

Miljø- og Energiministeriet
Danmarks Miljøundersøgelser

Vandmiljøplanens
Overvågningsprogram 1997

Land- overvågningsoplände

*Faglig rapport fra DMU, nr. 252
1998*

Ruth Grant

Gitte Blicher-Mathiesen

Hans Estrup Andersen

Anker Rode Laubel

Irene Paulsen

Pia Grewy Jensen

Afdeling for Vandløbsøkologi

Per Rasmussen

Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse

Datablad

- Titel: Landovervågningsoplande
- Undertitel: Vandmiljøplanens Overvågningsprogram 1997
- Forfattere: R. Grant¹, G. Blicher-Mathiesen¹, H.E. Andersen¹, A.R. Laubel¹, I. Paulsen¹, P.G. Jensen¹, P. Rasmussen²
- Afdelinger: ¹Afdeling for Vandløbsøkologi
²Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse
- Serietitel og nummer: Faglig rapport fra DMU nr. 252
- Udgiver: Miljø- og Energiministeriet
Danmarks Miljøundersøgelser ©
- URL: <http://www.dmu.dk>
- Udgivelsesår: December 1998
- Tegninger: Kathe Møgelvang & Juana Jacobsen
ETB: Hanne Kjellerup Hansen
- Bedes citeret: Grant, R., Blicher-Mathiesen, G., Andersen, H.E., Laubel, A.R., Paulsen, I., Jensen, P.G & Rasmussen, P. (1998): Landovervågningsoplande. Vandmiljøplanens Overvågningsprogram 1997. Danmarks Miljøundersøgelser. 156 s. - Faglig rapport fra DMU nr. 252
- Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse.
- Emneord: Landovervågningsoplande, miljøtilstand, overvågning, Vandmiljøplanen
- ISBN: 87-7772-423-2
ISSN: 0905-815X
Tryk: Silkeborg Bogtryk
EMAS registreret nr. DK-S-0084
- Papirkvalitet: Cyclus Print
Oplag: 450
Sideantal: 156
- Pris: kr. 150,- (inkl. 25% moms, ekskl. forsendelse)
- Købes hos: Danmarks Miljøundersøgelser Miljøbutikken
Vejlsøvej 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 5

1 Resumé 7

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 30

5.4 Kvælstofblancer for landbrugsarealet i landovervågningsoplandene 37

5.5 Fosforbalancer for landbrugsarealet i landovervågningsoplandene 39

5.6 Gødningsforbruget for hele landet fra 1985 til 1997 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 56

7.4 Målt kvælstofudvaskning i relation til landbrugspraksis 59

7.5 Sammenfatning 61

8 Modelberegning af kvælstofudvaskningen fra rodzonen 63

8.1 Beskrivelse af modellen 63

- 8.2 Sammenligning mellem målt og modelberegnet kvælstofudvaskning 65
- 8.3 Beregning af udvaskning ved normal- og aktuelt klima 66
- 8.4 Sammenfatning 70

9 Grundvand 71

- 9.1 Grundvandsstand 71
- 9.2 Ionbalance og analysekvalitet 71
- 9.3 Det øvre grundvands nitratindhold 73
- 9.4 Fosfor 77
- 9.5 Øvrige hovedkomponenter 78
- 9.6 De anvendte pesticider 80
- 9.7 Pesticidfund i det øvre grundvand 80
- 9.8 Pesticidfund og arealanvendelse 83
- 9.9 Sammenfatning 85

10 Afstrømning, koncentration og transport af næringsstoffer i vandløb 87

- 10.1 Afstrømning 87
- 10.2 Koncentration af kvælstof og fosfor 89
- 10.3 Transport af kvælstof og fosfor 93
- 10.4 Sammenfatning 95

11 Sammenstilling - Landbrugets indflydelse på næringsstoftransporten i landovervågningsoplandene 97

- 11.1 Beskrivelse af kvælstoftransporterne i oplande 97
- 11.2 Landbrugets indflydelse på kvælstofudvaskning til vandmiljøet 102
- 11.3 Fosforgødsning og vandmiljø 103

12 Konklusion - udvikling i landbrugets næringsstofbelastning af vandområderne 107

- 12.1 Vandmiljøhandlingsplaner 107
- 12.2 Udviklingen i landbrugets kvælstofanvendelse frem til 1997 108
- 12.3 Udvikling i kvælstofudvaskning frem til 1997 101
- 12.4 Forventet effekt af besluttede tiltag under Handlingplanen for Bæredygtigt Landbrug 102
- 12.5 Vandmiljøplan II 104
- 12.6 Udvikling i landbrugets anvendelse af fosforgødning 104

13 Sammenfatning af Danmarks Miljøundersøgelses nationale rapporter vedrørende resultaterne af Vandmiljøplanens Overvågningsprogram 1997 115

