104	5	1990	svin	0.2	Vinterhvede, foderkorn	292.0	57.8	40.5	4.1	177.1	2.0
104	5	1991	svin	0.1	Markært	0.0	.	0.0	.	205.5	266.0
104	5	1992	svin	0.2	Vinterhvede, foderkorn	172.2	.	20.3	.	186.4	2.0
104	5	1993	svin	0.2	Fabriksroer	130.0	.	39.0	.	129.8	2.0
104	5	1994	svin	0.2	Vårbyg, foderkorn	103.0	.	13.0	.	125.4	2.0
104	5	1995	svin	0.2	Vinterhvede, brød	186.8	.	18.1	.	190.9	2.0
104	5	1996	plante	0.1	Fabriksroer	119.0	.	84.0	.	109.4	2.0
105	6	1990	plante	.	Fabriksroer	99.9	.	28.5	.	105.2	2.0
105	6	1991	plante	.	Vinterhvede, foderkorn	207.8	.	0.0	.	165.3	2.0
105	6	1992	plante	.	Vinterhvede, foderkorn	190.7	.	26.0	.	137.8	2.0
105	6	1993	plante	.	Fabriksroer	105.3	.	36.0	.	124.4	2.0
105	6	1994	plante	.	Vårbyg, foderkorn	86.4	.	0.0	.	106.6	2.0
105	6	1995	plante	.	Vinterhvede, brød	178.2	.	14.0	.	195.1	2.0
105	6	1996	plante	0.1	Fabriksroer	110.5	.	28.0	.	97.8	2.0
106	6	1990	plante	.	Vinterhvede, foderkorn	202.5	.	19.0	.	226.3	2.0
106	6	1991	plante	.	Vinterhvede, foderkorn	189.0	.	34.2	.	191.1	2.0
106	6	1992	plante	.	Fabriksroer	127.2	.	46.1	.	85.7	2.0
106	6	1993	plante	.	Vårbyg, foderkorn	94.5	.	0.0	.	114.9	2.0
106	6	1994	plante	.	Vinterhvede, foderkorn	186.9	.	18.2	.	168.4	2.0
106	6	1995	plante	.	Vårbyg, malt	106.9	.	0.0	.	124.0	2.0
106	6	1996	plante	.	Vårbyg, malt	82.2	.	12.0	.	122.2	2.0
107	7	1993	plante	.	Vårbyg, foderkorn	86.1	.	10.2	.	102.1	2.0
107	7	1994	plante	.	Vinterhvede, foderkorn	177.6	.	17.3	.	175.6	2.0
107	7	1995	plante	.	Fabriksroer	126.4	.	29.2	.	92.8	2.0
107	7	1996	plante	.	Vårbyg, malt	74.0	.	0.0	.	134.0	2.0

LOOP 2

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 (kg ha <sup>-1</sup> )	N-fix (kg ha <sup>-1</sup> )
						Ha	Hu	Ha	Hu		
201	4	1990	kvæg	1.8	Foderroer	108.0	340.4	0.0	54.2	158.4	2.0
201	4	1991	kvæg	2.0	Vårbyg+udlæg, foderkorn	74.0	155.9	0.0	29.4	176.2	4.7
201	4	1992	kvæg	1.9	Vårbyg, foderkorn	74.0	203.6	0.0	39.5	47.4	2.0
201	4	1993	kvæg	1.9	Vårbyg+udlæg, foderkorn	65.8	299.9	0.0	52.4	93.0	4.5
201	4	1994	kvæg	2.2	Foderroer	24.3	461.5	0.0	75.6	134.0	2.0
201	4	1995	kvæg	2.3	Vårbyg+udlæg, foderkorn	87.6	319.4	0.0	52.8	135.2	4.0
201	4	1996	kvæg	3.3	Majs	36.0	379.2	40.0	65.0	207.7	2.0
202	1	1990	kvæg	1.8	Vårbyg+udlæg, foderkorn	82.2	168.5	0.0	30.5	165.6	4.9
202	1	1991	kvæg	2.0	Vårbyg+udlæg, foderkorn	90.4	153.7	0.0	29.2	176.2	4.7
202	1	1992	kvæg	1.9	Anden rodfrugt	54.0	352.0	0.0	66.6	169.8	2.0
202	1	1993	kvæg	1.9	Vårbyg+udlæg, foderkorn	65.8	261.0	0.0	49.0	72.0	5.1
202	1	1994	kvæg	2.2	Markært	0.0	108.6	0.0	17.8	151.6	226.0
202	1	1995	kvæg	2.3	Vinterhvede, foderkorn	86.4	217.4	0.0	36.9	170.6	2.0
202	1	1996	kvæg	3.3	Markært	0.0	92.3	0.0	14.5	26.5	79.0
203	1	1990	svin	1.0	Vårbyg, foderkorn	74.0	.	0.0	.	129.0	2.0
203	1	1991	svin	1.1	Våraps, industri	123.3	.	0.0	.	67.6	2.0
203	1	1992	svin	1.0	Vinterhvede, foderkorn	162.0	139.5	0.0	23.7	106.5	2.0
203	1	1993	svin	1.1	Vårbyg+udlæg, foderkorn	74.3	252.5	0.0	43.6	87.9	4.6
203	1	1994	svin	2.2	Helsæd	67.5	81.4	0.0	13.0	140.5	5.1
203	1	1995	svin	1.5	Markært	0.0	.	14.0	.	121.3	195.5
203	1	1996	svin	1.9	Vinterhvede, foderkorn	78.0	406.8	0.0	99.8	126.5	2.0
204	1	1990	kvæg	2.3	Vårbyg+udlæg, foderkorn	90.4	131.8	0.0	23.7	145.6	4.7
204	1	1991	kvæg	2.2	Kløvergræs	191.6	248.3	6.0	40.6	177.6	53.6
204	1	1992	kvæg	1.6	Kløvergræs	251.1	229.1	13.2	33.3	159.8	51.6
204	1	1993	kvæg	1.6	Vårbyg+udlæg, foderkorn	89.8	144.1	0.0	17.3	81.1	4.9
204	1	1994	kvæg	2.7	Foderroer	54.0	181.6	0.0	26.5	256.8	2.0
204	1	1995	kvæg	2.1	Vårbyg+udlæg, foderkorn	113.8	155.5	0.0	30.6	97.3	4.0
204	1	1996	kvæg	2.8	Vårbyg+udlæg, foderkorn	65.8	78.1	0.0	15.7	134.0	2.0
205	3	1990	kvæg	1.3	Græs til slet	402.3	218.7	10.4	28.0	435.2	83.4
205	3	1991	kvæg	1.3	Foderroer	94.5	385.8	0.0	63.5	172.4	2.0
205	3	1992	kvæg	1.1	Markært	0.0	.	12.0	.	104.4	174.6
205	3	1993	kvæg	1.1	Vinterhvede, foderkorn	148.5	97.7	0.0	13.5	170.9	2.0
205	3	1994	kvæg	1.1	Vårbyg+udlæg, foderkorn	161.2	104.8	10.0	13.0	142.4	5.1
205	3	1995	kvæg	1.1	Foderroer	122.4	295.9	4.4	41.3	115.7	2.0
205	3	1996	kvæg	1.6	Markært	0.0	.	16.0	.	117.9	175.7
206	1	1990	kvæg	1.7	Vinterhvede, foderkorn	183.6	.	5.6	.	111.9	2.0
206	1	1991	kvæg	1.6	Våraps, industri	121.5	121.0	0.0	15.4	63.9	2.0
206	1	1992	kvæg	1.6	Vårbyg, foderkorn	47.3	108.0	0.0	15.2	38.3	2.0
206	1	1993	kvæg	1.6	Markært	0.0	134.0	0.0	19.5	134.8	205.1
206	1	1994	kvæg	1.9	Udyrket Brak	0.0	.	0.0	.	0.0	2.0
206	1	1995	kvæg	1.4	Vinterhvede, foderkorn	113.0	134.0	14.5	20.0	165.0	2.0
206	1	1996	kvæg	2.4	Vårbyg+udlæg, foderkorn	96.0	105.2	0.0	16.4	174.0	4.0