Referencer 119

Bilag 125

- Bilag 4.1 Oversigt over analyseparametre for jordvadm, drænvand, grundvand og vandløbsvand
- Bilag 5.1 Data til beskrivelse af udviklingstendensen i gødningspraksis til alle afgrødegrupper med et kvælstofbehov i perioden 1990 og 1994 til 1997
- 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 1997
- Bilag 5.3 Markbalance for kvælstof i 1000 tons for hele landet fra 1985 til 1997
- Bilag 5.4 Markbalancer for kvælstof i kg N/ha for hele landet fra 1985 til 1997
- Bilag 5.5 Markbalancer for fosfor i 1000 tons for hele landet fra 1980 til 1997
- Bilag 5.6 Markbalance for fosfor i kg P/ha for hele landet fra 1980 til 1997
- Bilag 6.1 Månedsnedbør for LOOP 1-6, inkl. normalnedbør for oplandet
- Bilag 7.1 Afstrømning, N-udvaskning og vandføringsvægtede N ($\text{NO}_3\text{-N}$) koncentrationer som gennemsnit for stationer i oplandene
- Bilag 7.2 Ejendoms- og markoplysning for stationsmarkerne
- Bilag 7.3 Nedbør, vanding, afstrømning samt N ($\text{NO}_3\text{-N}$) og P ($\text{PO}_4\text{-P}$) udvaskning fra rodzonen for 1989/90 - 1996/97
- Bilag 9.1 Gennemsnitlige koncentrationer af de enkelte hovedkomponenter i det øvre grundvand i hvert LOOP for overvågningsperioden 1990-1997
- Bilag 10.1 Hydrografopsplitning
- Bilag 10.2 Overfladenært kvælstoftab til vandløb
- Bilag 10.3 Opgørelse af kvælstof og fosfor tab

Danmarks Miljøundersøgelser 155

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 ændringer i belastningen af vandmiljøet med næringsalte.

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 amterne 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. Åbne farvand - miljøtilstand, årsags-sammenhænge og udvikling" er baseret på amtskommunale data og rapporter af overvågningen af kystvande og fjorde samt Danmarks Miljøundersøgelsers og vore nabolandes 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.

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. 23-25% fra 1990 til 1997, når der ses bort fra de klimabetingede variationer i udvaskning. Dette hænger sammen med en betydelig forbedring i gødningsudnyttelsen i oplandene i nævnte periode. I vandløbsovervågningen er der for vandløb i dyrkede oplande beregnet et generelt fald i kvælstoftransporten på ca. 7% siden 1989. Faldet er dog kun signifikant for få vandløb.

Resumé af Landovervågningen er givet nedenfor.

Landovervågningsprogrammet

Landovervågning

I Vandmiljøplanens Landovervågningsprogram undersøges næringsstofudvaskningen fra landbrugsarealer til vandmiljøet. Overvågningsprogrammet blev startet i 1988/89 i 6 små landbrugsdominerede vandløbsoplande, hvert på 5-15 km².

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

Oplandenes repræsentativitet

Oplandene er udvalgt med henblik på at repræsentere landsgennemsnittet bedst muligt med hensyn til jordbund, klima, størrelsesfordeling, husdyrtæthed, 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⁻¹ i forhold til landsgennemsnittet på 0,95 DE ha⁻¹ 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.

Undersøgelserprogram

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

Undersøgelserprogrammet består af:

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

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 1989-1997, 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 1997 og dels ved at beskrive udviklingen i gødningsforbruget for hele landet i perioden fra 1985 til 1997.

Udvikling i landbrugspraksis i landovervågningsoplandene 1990 - 1997

I 1997 udgør grønne marker 75% af det dyrkede areal. Heraf udgør græs inklusiv brak, vinterraps og korn med udlæg 42%, vinterkorn 37% og rodfrugter, majs og halmnedmuldning 21%. Kun førstnævnte gruppe samt rodfrugter (roer) kan forventes at optage betydelige kvælstofmængder i efterårs- og vintermånederne. I 1997 står 84% af dyreenhederne på ejendomme med mindst 9 måneders opbevaringskapacitet. Andelen af forårs/sommer-udbringningen steg 37%-point fra 1990 til 1997, heraf er der en lille stigning fra 1996 til 1997. Fra 1990 til 1997 blev handelsgødningsforbruget reduceret, således at udnyttelsen af husdyrgødningen steg 31%-point. Husdyrgødningen fordeles bedre i 1994-1997 end tidligere. I 1997 overgødes der stadig på ca. 20% af arealet, men overgødsningens størrelse er aftaget betydeligt. Ca. 12% af ejendommene, som anvendte husdyrgødning i 1997, opfyldte ikke minimumskravet til udnyttelse af husdyrgødning; disse havde et jordliggende på ca. 10% af det dyrkede areal. For en bedre udnyttelse af husdyrgødningen skal handelsgødningsforbruget sænkes yderligere

Udvikling i kvælstofforbrug og gødningspraksis for hele landet 1985 - 1997

For hele landet udgjorde handelsgødningsforbruget 282 mio. kg N i 1997, hvilket er et fald på 3 mio. kg N i forhold til 1996. Den udbragte mængde af husdyrgødning faldt med 23 mio. kg N i samme periode. Afgrødernes kvælstofbehov steg med 15 mio. kg N primært på grund af ændringer i kvælstofprognosen. Det samlede gødningsforbrug set i forhold til afgrødernes behov er faldet fra 1996 til 1997. Hovedårsagen er en ændret norm for indholdet af kvælstof i husdyrgødningen og ændret kvælstofprognose.

På landsplan er den samlede tilførsel af handelsgødning faldet fra 392 mio. kg N i 1985 til 282 mio. kg N i 1997. Udbragt husdyrgødning (uden udbinding) er faldet med ca. 24 mio. kg i perioden. Derved er den samlede kvælstoftilførsel til de dyrkede arealer faldet med 22%

fra 606 mio. kg N i 1985 til 472 mio. kg N i 1997. I samme periode faldt afgrødernes kvælstof behov med 56 mio. kg N, hvorved den reelle nedgang i tildelt kvælstof, fratrukket nedgangen i afgrødernes behov, er 74 mio. kg N. Dette svarer til en nedgang på 6% for perioden 1985-93 og en nedgang på 8% for perioden 1994-97.