LOOP 3

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 (kg ha <sup>-1</sup> )	N-fix (kg ha <sup>-1</sup> )
						Ha	Hu	Ha	Hu		
301	6	1990	kvæg	0.5	Vinterhvede, foderkorn	163.5	.	0.0	.	191.9	2.0
301	6	1991	kvæg	1.3	Vinterbyg+udlæg, foderkorn	135.0	145.7	0.0	18.2	201.0	4.5
301	6	1992	kvæg	1.3	Græs til afgræsning	183.6	199.2	24.0	25.3	229.4	60.4
301	6	1993	kvæg	1.4	Vinterhvede, foderkorn	119.0	.	0.0	.	206.8	2.0
301	6	1994	kvæg	1.5	Vinterbyg+udlæg, foderkorn	141.8	128.1	0.0	17.6	150.0	2.0
301	6	1995	kvæg	1.3	Græs til afgræsning+slet, 0-10	138.0	100.8	0.0	12.7	220.5	76.3
301	6	1996	kvæg	1.3	Vinterhvede, foderkorn	114.8	93.0	0.0	33.5	167.3	2.0
302	6	1990	kvæg	1.3	Vårbyg+udlæg, foderkorn	98.6	.	0.0	.	192.1	4.6
302	6	1991	kvæg	1.7	Kløvergræs	216.0	173.8	0.0	9.1	266.4	63.4
302	6	1992	kvæg	1.2	Kløvergræs	189.0	187.6	0.0	12.0	230.9	59.5
302	6	1993	kvæg	1.2	Græs til afgræsning+slet, 0-10	140.4	237.1	14.3	10.5	0.0	61.5
302	6	1994	kvæg	1.2	Vinterhvede, foderkorn	190.1	.	19.4	.	149.0	2.0
302	6	1995	kvæg	1.2	Vinterbyg, foderkorn	164.8	.	20.8	.	139.2	2.0
302	6	1996	kvæg	1.2	Vårbyg, foderkorn	87.6	.	11.0	.	130.1	2.0
303	6	1990	svin	0.5	Vinterhvede, foderkorn	184.5	.	21.8	.	133.8	2.0
303	6	1991	svin	0.5	Vinterbyg, foderkorn	168.0	.	31.2	.	135.0	2.0
303	6	1992	svin	0.7	Vårbyg+udlæg, foderkorn	84.0	.	15.6	.	67.4	2.0
303	6	1993	svin	1.2	Frøgræs	121.5	327.6	0.0	78.0	63.6	35.7
303	6	1994	svin	1.4	Rentgræs	0.0	.	0.0	.	0.0	34.0
303	6	1995	svin	1.5	Vårbyg, malt	92.0	.	0.0	.	145.1	2.0
303	6	1996	svin	1.4	Vårbyg, foderkorn	78.0	.	0.0	.	110.4	2.0
304	7	1990	plante	.	Vinterraps, industri	206.1	.	23.2	.	150.3	2.0
304	7	1991	plante	.	Vinterhvede, foderkorn	178.5	.	33.2	.	157.4	2.0
304	7	1992	plante	.	Vårbyg, foderkorn	126.9	.	25.7	.	42.1	2.0
304	7	1993	plante	.	Vinterhvede, foderkorn	169.1	.	27.5	.	103.4	2.0
304	7	1994	plante	.	Vinterhvede, foderkorn	205.9	.	30.1	.	103.4	2.0
304	7	1995	plante	.	Vinterbyg, foderkorn	141.9	.	19.4	.	73.0	2.0
304	7	1996	plante	.	Vinterbyg, foderkorn	129.8	.	16.4	.	82.1	2.0
305	6	1990	kvæg+svin	1.1	Vinterhvede, foderkorn	0.0	69.3	0.0	16.5	84.6	2.0
305	6	1991	kvæg+svin	2.3	Udyrket Brak	0.0	36.5	0.0	12.0	0.0	2.0
305	6	1992	kvæg+svin	1.0	Vårbyg, foderkorn	0.0	.	0.0	.	16.4	2.0
305	6	1993	kvæg	0.4	Spildkorn	0.0	.	0.0	.	0.0	2.0
305	6	1994	kvæg	0.4	Frilandsgrønsager	0.0	100.8	0.0	24.0	0.0	2.0
305	6	1995	kvæg	0.5	Frilandsgrønsager	0.0	.	0.0	.	0.0	2.0
305	6	1996	kvæg	1.0	Vårhvede, brød	0.0	81.8	0.0	29.5	63.2	2.0
306	6	1990	kvæg	2.7	Skov	0.0	.	0.0	.	0.0	2.0
306	6	1991	kvæg	2.7	Skov	0.0	.	0.0	.	0.0	2.0
306	6	1992	kvæg	1.4	Skov	0.0	.	0.0	.	0.0	2.0
306	6	1993	kvæg	0.9	Skov	0.0	.	0.0	.	0.0	2.0
306	6	1994	plante	0.1	Skov	0.0	.	0.0	.	0.0	2.0
306	6	1995	plante	.	Skov	0.0	.	0.0	.	0.0	2.0

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 (kg ha <sup>-1</sup> )	N-fix (kg ha <sup>-1</sup> )
						Ha	Hu	Ha	Hu		
401	7	1990	plante	.	Foderroer	0.0	.	0.0	.	254.6	2.0
401	7	1991	plante	.	Fodermajs	180.9	.	31.7	.	242.8	2.0
401	7	1992	plante	.	Fodermajs	181.4	.	53.8	.	225.5	2.0
401	7	1993	plante	.	Fodermajs	189.6	.	53.0	.	161.8	2.0
401	7	1994	plante	.	Majs	170.0	.	71.9	.	202.3	2.0
401	7	1995	plante	.	Vårbyg, malt	106.9	.	0.0	.	118.6	2.0
401	7	1996	plante	.	Majs	66.0	209.6	22.7	36.4	234.7	2.0
402	6	1990	svin	0.7	Vinterhvede, foderkorn	172.2	.	18.2	.	177.1	2.0
402	6	1991	svin	0.7	Vårbyg+udlæg, foderkorn	108.0	.	17.6	.	97.3	2.0
402	6	1992	svin	0.6	Kløverfrø	0.0	.	0.0	.	0.0	202.0
402	6	1993	svin	0.6	Vinterhvede, brød	181.9	.	11.9	.	162.5	2.0
402	6	1994	svin	0.9	Vårbyg+udlæg, foderkorn	82.6	.	25.8	.	107.5	204.0
402	6	1995	svin	0.8	Markært	0.0	.	27.1	.	158.3	225.7
402	6	1996	svin	0.9	Vinterhvede, foderkorn	57.8	98.8	0.0	19.0	169.2	2.0
403	6	1990	svin	0.7	Vinterhvede, foderkorn	159.2	182.5	6.5	62.5	206.8	2.0
403	6	1991	svin	0.7	Vårbyg, foderkorn	101.3	.	0.0	.	82.1	2.0
403	6	1992	svin	0.6	Vinterraps, industri	164.8	.	19.4	.	146.6	2.0
403	6	1993	svin	0.6	Vinterhvede, brød	135.0	170.1	0.0	40.5	210.8	2.0
403	6	1994	svin	0.9	Vinterbyg, foderkorn	170.4	.	23.2	.	114.8	2.0
403	6	1995	svin	0.8	Vinterraps, industri	174.6	204.3	9.5	51.0	120.3	2.0
403	6	1996	svin	0.9	Vinterhvede, foderkorn	59.5	368.8	0.0	106.0	159.4	2.0
404	6	1990	plante	.	Våraps, industri	164.4	.	28.2	.	104.5	2.0
404	6	1991	plante	.	Vinterhvede, foderkorn	166.1	.	17.5	.	155.5	2.0
404	6	1992	plante	.	Vårbyg, foderkorn	106.9	.	0.0	.	78.2	2.0
404	6	1993	plante	.	Vinterbyg, foderkorn	162.4	88.2	19.1	21.0	127.8	2.0
404	6	1994	plante	.	Vinterraps, industri	163.7	.	8.0	.	109.0	2.0
404	6	1995	plante	.	Vinterhvede, brød	168.0	.	16.0	.	195.6	2.0
404	6	1996	plante	.	Vinterhvede, foderkorn	158.4	.	13.2	.	119.9	2.0
405	6	1990	plante	.	Vårbyg, foderkorn	106.9	.	25.1	.	154.2	2.0
405	6	1991	plante	.	Markært	0.0	.	33.0	.	117.9	187.6
405	6	1992	plante	.	Vinterhvede, foderkorn	174.3	.	32.4	.	229.6	2.0
405	6	1993	plante	.	Vinterhvede, foderkorn	186.9	.	34.7	.	190.6	2.0
405	6	1994	plante	.	Fabriksroer	162.2	.	36.9	.	208.9	2.0
405	6	1995	plante	.	Vårbyg, foderkorn	116.7	.	21.5	.	122.1	2.0
405	6	1996	plante	.	Våraps, biobrændsel	134.3	.	45.1	.	248.0	2.0
406	6	1990	kvæg	1.4	Fodermajs	94.5	249.6	8.8	31.2	310.2	2.0
406	6	1991	kvæg	1.6	Fodermajs	122.5	222.2	27.7	30.1	310.2	2.0
406	6	1992	kvæg	1.5	Fodermajs	69.9	312.0	17.0	39.0	256.2	2.0
406	6	1993	kvæg	1.2	Vinterhvede, brød	134.2	192.0	0.0	24.0	196.8	2.0
406	6	1994	kvæg	1.4	Vinterhvede, foderkorn	159.3	120.0	0.0	15.0	214.3	2.0
406	6	1995	kvæg	1.5	Vinterhvede, foderkorn	135.0	52.8	0.0	6.6	196.8	2.0
406	6	1996	kvæg	1.3	Vinterhvede, foderkorn	117.5	99.4	0.0	12.4	154.8	2.0