*Kvælstofbalancer for
landbrugsjord i Danmark,
1985 - 1997*

Total kvælstofinput (handelsgødning, husdyrgødning samt kvælstof tilført ved bælgeplanters fiksering og atmosfærisk deposition) til landbrugsjord i Danmark er faldet fra 750 mio. kg N i 1985 til 606 mio. kg N i 1997. Kvælstof fjernet med afgrøderne har varieret mellem 308 og 408 mio. kg N. Nettotilførsel af kvælstof faldt fra 380 mio. kg N i 1985 til 243 mio. kg N i 1997. Set over hele perioden udgjorde faldet i nettotilførsel af kvælstof 27%.

*Fosforbalancer for
landbrugsjord i Danmark,
1985 - 1997*

Tilførsel af fosfor med handelsgødning pr arealenhed landbrugsjord i Danmark faldt fra 16,7 kg P ha⁻¹ i 1985 til 8,3 kg P ha⁻¹ i 1997, mens tilførsel med husdyrgødning steg fra 16,7 kg P ha⁻¹ til 20,2 kg P ha⁻¹ i samme periode. Stigningen i fosfortilførsel med husdyrgødning kan delvis tilskrives en revurdering af husdyrgødningsnormerne. Fosfor fjernet med afgrøderne har varieret mellem 17 og 22 kg P ha⁻¹. Nettotilførsel af fosfor til landbrugsjord er således faldet fra ca. 15 til 11 kg P ha⁻¹ i perioden 1985 til 1997.

I landovervågningsoplandene i 1997 er det vist at den laveste nettotilførsel af fosfor forekommer på planteavlsbrugene (2,5 kg P ha⁻¹), mens nettotilførselen på kvægbrugene udgjorde 6,1 kg P ha⁻¹ og på svinebrug og blandede kvæg- og svinebrug henholdsvis 9,8 og 13,2 kg P ha⁻¹. På husdyrbrugene steg nettotilførslen 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 8 hydrologiske år, 1989/90-1996/97.

Det generelle udviklingsmønster for målt kvælstofudvaskning er, at udvaskningen har været stigende igennem perioden indtil 1992-1994, hvorefter udvaskningen igen har været faldende. Variationerne igennem denne periode kan være klimatisk betingede. I 1995/96 og 1996/97 var udvaskningerne lave på grund af lille nedbør i denne periode.

Som gennemsnit for måleperioden udgjorde udvaskningen af kvælstof fra rodzonen 68 kg N ha⁻¹ år⁻¹ for lerjordsoplandene og 124 kg N ha⁻¹ år⁻¹ for sandjordsoplandene.

Den mindste kvælstofudvaskning er målt på planteavlsbrugene, mens større udvaskning forekommer på husdyrbrugene. Som gennemsnit for grupper af marker ligger udvaskningen tæt på nettotilførslerne. Dog på planteavlsbrugene er udvaskningen lidt større end nettotilførslerne, mens udvaskningen på såvel svinebrugene som kvægbrugene ligger lidt lavere end nettotilførslerne.

Der er foretaget en analyse af de målte udvaskninger i forhold til afgrødetype, gødskning og jordtype:

1. Meget høj udvaskning ($124-213 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$): græs (inkl. kløvergræs), græs (inkl. kløvergræs) ompløjet om efteråret og tilsået med vinterafgrøde, samt rodfrugter (foderroer). Afgrøderne dyrkes oftest på sandjord på kvægbrug; husdyrgødningstilførslen er høj.
2. Høje udvaskninger ($96-124 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$): ærter og raps efterfulgt af vinterafgrøder.
3. Middelhøje udvaskninger ($71-91 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$): korn, korn m. udlæg. Høj udvaskning fra udlægsmarker skyldes, at disse ofte dyrkes på sandjord på kvægbrug, hvor husdyrgødningstilførsel er høj.
4. Lave udvaskninger ($12 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$): sukkerroer. Dyrkes fortrinsvis på lerjord på planteavlsbrug.

Udvaskning af fosfor fra rodzonen har været lav ved 28 stationer, gennemsnitlig $0,045 \text{ kg P ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$ i den 8-årige måleperiode. Ved tre stationer har udvaskningen derimod været høj, $0,22 - 0,72 \text{ kg P ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$.

Drænvandsundersøgelser i to lerjordsoplande har vist, at nitratudvaskningen gennem dræn udgjorde ca. 46% 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 $0,160 \text{ kg P ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$, hvoraf partikulært P har udgjort 11%. 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

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 26% 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 1996/1997 viser en reduktion i udvaskningen på 23-25% for oplandene som helhed. I reduktionsintervallet er der taget højde for en ikke-repræsentativ nedgang i forbrug af husdyrgødning i oplandene samt at de benyttede normer overvurderer indholdet af kvælstof i husdyrgødningen.

Grundvand

Det øvre grundvands nitratindehold i landovervågningsoplandene er fortsat højt. I de landbrugspåvirkede borer i sandoplandene var den gennemsnitlige nitratkoncentration i 1997 på 59 mg NO₃/l og i de lerede oplande 30 mg NO₃/l.