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 (kg ha <sup>-1</sup> )	N-fix (kg ha <sup>-1</sup> )
						Ha	Hu	Ha	Hu		
501	1	1990	kvæg	0.8	Vinterhvede, foderkorn	136.5	.	26.0	.	124.0	2.0
501	1	1991	kvæg	0.7	Kartofler, spise	168.8	132.6	0.0	30.8	105.9	2.0
501	1	1992	kvæg	0.8	Vårbyg+udlæg, foderkorn	131.5	86.6	16.0	3.8	93.3	4.4
501	1	1993	kvæg	0.8	Markært	0.0	145.2	18.0	18.2	33.7	106.9
501	1	1994	kvæg	0.8	Korn, ærter modenhed	148.9	89.6	14.4	11.0	216.2	90.7
501	1	1995	kvæg	0.8	Græs til afgræsning, 11-30pct	174.2	140.5	14.3	17.8	238.3	76.3
501	1	1996	kvæg	0.7	Græs til afgræsning, 0-10pct.	164.7	215.8	9.9	22.2	159.0	2.0
502	1	1990	kvæg	0.8	Markært	0.0	.	20.0	.	134.8	189.8
502	1	1991	kvæg	0.7	Vinterrug	147.0	.	28.0	.	71.6	2.0
502	1	1992	kvæg	0.8	Anden rodfrugt	183.4	348.3	0.0	68.1	121.8	2.0
502	1	1993	kvæg	0.8	Markært	0.0	.	18.0	.	67.4	136.8
502	1	1994	kvæg	0.8	Vinterhvede, foderkorn	168.8	.	6.0	.	122.0	2.0
502	1	1995	kvæg	0.8	Vårbyg, foderkorn	119.2	175.9	8.0	22.8	106.2	2.0
502	1	1996	kvæg	0.7	Vårbyg, ærtehelssæd	337.5	108.4	8.0	15.8	121.2	61.2
503	1	1990	kvæg	0.6	Kartofler, spise	118.9	.	29.0	.	45.9	2.0
503	1	1991	kvæg	0.7	Vårbyg+udlæg, foderkorn	158.4	.	14.4	.	27.4	4.0
503	1	1992	kvæg	0.7	Kartofler, spise	148.0	144.6	40.0	20.4	127.1	2.0
503	1	1993	kvæg	0.8	Vårbyg+udlæg, foderkorn	118.4	.	21.6	.	97.3	2.0
503	1	1994	kvæg	0.5	Kartofler, spise	166.0	142.7	126.0	20.0	127.1	2.0
503	1	1995	kvæg	0.6	Vårbyg, foderkorn	133.2	.	0.0	.	102.4	2.0
504	1	1990	kvæg	1.8	Anden rodfrugt	175.5	309.2	0.0	53.7	134.0	2.0
504	1	1991	kvæg	1.9	Helsæd	225.7	85.3	28.0	0.8	244.1	6.7
504	1	1992	kvæg	2.2	Kartofler, spise	251.3	.	40.0	.	151.8	2.0
504	1	1993	kvæg	1.4	Vårbyg+udlæg, foderkorn	111.0	127.2	0.0	10.2	111.9	4.0
504	1	1994	kvæg	1.3	Korn, ærter modenhed	236.5	209.0	13.2	14.8	145.7	79.8
504	1	1995	plante	.	Kartofler, spise	139.7	.	40.0	.	121.8	2.0
504	1	1996	plante	.	Vårbyg, foderkorn	106.9	173.3	0.0	27.9	110.3	2.0
505	1	1990	plante	0.1	Markært	0.0	.	21.8	.	67.4	133.4
505	1	1991	kvæg	0.1	Vinterbyg, foderkorn	160.7	.	30.6	.	49.2	2.0
505	1	1992	kvæg	0.3	Kartofler, spise	164.4	.	36.0	.	88.2	2.0
505	1	1993	kvæg	0.4	Vinterbyg, foderkorn	194.4	.	19.8	.	97.3	2.0
505	1	1994	kvæg	0.4	Vårbyg, foderkorn	154.4	.	17.3	.	98.4	2.0
505	1	1995	kvæg	0.5	Kartofler, spise	166.7	.	32.2	.	111.2	2.0
505	1	1996	kvæg	0.4	Vårbyg, foderkorn	124.7	.	17.8	.	97.3	2.0
506	1	1990	plante	.	Vårbyg+udlæg, foderkorn	138.8	.	28.8	.	105.8	2.0
506	1	1991	plante	.	Kartofler, spise	207.5	.	40.0	.	139.8	2.0
506	1	1992	plante	.	Markært	0.0	.	20.0	.	121.3	190.4
506	1	1993	plante	.	Vinterhvede, foderkorn	218.0	.	140.0	.	206.8	2.0
506	1	1994	plante	.	Vårbyg, foderkorn	131.5	.	0.0	.	119.4	2.0
506	1	1995	plante	.	Kartofler, spise	188.5	.	0.0	.	158.8	2.0
506	1	1996	plante	.	Vårbyg, malt	124.9	.	16.0	.	98.5	2.0
507	1	1990	plante	.	Vårbyg, foderkorn	145.6	.	27.2	.	52.9	2.0
507	1	1991	plante	.	Vårbyg, foderkorn	170.3	.	13.8	.	40.1	2.0
507	1	1992	plante	.	Vårbyg, foderkorn	142.5	.	16.0	.	75.5	2.0
507	1	1993	plante	.	Vårbyg, malt	149.7	.	69.9	.	108.6	2.0
507	1	1994	plante	.	Kartofler, spise	229.6	.	0.0	.	158.8	2.0
507	1	1995	plante	.	Vårbyg, malt	133.2	.	0.0	.	82.1	2.0
507	1	1996	plante	.	Vårbyg, malt	124.9	.	16.0	.	91.2	2.0
508	1	1990	plante	.	Vårbyg, foderkorn	149.2	.	27.0	.	69.3	2.0
508	1	1991	plante	.	Vårbyg, foderkorn	141.0	.	27.0	.	52.9	2.0
508	1	1992	plante	.	Kartofler, spise	176.0	.	40.0	.	43.1	2.0
508	1	1993	plante	.	Udyrket Brak	0.0	.	0.0	.	0.0	2.0
508	1	1994	plante	.	Vinterbyg, foderkorn	163.0	.	25.0	.	45.0	2.0
508	1	1995	plante	.	Udyrke t Brak	0.0	.	0.0	.	0.0	2.0
508	1	1996	plante	.	Kartofler, industri	156.2	.	21.0	.	52.9	2.0



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 (kg ha <sup>-1</sup> )	N-fix (kg ha <sup>-1</sup> )
						Ha	Hu	Ha	Hu		
601	1	1990	svin	3.3	Vinterbyg, foderkorn	121.5	213.8	0.0	54.0	127.7	2.0
601	1	1991	kvæg+svin	2.8	Markært	0.0	24.2	0.0	3.5	141.5	209.9
601	1	1992	svin	2.9	Vinterhvede, foderkorn	67.5	208.2	0.0	52.5	80.1	2.0
601	1	1993	kvæg+svin	2.4	Vårraps, industri	106.9	176.7	0.0	60.6	82.7	2.0
601	1	1994	kvæg+svin	2.2	Vinterhvede, foderkorn	54.0	261.8	0.0	66.0	188.3	2.0
601	1	1995	kvæg+svin	1.6	Vinterbyg, foderkorn	68.9	238.0	0.0	60.0	128.5	2.0
601	1	1996	kvæg+svin	1.5	Vårbyg, foderkorn	47.5	138.2	0.0	33.8	108.6	2.0
602	5	1990	kvæg	1.3	Kløvergræs-slet	178.4	.	18.8	.	261.9	64.4
602	5	1991	kvæg	1.3	Vårbyg, foderkorn	158.1	.	14.7	.	136.7	2.0
602	5	1992	kvæg	1.3	Vinterhvede, foderkorn	172.5	.	19.0	.	183.5	2.0
602	5	1993	kvæg	1.3	Foderroer	97.2	420.8	9.9	75.1	170.6	2.0
602	5	1994	kvæg	1.8	Fodermajs	79.5	256.8	24.0	50.4	256.2	2.0
602	5	1995	kvæg	1.7	Fodermajs	93.0	162.9	23.0	35.7	269.7	2.0
602	5	1996	kvæg	1.6	Vårbyg, foderkorn	48.0	131.5	0.0	20.3	125.4	2.0
603	1	1990	kvæg	1.3	Græs til slet	209.1	.	22.1	.	253.9	62.8
603	1	1991	kvæg	1.3	Kløvergræs, afgr., slet	205.2	175.5	11.2	23.7	173.3	55.6
603	1	1992	kvæg	1.3	Vårbyg, foderkorn	102.7	.	0.0	.	73.0	2.0
603	1	1993	kvæg	1.3	Vinterhvede, foderkorn	121.5	101.2	0.0	12.1	160.7	2.0
603	1	1994	kvæg	1.8	Foderroer	135.0	300.1	0.0	60.8	182.8	2.0
603	1	1995	kvæg	1.7	Korn, ærter modenhed	40.5	213.1	0.0	36.0	209.4	83.3
603	1	1996	kvæg	1.6	Græs til afgræsning, 11-30pct	223.5	340.2	16.5	35.1	204.2	71.4
604	1	1990	kvæg	1.4	Vårbyg+udlæg, foderkorn	94.5	.	0.0	.	203.6	4.9
604	1	1991	kvæg	2.0	Vårbyg, foderkorn	81.0	49.0	0.0	0.4	97.3	2.0
604	1	1992	kvæg	1.1	Vårhvede, foderkorn	33.8	114.0	0.0	10.0	78.7	2.0
604	1	1993	kvæg	1.3	Fodermajs	27.0	268.0	0.0	47.3	242.8	2.0
604	1	1994	kvæg	1.3	Fodermajs	57.0	309.9	34.1	67.1	269.7	2.0
604	1	1995	kvæg	1.7	Vårbyg+udlæg, foderkorn	105.1	243.6	0.0	32.1	126.0	4.0
604	1	1996	kvæg	1.3	Græs til afgræsning, 0-10pct.	145.8	216.6	0.0	22.3	190.8	2.0
605	1	1990	kvæg	3.1	Helsæd	219.8	120.3	8.7	15.3	142.2	2.0
605	1	1991	kvæg	3.8	Græs til slet	283.5	376.2	0.0	47.9	290.2	66.9
605	1	1992	kvæg	1.7	Græs til slet	294.5	178.6	0.0	22.7	126.9	48.4
605	1	1993	kvæg	1.4	Sletgræs, 0-10pct.kløver	243.0	188.1	0.0	23.9	216.8	64.3
605	1	1994	kvæg	1.6	Korn, ærter modenhed	119.6	120.5	0.0	15.4	149.2	80.1
605	1	1995	kvæg	1.7	Korn, ærter modenhed	112.2	228.6	0.0	30.4	168.9	75.7
605	1	1996	kvæg	1.3	Vårbyg, helsæd	81.0	65.2	0.0	9.7	141.8	2.0
606	1	1990	svin	0.3	Vårbyg, foderkorn	90.4	.	13.3	.	127.7	2.0
606	1	1991	svin	0.3	Vårbyg, foderkorn	82.2	139.6	7.6	34.0	109.3	2.0
606	1	1992	svin	0.3	Vårbyg, foderkorn	90.4	.	14.0	.	51.1	2.0
606	1	1993	svin	0.3	Vårbyg, foderkorn	106.9	.	12.0	.	89.3	2.0
606	1	1994	svin	0.3	Vårraps, industri	52.0	232.3	0.0	37.6	82.7	2.0
606	1	1995	svin	0.3	Vinterhvede, brød	75.6	201.6	0.0	48.0	147.6	2.0
606	1	1996	plante	.	Vinterbyg, foderkorn	75.3	163.8	0.0	26.4	107.5	2.0
607	1	1990	kvæg	1.0	Græs til slet	198.6	.	9.6	.	217.6	58.7
607	1	1991	kvæg+svin	1.3	Rent græs	183.6	130.5	13.6	15.3	176.7	55.3
607	1	1992	kvæg	1.0	Vårbyg, foderkorn	32.4	172.3	3.3	17.8	73.4	2.0
607	1	1993	kvæg	1.0	Foderroer	110.1	594.8	2.3	154.6	188.8	2.0
607	1	1994	kvæg	1.3	Vårbyg+udlæg, foderkorn	0.0	195.6	0.0	54.9	113.2	4.8
607	1	1995	kvæg	1.3	Græs til afgræsning, 0-10pct.	212.7	108.2	10.3	13.7	222.6	2.0
607	1	1996	kvæg	1.3	Græs til afgræsning+slet, 0-10	276.2	184.3	19.1	19.0	157.5	2.0
608	1	1990	kvæg	1.4	Græs til slet	135.0	.	11.4	.	253.9	62.8
608	1	1991	kvæg	1.5	Rent græs	110.0	360.2	6.0	46.9	224.8	61.1
608	1	1992	kvæg	1.3	Vinterhvede, foderkorn	162.0	.	0.0	.	114.1	2.0
608	1	1993	kvæg	1.6	Fodermajs	98.7	196.0	34.1	28.0	202.3	2.0
608	1	1994	kvæg	2.2	Korn, ærter modenhed	118.8	199.6	6.6	25.2	179.1	89.9
608	1	1995	kvæg	1.9	Græs til afgræsning+slet, 0-10	351.0	145.0	0.0	18.4	252.0	81.2
608	1	1996	kvæg	1.9	Græs til afgræsning+slet, 0-10	304.8	129.4	0.0	17.4	220.5	2.0

## Bilag 7.3

Nedbør, vanding, afstrømning samt N (NO<sub>3</sub>-N) og P (PO<sub>4</sub>-P) udvaskning fra rodzonen for 1989/90 - 1995/96. Opgørelse på hydrologiske år.