En trendanalyse af 83 nitratpåvirkede borer viser at i over halvdelen af borerne er der fortsat ingen signifikant udvikling i nitratindeholdet. LOOP 5 skiller sig markant ud fra de øvrige oplande ved at der i næsten halvdelen af borerne er konstateret et faldende nitratindehold. Dette stemmer overens med at der i dette opland efter et højt nitratindehold i 1991/92 har været et fald i den totale kvælstofudvaskning og i koncentrationen af kvælstof i jordvandet frem til 1996. Som følge af de grovsandede jorde i LOOP 5 må det forventes at en ændret udvaskning hurtigt vil kunne konstateres i det øvre grundvand. I de øvrige oplande er der 13 og 7 borer med henholdsvis signifikant faldende og stigende nitratindehold ud af i alt 54 borer.

Der er i 1997 anvendt 37 forskellige pesticider på stationsmarkerne og udvalgte opstrøms marker. Med det gamle analyseprogram for pesticider analyseres der kun for 8% af disse pesticider. Det nye program omfatter ca. 50% af de anvendte pesticider i 1997.

I 38 af de 113 borer, der er analyseret i overvågningsperioden, er der fundet mindst 1 pesticid eller nedbrydningsprodukt. Kun 1/3 af fundene er genbestemt ved en senere analyse. I 9 borer er der målt en koncentration af pesticider eller nedbrydningsprodukter over drikkevandskravet på 0,1 µg/l. Den gennemsnitlige koncentration af de fundne pesticider i det øvre grundvand under landbrugsarealer varierer mellem 0,01 og 0,07 µg/l.

I det øvre grundvand i landovervågningsoplandene er der i 1997 fundet pesticider, som det fortsat er tilladt at anvende eller anvende i begrænset omfang. Det drejer sig om isoproturon, propryzamid, MCPA og mechlorprop.

Stoftransport i vandløb

Afstrømningen var usædvanlig lille i de to seneste hydrologiske år (1995/96 og 1996/97) 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.

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 40-42% for vandløb i lerjordsoplandene og 5-23% for vandløb i sandjordsoplandene. For transporten af totalkvælstof i vandløbene betyder dette, at der er tydeligt højere koncentrationsniveau i vandløbene, der afvander lerede oplande.

Afstrømning

Hydrografopsplittning

N til vandløb

Den vandføringsvægtede årsmiddelkoncentration af kvælstof lå i gennemsnit for perioden på 9,2 mg N l⁻¹ i vandløbene i de lerede oplande og 3,8 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.

Den totale kvælstofudvaskning til vandløbene fra dyrkede arealer har i undersøgelsesperioden ligget på gennemsnitlig 24,8 kg N ha⁻¹ år⁻¹ i lerjordsoplandene, og på gennemsnitlig 11,6 kg N ha⁻¹ år⁻¹ i sandjordsoplandene. Til sammenligning anføres at udvaskningen fra naturarealer i undersøgelsesperioden lå på 0,6-4,3 kg N ha⁻¹ år⁻¹.

I ingen af oplandene er sket en statistisk signifikant udvikling i kvælstoftabet. Der er dog en *tendens* til fald i kvælstoftabet, som omregnet i procent svarer til et 7% s fald over ni års perioden 1989-97. Der er i testen korrigeret for ændringer i afstrømning, men ikke for ændringer i jordens kvælstofpulje ved skift mellem våde og tørre år.

P til vandløb

Det totale tab af fosfor fra dyrkede arealer til vandløb, beregnet på baggrund af normal prøvetagning, har i måleperioden ligget på gennemsnitlig 0,33 kg P ha⁻¹ år⁻¹. Der var ingen entydig forskel mellem lerjords- og sandjordsoplandene. Til sammenligning anføres at tabet fra naturoplande i samme periode lå på 0,04-0,12 kg P ha⁻¹ år⁻¹.

Fosfor oplandstabet er som gennemsnit for de seks oplande faldet med ca. 15% fra 1989-97. Fald i udledninger fra spredt bebyggelse, og i enkelte tilfælde fra punktkilder bidrager til faldet.

I tre af hovedvandløbene i landovervågningsoplandene er fosfortabet til vandløb siden 1993 tillige beregnet på baggrund af intensiv prøvetagning. I gennemsnit er fosfortabet her 39% 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.

Landbrugets indflydelse på næringsstoftransporten i oplandene

På baggrund af måleresultater og beregnede størrelser er opstillet en vurdering af kvælstoftransporten i oplandene for de otte hydrologiske år 1989/90 - 1996/1997. I opstillingen er ikke medtaget kvantificering af kvælstofmineralisering/immobilisering, denitrifikation eller ammoniakfordampning.

I lerjordsoplandene er årligt tilført ca. 116 kg N ha⁻¹ med handelsgødning, 69 kg N ha⁻¹ med husdyrgødning og 30 kg N ha⁻¹ ved kvælstoffixering og atmosfærisk deposition, i alt ca. 215 kg N ha⁻¹. Med afgrøderne er årligt fjernet ca. 130 kg N ha⁻¹. Der er således netto tilført jorden ca. 85 kg N ha⁻¹. Udvasningen fra rodzonen er målt til ca. 68 kg N ha⁻¹; af denne udvaskning er ca. 44% nået ud til vandløbene.

I sandjordsoplandene er årligt tilført ca. 113 kg N ha⁻¹ med handelsgødning, 116 kg N ha⁻¹ med husdyrgødning og ca. 42 kg N ha⁻¹ ved kvælstoffixering og atmosfærisk deposition, i alt ca. 271 kg N ha⁻¹. Afgrøderne har årligt fjernet ca. 131 kg N ha⁻¹; således er der netto

Kvælstoftransport i oplandene

tilført jorden ca. 140 kg N ha⁻¹. Udvaskningen fra rodzonen er målt til ca. 124 kg N ha⁻¹; af denne udvaskning er ca. 10% nået ud til vandløbene.