### LOOP 1

st	år	nedbør mm	afst. mm	Vand mm	N-udv. kg N/ha	P-udv. kg P/ha
101	8990	598	138	.	44	0,325
101	9091	799	317	.	61	1,037
101	9192	656	230	.	42	0,758
102	8990	598	120	.	12	0,009
102	9091	799	312	.	11	0,027
102	9192	656	224	.	17	0,018
102	9293	553	177	.	104	0,013
102	9394	953	518	.	5	0,028
102	9495	971	326	.	79	0,052
102	9596	411	0	.	0	0,000
103	8990	598	48	.	12	0,003
103	9091	799	258	.	44	0,022
103	9192	656	217	.	27	0,018
103	9293	553	104	.	32	0,000
103	9394	953	464	.	87	0,017
103	9495	971	308	.	59	0,024
103	9596	411	0	.	0	0,000
104	8990	598	30	.	8	0,007
104	9091	799	354	.	65	0,029
104	9192	656	201	.	63	0,016
104	9293	553	100	.	54	0,011
104	9394	953	485	.	6	0,030
104	9495	971	319	.	50	0,039
104	9596	411	0	.	1	0,000
105	8990	598	110	.	26	0,008
105	9091	799	345	.	20	0,027
105	9192	656	203	.	18	0,015
105	9293	553	133	.	30	0,016
105	9394	953	443	.	5	0,013
105	9495	971	292	.	60	0,026
105	9596	411	0	.	0	0,000
106	8990	598	94	.	26	0,523
106	9091	799	311	.	109	1,482
106	9192	656	242	.	70	1,064
106	9293	553	89	.	9	0,150
106	9394	953	419	.	56	1,504
106	9495	971	270	.	83	1,004
106	9596	411	0	.	0	0,000
107	9495	971	480	.	71	0,049
107	9596	411	10	.	2	0,000

**LOOP 2**

st	år	nedbør mm	afst. mm	Vand mm	N-udv. kg N/ha	P-udv. kg P/ha
201	8990	640	180	.	73	0,018
201	9091	711	274	.	45	0,038
201	9192	671	250	.	92	0,008
201	9293	533	204	.	79	0,014
201	9394	757	346	.	73	0,017
201	9495	1020	483	.	87	0,26
201	9596	507	82	.	33	0,006
202	8990	640	257	.	94	0,026
202	9091	711	320	.	119	0,055
202	9192	671	277	.	172	0,020
202	9293	533	264	.	96	0,072
202	9394	757	386	.	121	0,034
202	9495	1020	530	.	148	0,047
202	9596	507	144	.	94	0,041
203	8990	640	257	.	154	0,026
203	9091	711	347	.	204	0,048
203	9192	671	297	.	159	0,013
203	9293	533	272	.	164	0,024
203	9394	757	395	.	143	0,027
203	9495	1020	511	.	109	0,039
203	9596	507	130	.	61	0,028
204	8990	640	267	.	93	0,027
204	9091	711	311	.	65	0,040
204	9192	671	287	.	152	0,012
204	9293	533	269	.	128	0,009
204	9394	757	402	.	152	0,016
204	9495	1020	539	.	158	0,021
204	9596	507	140	.	23	0,082
205	8990	640	328	70	72	0,055
205	9091	711	337	.	118	0,078
205	9192	671	321	.	141	0,015
205	9293	533	284	160	131	0,010
205	9394	757	421	90	61	0,086
205	9495	1020	547	.	31	0,019
205	9596	507	175	.	25	0,078
206	8990	640	348	.	137	0,035
206	9091	711	343	.	76	0,047
206	9192	671	304	.	174	0,011
206	9293	533	279	.	158	0,017
206	9394	757	407	.	127	0,016
206	9495	1020	528	.	76	0,017
206	9596	507	139	.	46	0,011

LOOP 3

st	år	nedbør mm	afst. mm	Vand mm	N-udv. kg N/ha	P-udv. kg P/ha
301	8990	740	334	.	279	0,065
301	9091	945	482	.	258	0,562
301	9192	804	380	.	146	0,297
301	9293	788	449	.	245	0,248
301	9394	1105	694	.	248	0,425
301	9495	1144	655	.	104	0,072
301	9596	494	136	.	6	0,036
302	8990	740	300	.	169	0,062
302	9091	945	483	.	174	0,116
302	9192	804	405	.	141	0,106
302	9293	788	455	.	246	0,032
302	9394	1105	759	.	377	0,075
302	9495	1144	691	.	155	0,083
302	9596	494	110	.	14	0,014
303	8990	740	288	.	114	0,028
303	9091	945	484	.	60	0,075
303	9192	804	414	.	64	0,043
303	9293	788	401	.	24	0,037
303	9394	1105	708	.	23	0,096
303	9495	1144	679	.	11	0,064
303	9596	494	135	.	18	0,006
304	8990	740	268	.	73	0,030
304	9091	945	526	.	118	0,080
304	9192	804	403	.	137	0,019
304	9293	788	425	.	106	0,017
304	9394	1105	698	.	99	0,030
304	9495	1144	662	.	82	0,073
304	9596	494	120	.	17	0,008
305	8990	740	302	.	62	0,026
305	9091	945	506	.	33	0,044
305	9192	804	544	.	59	0,045
305	9293	788	454	.	47	0,033
305	9394	1105	757	.	99	0,054
305	9495	1144	696	.	323	0,048
305	9596	494	151	.	20	0,046

LOOP 4

st	år	nedbør mm	afst. mm	Vand mm	N-udv. kg N/ha	P-udv. kg P/ha
401	8990	711	267	.	32	0,160
401	9091	857	414	.	16	0,166
401	9192	789	387	.	50	0,093
401	9293	718	351	.	57	0,083
401	9394	1078	651	.	110	0,183
401	9495	1103	634	.	68	0,195
401	9596	396	21	.	2	0,005
402	8990	711	266	.	27	0,107
402	9091	857	367	.	38	0,045
402	9192	789	343	.	28	0,032
402	9293	718	352	.	74	0,031
402	9394	1078	593	.	97	0,056
402	9495	1103	604	.	39	0,065
402	9596	396	10	.	1	0,001
403	8990	711	240	.	127	0,097
403	9091	857	372	.	34	0,018
403	9192	789	332	.	24	0,020
403	9293	718	314	.	52	0,030
403	9394	1078	573	.	112	0,039
403	9495	1103	617	.	134	0,033
403	9596	396	0	.	7	0,002
404	8990	711	223	.	42	0,088
404	9091	857	322	.	63	0,027
404	9192	789	333	.	46	0,019
404	9293	718	305	.	79	0,021
404	9394	1078	546	.	63	0,029
404	9495	1103	603	.	88	0,030
404	9596	396	0	.	0	0,000
405	8990	711	242	.	32	0,102
405	9091	857	356	.	64	0,033
405	9192	789	353	.	94	0,026
405	9293	718	321	.	72	0,029
405	9394	1078	620	.	79	0,033
405	9495	1103	610	.	31	0,031
405	9596	396	18	.	3	0,001
406	8990	711	246	.	54	0,103
406	9091	857	380	.	85	0,047
406	9192	789	359	.	138	0,023
406	9293	718	320	.	174	0,043
406	9394	1078	599	.	91	0,038
406	9495	1103	588	.	91	0,000
406	9596	396	0	.	0	0,047