Reduktion i kvælstofudledning fra landbrugsarealet 23-25%

Modelberegninger udført med udvaskningsfunktioner ved normal-klima har vist et fald i kvælstofudvaskning fra rodzonen fra 1989/90 til 1996/97 (ca. 23-25%).

Supplement af vandmiljøplanen og senere handlingsplaner

En scenarieberegning har vist, at der ved fuld implementering af Handlingsplanen for Bæredygtig Landbrug kan opnås en reduktion i kvælstofudvaskningen på 26-27%. Med udgangspunkt i et vurderet markbidrag på 230.000 t N svarer det til en reduktion i udvaskningen på ca. 61.000 t N.

Vandmiljøplan II

For at opfylde Vandmiljøplanens reduktionsmål skal der således ske en yderligere reduktion på 35-40.000 t N. I februar 1998 vedtog Folketinget Vandmiljøplan II. I planen er landbrugets reduktionskrav fastholdt. Planen indeholder en bred vifte af virkemidler, som skal være implementeret senest år 2003. Da effekten for en del virkemidler bygger på en forventet udvikling i landbrugspraksis er det vedtaget, der skal foretages en evaluering i 1999/2000 og 2002/2003. Virkemidlerne vil blive justeret i forhold hertil.

Fosfor input og jorders 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 Danmark har ca. 50% af jorderne 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, specielt på husdyrbrugene.

2 Indledning

Regulering af landbrugets næringsstof-udledning

Siden midten af 1980'erne er landbrugets næringsstofudledning til vandmiljøet søgt reguleret gennem en række handlingsplaner: NPO-Handlingsplanen fra 1986, Vandmiljøplanen fra 1987, Handlingsplanen for Bæredygtigt Landbrug fra 1991, Opfølgning på Handlingsplanen for Bæredygtigt Landbrug i 1996, og endelig blev Vandmiljøplan II vedtaget i februar 1998.

Vandmiljøplanens reduktionsmål

Den samlede kvælstofudledning fra landbruget var i midten af 1980'erne beregnet til 260.000 t N år⁻¹. Med vedtagelsen af Vandmiljøplanen i 1987 var målsætningen, at landbrugets udledning skulle reduceres med 127.000 t N år⁻¹, svarende til 49% af den samlede udledning fra landbruget. Der forventedes en reduktion af markbidraget (udvaskning fra rodzonen) på 100.000 t N år⁻¹, 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 blev det samtidig besluttet at igangsætte et overvågningsprogram til at følge op på effekten af de vedtagne tiltag. Således blev Landovervågningsprogrammet iværksat 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 km²). 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 sammenkøbes 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.

Afsnittene, der beskriver de enkelte delelementer, kan læses særskilt og afsluttes med en sammenfatning. Disse sammenfatninger er yderligere samlet til et fælles resume først i rapporten.

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.

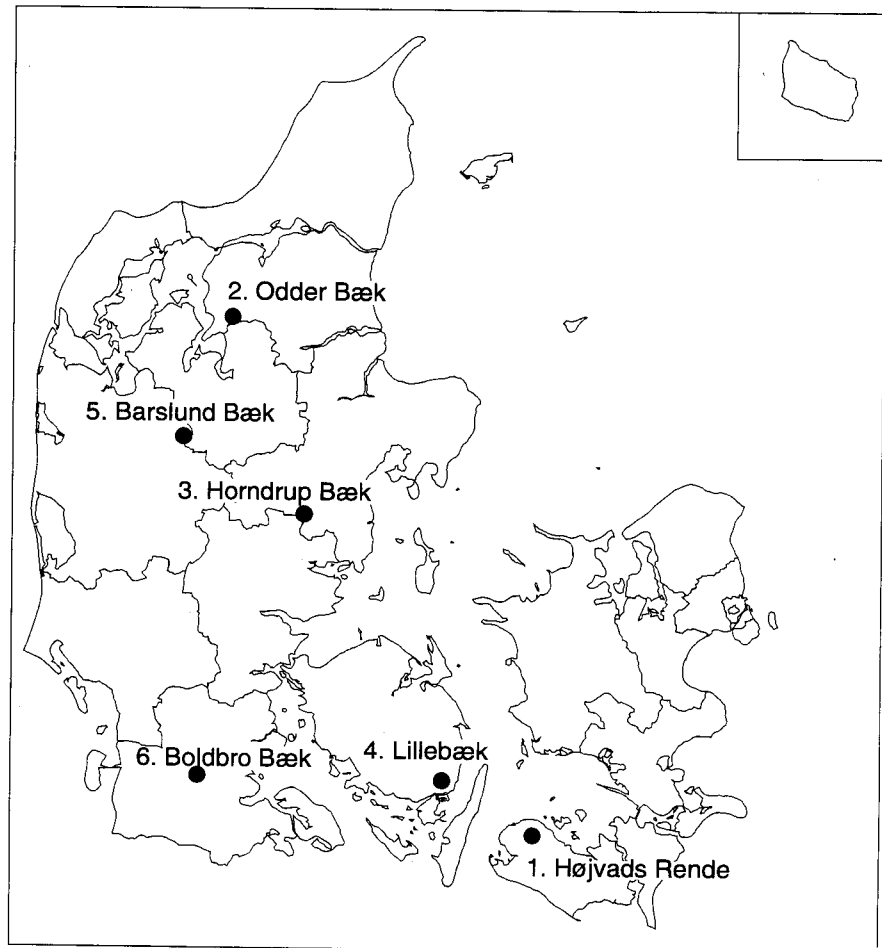
*Resultater fra
Landovervågningen skal
anvendes til evaluering af
Vandmiljøplan II*

Resultater fra Landovervågningen blev anvendt i den faglige vurdering, der ligger til grund for Vandmiljøplan II. Resultater fra programmet vil ligeledes skulle indgå i den evaluering af Vandmiljøplan II, som skal finde sted i 1999/2000 og 2002/2003.

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, Odderbæk (Nordjyllands Amtskommune).

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

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

Vejle/Århus

LOOP 3, 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:
 - Nedbørsmålere
 - 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-kon-sulenter, 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 overensstem-melse med normtallene. Undersøgelsen afsluttedes 1. januar 1996; resultaterne er beskrevet i *Grant et al., 1996*.

4.3 Måleprogram for vandafstrømning og nærings-stofkoncentrationer

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

Nedbørsstationer og klimadata

Klimadata for oplandene er indhentet og bearbejdet af Danmarks JordbrugsForskning. De indhentede data omfatter nedbør, tempera-tur, potentiel fordampning og global stråling. Oplysningerne er base-ret på Statens Planteavlfsforsøgs ordinære net af klimastationer i for-bindelse med kvadratnetsundersøgelsen, samt på 1-2 nedbørsstatio-ner opstillet i hvert opland i forbindelse med etableringen af LOOP-programmet.

Jordvandsundersøgelser

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

6-8 jordvandsstationer er etableret i hvert opland. En jordvands-station består af 10 sugeceller til udtagning af jordvand. Cellerne er placeret i et V-formet mønster inden for et areal på 100 m² 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.

Måling og beregning

Formål

Jordvandsstationer

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 drænoplanet 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 næringsstoffetabet 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 næringsstoffetabet fra det åbne, dyrkede land på følgende måde: Fra den målte totale transport af kvælstof og fosfor er fratrukket eventuelle bidrag fra punktkilder (rensingsanlæg, 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 fra 1990 og frem til 1. januar 1998.

Grundlag for gødskningsplanlægning

Fra driftsåret 1993/94 blev der indført nye regler for gødningsplanlægning. Med disse regler blev indført definerede kvælstofnormer for de enkelte afgrøder, kvælstofnormerne justeres hvert år efter indstilling fra Landbrugets Rådgivningscenter. Hver bedrift får således på baggrund af afgrøderne, jordtype og klimaområde en vis kvælstofkvote til rådighed, som frit kan fordeles på de enkelte marker. Kvælstofnormerne kan udbyttekorrigeres og for korn og forårssåede afgrøder skal der endvidere korrigeres for den årlige kvælstofprognose. Desuden stilles der et minimumskrav til udnyttelsen af kvælstof i husdyrgødningen. Kravet er afhængig af hvilken type gødning der er tale om og fra driftsåret 97/98 strammes kravene for svinegylle og kvæggylle. Fra driftsåret 1994/95 skal N-behovene i gennemsnit for bedriften endvidere reduceres med 10% af den kvælstofmængde, der blev givet med husdyrgødning det foregående driftsår. Dette krav er øget til 15% for dybstrøelse fra driftsåret 96/97.

Lovgrundlaget for ovennævnte regler findes i Bekendtgørelse fra Plantedirektoratet nr. 655 af 13. august 1993, nr. 662 af 12. juli 1994, nr. 627 af 20. juli 1995, nr. 702 af 22. juli 1996 og nr. 728 af 7. august 1996 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, nr. 159 af 25. marts 1996 og nr. 197 af 13. marts 1997 om kvælstofprognosen for henholdsvis 1994, 1995, 1996 og 1997 samt Bekendtgørelse fra Landbrugsministeriet nr. 101 af 4. februar 1994 om grønne marker, sædskifte- og gødningsplaner samt gødningsregnskaber i jordbruget. Derudover Bekendtgørelser fra Miljøstyrelsen nr. 1159 af 19. december 1994 og nr. 906 af 14. oktober 1996 om erhvervsmæssig dyrehold, husdyrgødning, ensilage m.v.

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 ni år, således at det er muligt at gøre rede for otte driftsår fra 1989/90 til 1996/97. I dette kapitel refereres til driftsårene som hele årstal.

Oplandenes repræsentativitet

Landovervågningsprogrammet omfatter tre sandjords- og tre lerjordsoplande. Grovsandede jorde er repræsenteret med en større an-

Tre sandjords- og tre lerjordsoplande

del i de seks oplande end i Danmark som helhed (51% i oplandene mod 24% i Danmark); finsandede og lerblandede sandjorde er repræsenteret med en tilsvarende mindre andel (13% i oplandene mod 38% i Danmark). De øvrige jordtyper er repræsentative.

Fordeling af 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 kvægbrug og blandede husdyrbrug i oplandene end i hele landet og mindre andel af planteavlbrug. Andelen af svinebrug er den samme i oplandene som i hele landet. Hvis man ser på fordelingen af dyreenheder, er oplandene ikke helt så repræsentative som fordelingen af brug. I oplandene er 62% af dyreenhederne kvæg mod kun 48 % på landsplan. Andelen af svin er tilsvarende mindre, 35% i oplandene mod 48 % i hele landet.