LOOP 5

st	år	nedbør mm	afst. mm	Vand mm	N-udv. kg N/ha	P-udv. kg P/ha
501	8990	923	543	.	85	0,046
501	9091	928	631	90	133	0,036
501	9192	907	685	150	205	0,050
501	9293	828	603	100	97	0,017
501	9394	896	659	150	142	0,000
501	9495	1124	756	80	231	0,000
501	9596	498	196	198	59	0,000
502	8990	923	513	.	103	0,035
502	9091	928	574	60	137	0,049
502	9192	907	601	90	198	0,022
502	9293	828	637	125	113	0,013
502	9394	896	658	150	145	0,000
502	9495	1124	729	80	108	0,000
502	9596	498	196	110	48	0,000
503	8990	923	527	.	93	0,327
503	9091	928	591	75	221	0,038
503	9192	907	568	45	143	0,026
503	9293	828	711	200	305	0,032
504	8990	923	508	.	152	0,766
504	9091	928	588	95	223	0,359
504	9192	907	796	325	316	0,074
504	9293	828	747	225	200	0,048
504	9394	896	620	100	61	0,000
504	9495	1124	767	125	147	0,000
504	9596	498	212	125	76	0,000
505	8990	923	504	.	114	0,066
505	9091	928	585	88	80	0,047
505	9192	907	664	75	197	0,025
505	9293	828	653	200	131	0,011
505	9394	896	603	125	93	0,000
505	9495	1124	758	110	95	0,000
505	9596	498	226	176	54	0,000
506	8990	923	492	.	58	0,087
506	9091	928	578	80	74	0,100
506	9192	907	634	120	152	0,092
506	9293	828	610	120	72	0,021
506	9394	896	633	160	72	0,000
506	9495	1124	799	90	113	0,000
506	9596	498	268	220	106	0,000
507	8990	923	531	.	77	0,068
507	9091	928	558	81	61	0,092
507	9192	907	640	120	207	0,032
508	8990	923	499	.	218	0,030
508	9091	928	549	.	57	0,061
508	9192	907	576	.	79	0,028

LOOP 6

st	år	nedbør mm	afst. mm	Vand mm	N-udv. kg N/ha	P-udv. kg P/ha
601	8990	821	264	.	232	0,027
601	9091	994	625	.	104	0,063
601	9192	855	503	.	226	0,053
601	9293	854	589	.	181	0,060
601	9394	1100	743	.	214	0,120
601	9495	1225	823	.	115	0,081
601	9596	512	154	.	25	0,020
602	8990	821	246	.	40	0,025
602	9091	994	515	25	7	0,089
602	9192	855	516	50	121	0,060
602	9293	854	506	.	197	0,051
602	9394	1100	735	50	171	0,126
602	9495	1225	764	.	182	0,078
602	9596	512	137	.	41	0,047
603	8990	821	300	.	63	0,030
603	9091	994	587	30	31	0,059
603	9192	855	521	75	61	0,056
603	9293	854	582	75	193	0,071
603	9394	1100	738	50	145	0,118
603	9495	1225	838	60	154	0,083
603	9596	512	177	90	22	0,021
604	8990	821	310	.	129	0,060
604	9091	994	605	30	165	0,052
604	9192	855	510	30	339	0,065
604	9293	854	594	120	287	0,123
604	9394	1100	736	40	194	0,091
604	9495	1225	836	40	236	0,043
604	9596	512	221	30	76	0,060
605	8990	821	275	.	118	0,027
605	9091	994	558	.	65	0,065
605	9192	855	473	.	48	0,057
605	9293	854	571	.	184	0,074
605	9394	1100	728	.	236	0,155
605	9495	1225	810	.	51	0,086
605	9596	512	171	.	15	0,045
606	8990	821	389	.	78	0,043
606	9091	994	605	.	67	0,060
606	9192	855	510	.	52	0,051
606	9293	854	582	.	77	0,070
606	9394	1100	744	.	88	0,124
606	9495	1225	834	.	46	0,190
606	9596	512	148	.	13	0,031
607	8990	821	273	.	28	0,027
607	9091	994	617	70	237	0,063
607	9192	855	546	105	440	0,058
607	9293	854	585	90	296	1,361
607	9394	1100	733	50	133	1,975
607	9495	1225	818	.	87	0,289
607	9596	512	169	80	71	0,194

st	år	nedbør mm	afst. mm	Vand mm	N-udv. kg N/ha	P-udv. kg P/ha
608	8990	821	278	.	79	0,050
608	9091	994	626	90	76	0,062
608	9192	855	572	120	224	0,057
608	9293	854	580	60	245	0,131
608	9394	1100	739	90	374	0,172
608	9495	1225	806	90	207	0,087
608	9596	512	199	90	15	0,206



## Bilag 8.1

Anbefalet tildeling af kvælstof, gødningsforbrug, normaludvaskning, nyttevirkning af husdyrgødning samt braklagt areal for de 6 landovervågningsoplande for driftsårene 1989/90 - 1995/96. Udvasningen er relateret til de hydrologiske år 1990/91-1996/97. Anbefalet mængde og gødningstildeling og udvaskning i gennemsnit for alle marker. Nyttevirkning i gennemsnit for marker, der har modtaget husdyrgødning. Brak i % af totalarealet. Non-food indgår ikke i brak.

		kg N ha <sup>-1</sup> år <sup>-1</sup>				%	%
		Anbefalet mængde	Handelsgødning	Husdyrgødning	Udvasning	Nyttevirkning	Brak
1990	LOOP 1	138	151	31	36	31	-
	LOOP 2	196	137	128	87	32	-
	LOOP 3	162	130	69	60	36	-
	LOOP 4	143	119	61	54	35	-
	LOOP 5	127	132	21	72	32	-
	LOOP 6	168	128	85	76	32	-
1991	LOOP 1	134	134	30	34	31	-
	LOOP 2	186	120	124	80	36	-
	LOOP 3	163	121	73	61	38	0
	LOOP 4	147	124	75	50	34	-
	LOOP 5	146	162	24	74	35	-
	LOOP 6	161	114	113	85	35	-
1992	LOOP 1	142	141	26	33	42	-
	LOOP 2	161	106	135	79	41	2
	LOOP 3	157	108	97	48	42	3
	LOOP 4	151	125	59	47	37	-
	LOOP 5	141	158	32	79	42	-
	LOOP 6	159	116	115	82	36	-
1993	LOOP 1	133	118	25	30	42	6
	LOOP 2	171	99	135	83	40	1
	LOOP 3	163	102	109	52	41	7
	LOOP 4	154	126	51	43	42	3
	LOOP 5	137	145	37	72	46	5
	LOOP 6	165	104	122	87	31	3
1994	LOOP 1	126	118	27	28	48	9
	LOOP 2	147	93	120	74	42	9
	LOOP 3	152	96	100	73	45	11
	LOOP 4	140	115	77	44	44	9
	LOOP 5	127	133	26	69	49	8
	LOOP 6	147	108	126	82	38	7
1995	LOOP 1	135	124	20	25	44	9
	LOOP 2	162	93	139	79	40	6
	LOOP 3	153	91	107	41	47	11
	LOOP 4	155	128	74	52	43	3
	LOOP 5	138	118	25	59	41	13
	LOOP 6	152	90	118	73	42	7
1996	LOOP 1	132	119	14	25	43	6
	LOOP 2	127	92	130	77	35	5
	LOOP 3	148	82	90	39	50	11
	LOOP 4	151	108	70	40	40	2
	LOOP 5	137	134	26	71	41	10
	LOOP 6	157	88	107	66	44	7