Husdyrtætheden i oplandene

Ovennævnte giver sig udslag i, at husdyrtætheden i oplandene er lidt større end for landet som helhed. I oplandene ligger den gennemsnitlige husdyrtæthed på 1,07 DE ha⁻¹ i 1997, mens landsgennemsnittet ligger på 0,94 DE ha⁻¹. Arealet er opgjort som 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 1997 er der foretaget en opgørelse af landbrugspraksis for driftsårene 1989/90 til 1996/97. Opgørelsen er foretaget for alle marker, der er omfattet af interviewundersøgelsen og som har en driftsperiode. 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 1997

	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
Ejendomme	166	162	157	147	145	140	139	128	128
Areal (ha)		3937	4274	4722	5087	4763	5039	5132	5020
Husdyr (DE)	5556	5655	5877	5775	5967	6098	6041	5406	5588

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 gødkningsniveauet 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

Næringsstofindholdet i husdyrgødningen følger normtallene i Laurson (1994), dog har det været muligt at anvende analysetal for de enkelte ejendomme. For nogle svinebrug kan kvælstofindholdet i

husdyrgødningen være lavere end i disse beregninger på grund af en forbedret fodringspraksis til slagtesvin.

I tidligere år er anvendt en konservativ synsvinkel, dvs. der er anvendt samme normtal og opgørelsesmetoder for alle driftsår. Men som tidligere nævnt, blev der indført nye regler for gødningsplanlægning fra 1994. Her danner definerede kvælstofnormer for de enkelte afgrøder grundlag for en fast kvælstofmængde, som bedriften kan anvende i driftsåret. For at følge lovgivningen er udviklingen i gødningspraksis opgjort med de normtal for afgrøder og nyttevirkning der er gældende de enkelte år i perioden 1994-1997. For 1990 er Miljøstyrelsens normer anvendt (*Hansen 1990 a*), dette år er med for at vise et udgangspunkt. 1991-93 er udeladt, når der indgår beregninger af kvælstofnormen. N-prognosens anbefalinger er fulgt hvert år.

Ifølge lovgivningen kan afgrødernes kvælstofnormer korrigeres opad hvis der kan dokumenteres et forventet udbytte højere end normen. I opgørelsen af opnået udnyttelse af husdyrgødningen følges denne lovgivning. Det er frivilligt i hvilken grad landmanden vil korrigere nedad, hvis det forventede udbytte er lavere end grundnormen. Afgrødernes kvælstofnormer korrigeres dog både op og ned afhængig af det forventede udbytte i opgørelsen af overgødsning, fordi en sådan praksis i denne sammenhæng regnes for godt landskab.

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⁻¹.

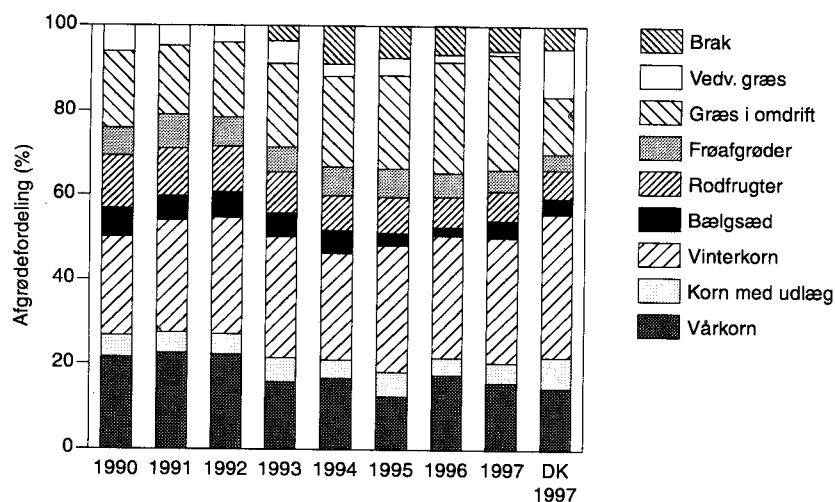
5.2 Afgrøder og husdyrhold i landovervågningsoplandene

Afgrødefordeling og grønne marker.

Afgrødefordelingen i de seks oplande og for hele landet er vist i figur 5.1. Afgrødefordelingen i oplandene i 1997 er omtrent uændret i forhold til 1996, dog er der et lille fald i arealet med vårkorn og brak og en tilsvarende stigning i arealet med græs og vinterkorn. I forhold til landet som helhed udgør det samlede kornareal i oplandene en lidt mindre andel og arealet med græs i omdrift en større andel. Arealet med brak udgør knap 6 % i oplandene i 1997 og godt 5 % i hele landet.

Afgrødefordeling

Figur 5.1 Afgrødefordeling for de seks landovervågningsoplande fra 1990 til 1997 og for hele landet i 1997.