## Bilag 10.1

### Hydrografopsplitning

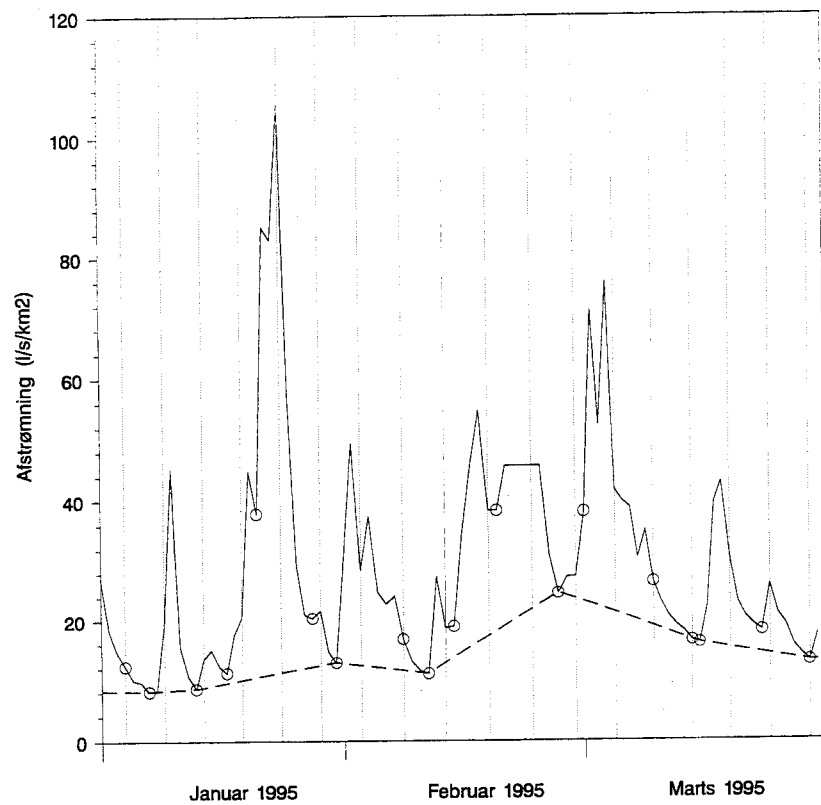
Hydrografopsplitning er foretaget efter en metode beskrevet af *Institute of Hydrology (1993)*. Afstrømningen opdeles for hvert enkelt døgn i en overfladenær og en grundvandsnær afstrømningsdel. Det såkaldte baseflow-indeks angiver for en længere måleperiode, typisk et år, forholdet mellem grundvands-andelen (baseflow) og den totale afstrømning (værdier mellem 0 og 1). Fremfor at angive baseflow-indekset kan man dog vælge, som det er gjort her i rapporten, at angive den overfladenære afstrømning i procent af den totale afstrømning.

Bestemmelse af den grundvandsnære afstrømning bygger på en metodisk udpegning af minimums-døgnvandføringer i måleperioden. En efterfølgende lineær interpolation mellem minimums-døgnvandføringer afgrænser den nedre del af hydrografen som den grundvandsnære afstrømning:

1. De daglige døgnmiddelvandføringer grupperes i fortløbende blokke på fem dage, og den mindste døgnmiddelvandføring i hver fem dages blok markeres som et minimum.
2. De minima, som når de multipliceres med 0,9 er mindre end begge de to nærmeste minima, markeres. De har varierende tidsperiode mellem sig. De forbindes med lige linier og danner baseflow-hydrografen. Derved fås daglige baseflow-værdier.
3. De døgn, hvor den udregnede baseflow-afstrømning er større end den totale afstrømning, sættes baseflow lig total-afstrømning.
4. Arealet under baseflow-linien fra det først benyttede til det sidst benyttede minimum udgør periodens samlede grundvandsnære afstrømning. For den tilsvarende periode udgør arealet under den registrerede daglige vandføring periodens samlede afstrømning.
5. Baseflow-indekset beregnes som forholdet mellem den grundvandsnære afstrømning og den samlede registrerede afstrømning, mens størrelsen af den overfladenære afstrømning kan estimeres som forskellen mellem de to. Hvis måleserien er flerårig, angives et baseflow-indeks for hvert enkelt år. I dette tilfælde er det valgt at opdele måleserien i hydrologiske år (1.juni-31.maj).

Nedenstående figur viser princippet for hydrografopsplitning.

Eksempel på hydrografopsplitning: Horndrup Bæk 1. januar - 31. marts 1995.



- Registreret afstrømning
- - - Baseflow - linie
- Fem - døgns minima

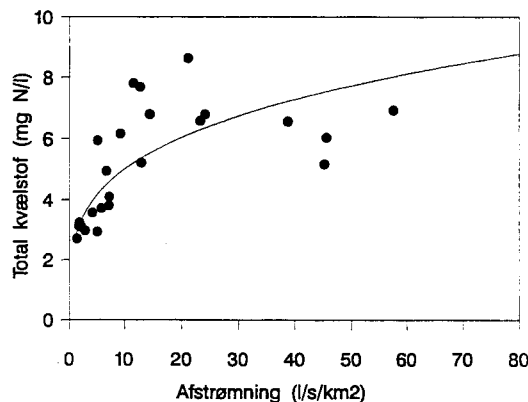
## Bilag 10.2.

### Overfladenært kvælstoftab til vandløb.

Det overfladenære kvælstoftab findes som forskellen mellem det samlede kvælstoftab og det grundvandsnære kvælstoftab til vandløbet.

Det samlede kvælstoftab findes på baggrund af registrerede døgnmiddelvandføringer samt døgnkoncentrationer af kvælstof, estimeret ved lineær interpolation (*Kronvang og Bruhn, 1990*).

Beregningen af det grundvandsnære kvælstoftab bygger dels på estimering af den daglige grundvandsnære afstrømning, fundet ved hydrografopsplitning, dels på estimerede døgnkoncentrationer af kvælstof i det vand, som grundvandsnært tilstrømmer vandløbet. Sidstnævnte døgnkoncentrationer findes ved, at der på hydrologiske år for hver enkelt vandløb etableres en sammenhæng mellem registrerede kvælstofkoncentrationer og tilhørende registrerede døgnmiddelafstrømninger. En sådan sammenhæng kan tage sig ud som her (*Horndrup Bæk, 1994/95*):



$$\log N_{\text{konc}} = 0,989 + 0,270 \log Q \quad (R^2=0,64 \quad P<0,001)$$

I tilfældet Horndrup Bæk 1994/95 fås således et samlet årligt kvælstoftab på 27,31 kg/ha og et grundvandsnært kvælstoftab på 12,08 kg/ha. Det overfladenære kvælstoftab til vandløbet udgør altså med denne beregning 56%.

Men hvorfor estimere det samlede kvælstoftab med lineær interpolationsmetoden fremfor at benytte samme metode ("regressionsmetoden") som er brugt ved estimering af det grundvandsnære tab? Det hænger sammen med, at lineær interpolationsmetoden tilsyneladende tager bedst højde for forskellige afstrømningsforhold i hhv. lerede og sandede oplande. Ved regressionsmetoden er der en tendens til en relativ overvurdering af det samlede tab for de tre hovedvandløb, som afvander lerede landovervågningsoplande. I gennemsnit er kvælstoftabet for disse tre vandløb 10% større ved estimering efter regressionsmetoden sammenlignet med lineær interpolationsmetoden. Problemet skyldes tildels, at der er relativt få målinger af kvælstofkoncentration ved de meget store afstrømninger. Netop ved

de store afstrømninger er kvælstofkoncentrationen i vandløb meget varierende og derfor svær at beskrive. Det skyldes komplekse forhold som udtømning af den uorganiske kvælstofpulje i rodzonen og en eventuel fortynding af det overfladisk afstrømmende vand, fx ved snesmeltning.

I sammenligning med andre metoder til estimering af kvælstoftransporten, herunder regressions-metoder, er lineær interpolationsmetoden den bedste og betragtes mht. beregningsresultatet som den bedst reproducerbare metode (*Kronvang og Bruhn, 1996*). Lineær interpolationsmetoden tager bedre end de øvrige testede metoder højde for variationer mellem vandløb og mellem år. Metoden er i nævnte undersøgelse i Gjern Å oplandet fundet at underestimere den årlige N transport med 1-4%, når man sammenligner med en beregning baseret på meget intensive målinger.

Der er væsentlig usikkerhed forbundet med udregning af det overfladenære kvælstoftab til vandløb. Derfor bør det angivne procentiske tab ikke opfattes som en nøjagtig opgørelse af det overfladenære kvælstoftab, men som et mål, der muliggør en sammenligning af kvælstofbelastninger fra forskellige vandløbsoplande på baggrund af oplandenes forskellige afstrømningsforhold og kvælstofudvaskning fra rodzonen (kapitel 11).



# Danmarks Miljøundersøgelser

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

Henvendelse kan rettes til:

URL: <http://www.dmu.dk>

Danmarks Miljøundersøgelser  
Frederiksborgvej 399  
Postboks 358  
4000 Roskilde  
Tel: 46 30 12 00  
Fax: 46 30 11 14

*Direktion  
Personale- og Økonomisekretariat  
Forsknings- og Udviklingssektion  
Afd. for Systemanalyse  
Afd. for Atmosfærisk Miljø  
Afd. for Miljøkemi  
Afd. for Havmiljø og Mikrobiologi*

Danmarks Miljøundersøgelser  
Vejsløvej 25  
Postboks 413  
8600 Silkeborg  
Tel: 89 20 14 00  
Fax: 89 20 14 14

*Afd. for Terrestrisk Økologi  
Afd. for Sø- og Fjordøkologi  
Afd. for Vandløbsøkologi*

Danmarks Miljøundersøgelser  
Grenåvej 12, Kalø  
8410 Rønde  
Tel: 89 20 17 00  
Fax: 89 20 15 14

*Afd. for Landskabsøkologi  
Afd. for Kystzoneøkologi*

Danmarks Miljøundersøgelser  
Tagensvej 135, 4.  
2200 København N  
Tel: 35 82 14 15  
Fax: 35 82 14 20

*Afd. for Arktisk Miljø*

## Publikationer:

DMU udgiver temarapporter, faglige rapporter, arbejdsrapporter, tekniske anvisninger, årsberetninger samt et kvartalsvis nyhedsbrev, DMU Nyt. Et katalog over DMU's aktuelle forsknings- og udviklingsprojekter er tilgængeligt via World Wide Web.

I årsberetningen findes en oversigt over årets publikationer. Årsberetning og DMU Nyt fås gratis ved henvendelse på telefon 46 30 12 00.

## Faglige rapporter fra DMU/NERI Technical Reports

### 1996

- Nr. 175: Landovervågningsoplade. Vandmiljøplanens Overvågningsprogram 1995. Af Grant, R. et al. 150 s., 125,00 kr.
- Nr. 176: Ferske vandområder. Søer. Vandmiljøplanens Overvågningsprogram 1995. Af Jensen, J.P. et al. 96 s., 125,00 kr.
- Nr. 177: Ferske vandområder. Vandløb og kilder. Vandmiljøplanens Overvågningsprogram 1995. Af Windolf, J. (red.). 228 s., 125,00 kr.
- Nr. 178: Sediment and Phosphorus. Erosion and Delivery, Transport and Fate of Sediments and Sediment-associated Nutrients in Watersheds. Proceedings from an International Workshop in Silkeborg, Denmark, 9-12 October 1995. Af Kronvang, B. et al. 150 pp., 100,00 DKK.
- Nr. 179: Marine områder. Danske fjorde - status over miljøtilstand, årsagssammenhænge og udvikling. Vandmiljøplanens Overvågningsprogram 1995. Af Kaas, H. et al. 205 s., 150,00 kr.
- Nr. 180: The Danish Air Quality Monitoring Programme. Annual Report for 1995. By Kemp, K. et al. 55 pp., 80,00 DKK.
- Nr. 181: Dansk Fauna Indeks. Test og modifikationer. Af Friberg, N. et al. 56 s., 50,00 kr.

### 1997

- Nr. 182: Livsbetingelserne for den vilde flora og fauna på braklagte arealer - En litteraturudredning. Af Mogensen, B. et al. 165 pp., 125,00 DKK.
- Nr. 183: Identification of Organic Colourants in Cosmetics by HPLC-Photodiode Array Detection. Chemical Substances and Chemical Preparations. By Rastogi, S.C. et al. 233 pp., 80,00 DDK.
- Nr. 184: Forekomst af egern *Sciurus vulgaris* i skove under 20 ha. Et eksempel på fragmentering af landskabet i Århus Amt. Af Asferg, T. et al. 35 s., 45,00 kr.
- Nr. 185: Transport af suspenderet stof og fosfor i den nedre del af Skjern Å-systemet. Af Svendsen, L.M. et al. 88 s., 100,00 kr.
- Nr. 186: Analyse af miljøfremmede stoffer i kommunalt spildevand og slam. Intensivt måleprogram for miljøfremmede stoffer og hygiejnisk kvalitet i kommunalt spildevand. Af Vikelsøe, J., Nielsen, B. & Johansen, E. 61 s., 45,00 kr.
- Nr. 187: Vandfugle i relation til menneskelig aktivitet i Vadehavet 1980-1995. Med en vurdering af reservatbestemmelser. Af Laursen, K. & Salvig, J. 71 s., 55,00 kr.
- Nr. 188: Generation of Input Parameters for OSPM Calculations. Sensitivity Analysis of a Method Based on a Questionnaire. By Vignati, E. et al. 52 pp., 65,00 DKK.
- Nr. 189: Vandføringsevne i danske vandløb 1976-1995. Af Iversen, H.L. & Ovesen, N.B. 55 s., 50,00 kr.
- Nr. 190: Fate of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in the Environment. Af Carlsen, L. et al. 82 pp., 45,00 kr.
- Nr. 191: Benzin i blodet. Kvalitativ del. ALTRANS. Af Jensen, M. 130 s., 100,00 kr.
- Nr. 192: Miljøbelastningen ved godstransport med lastbil og skib. Et projekt om Hovedstadsregionen. Af Nedergaard, K.D. & Maskell, P. 126 s., 100,00 kr.
- Nr. 193: Miljøundersøgelser ved Maarmorilik 1996. Af Johansen, P., Riget, F. & Asmund, G. 96 s., 100,00 kr.
- Nr. 194: Control of Pesticides 1996. Chemical Substances and Chemical Preparations. By Køppen, B. 26 pp., 40,00 DKK.
- Nr. 195: Modelling the Atmospheric Nitrogen Deposition to Løgstør Bredning. Model Results for the Periods April 17 to 30 and August 7 to 19 1995. By Runge, E. et al. 49 pp., 65,00 DKK.
- Nr. 196: Kontrol af indholdet af benzen og benzo(a)pyren i kul- og olieafledte stoffer. Analytisk-kemisk kontrol af kemiske stoffer og produkter. Af Rastogi, S.C. & Jensen, G.H. 23 s., 40,00 kr.
- Nr. 197: Standardised Traffic Inputs for the Operational Street Pollution Model (OSPM). Af Jensen, S.S. 53 pp., 65,00 DKK.
- Nr. 198: Reduktion af CO<sub>2</sub>-udslip gennem differentierede bilafgifter. Af Christensen, L. 56 s., 100,00 kr.
- Nr. 200: Benzin i blodet. Kvantitativ del. ALTRANS. Af Jensen, M. 139 s., 100,00 kr.
- Nr. 201: Vingeindsamling fra jagtsæsonen 1996/97 i Danmark. Af Clausager, I. 43 s., 35,00 kr.
- Nr. 202: Miljøundersøgelser ved Mestersvig 1996. Af Asmund, G., Riget, F. & Johansen, P. 30 s., 50,00 kr.
- Nr. 203: Rådyr, mus og selvforryngelse af bøg ved naturnær skovdrift. Af Olesen, C.R., Andersen, A.H. & Hansen, T.S. 60 s., 80,00 kr.
- Nr. 204: Spring Migration Strategies and Stopover Ecology of Pink-Footed Geese. Results of Field Work in Norway 1996. By Madsen, J. et al. 29 pp., 45,00 DKK.
- Nr. 205: Effects of Experimental Spills of Crude and Diesel Oil on Arctic Vegetation. A Long-Term Study on High Arctic Terrestrial Plant Communities in Jameson Land, Central East Greenland. By Bay, C. 44 pp., 100,00 DKK.
- Nr. 206: Pesticider i drikkevand 1. Præstationsprøvning. Af Spliid, N.H. & Nyeland, B.A. 273 pp., 80,00 kr.