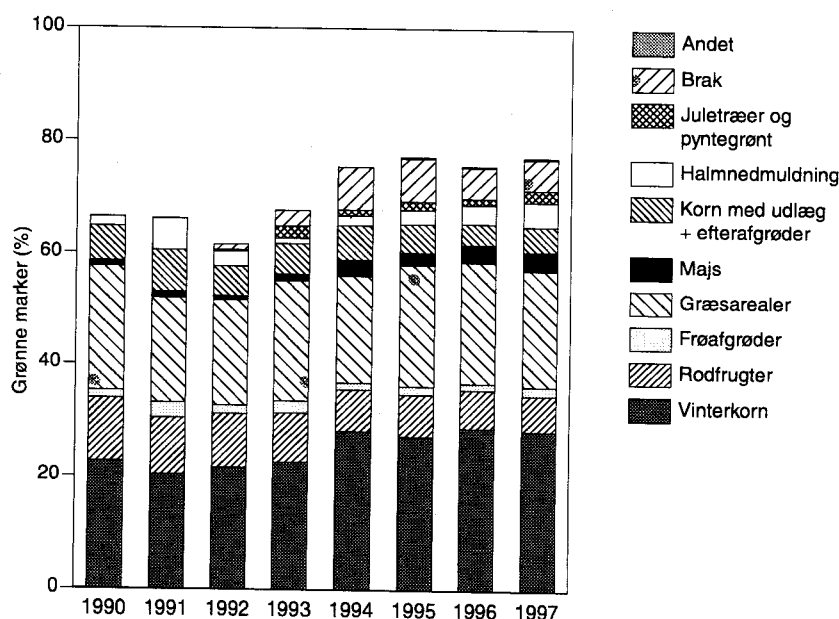
Regler for grønne marker

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, juletræer og pyntegrønt, sene frilandsgrøntsager samt frugt- og bærkulturer. Desuden kan græsmarksafgrøder, der pløjes efter 20. oktober, indgå. Op til 20% af arealet, der indgår i grønne marker, kan erstattes med halmnedmuldning, dog skal 1,6 ha nedmuldes for at erstatte 1 ha grønne marker.

77% grønne marker i oplandene i 1997

I de seks landovervågningsoplande udgør grønne marker 77% af arealet i 1997, figur 5.2. Oplandene opfylder som helhed 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 42%, vinterkorn 37% og rodfrugter, majs, halmnedmuldning og juletræer 21%. 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 77% i 1997.

Figur 5.2 Arealet af grønne marker i procent og fordelt på afgrødetyper fra 1990 til 1997.



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

Inden for opland	DE ha ⁻¹
Storstrøm	0,23
Fyn	0,81
Vejle/Århus	1,04
Nordjylland	1,53
Ringk./Viborg	0,45
Sønderjylland	1,08
LOOP 1-6	0,97
Samtlige arealer i LOOP interview	
LOOP 1-6	1,07
Danmark	0,94

Husdyrhold

I 1997 lå den gennemsnitlige husdyrtæthed på 0,97 DE ha⁻¹ for arealerne inden for oplandene og på 1,07 DE ha⁻¹ for det totale areal i interviewundersøgelsen. Husdyrtætheden i oplandene svarer stort set til landsgennemsnittet på 0,94 DE ha⁻¹ (tabel 5.2). Beregningerne er baseret på arealer med et gødningsbehov; dvs. arealer med brak undtagen non-food afgrøder er fraregnet. Når hele interviewundersøgelsen har en højere husdyrtæthed, skyldes det at netop for husdyrbrug tages arealer med uden for oplandet, hvis de hører til bedriften.

I 1997 blev der i gennemsnit for samtlige arealer i interviewundersøgelsen tilført 82 kg N ha⁻¹ med husdyrgødning og 22 kg N ha⁻¹ ved udbinding; i alt 104 kg N ha⁻¹. Denne mængde er 7 kg N/ha mindre end den producerede mængde på 111 kg N ha⁻¹, som kan beregnes ud fra husdyrtætheden på 1,07 DE ha⁻¹ og forudsat at en dyreenhed har en gennemsnitlig produktion på 104 kg N ab lager (*Danmarks Statistik, 1993*). Forskellen er størst i LOOP 3, hvor nogle få ejendomme har en meget høj husdyrtæthed og derfor eksportere en stor del af deres husdyrgødning. For de øvrige LOOP svarer den producerede husdyrgødning, opgjort ud fra husdyrtætheden, stort set til de udbragte mængder.

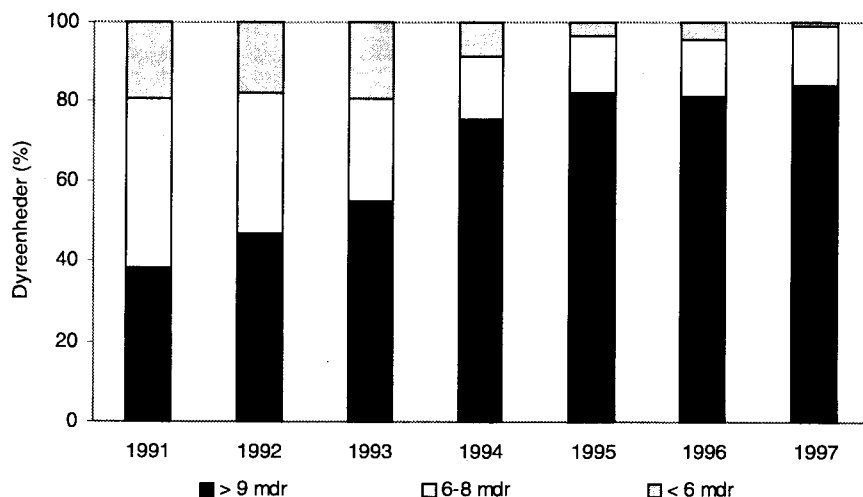
Opbevaringskapaciteter og udbringningstider

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 og udnyttelsesprocenten 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.

84% af dyreenhederne på ejendomme med mindst 9 måneders opbevaringskapacitet

I de seks landovervågningsoplande i 1997 stod 84% af dyreenhederne på ejendomme med opbevaringskapacitet til flydende husdyrgødning på 9 måneder eller derover, mens 99% af dyreenhederne stod på ejendomme med 6 måneders opbevaringskapacitet eller derover. Disse opbevaringskapaciteter er steget en anelse fra 1996 til 1997. Andelen med mindst 9 måneders opbevaringskapacitet er steget igennem hele perioden fra 1991 til 1997 med i alt 46%-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 1997.



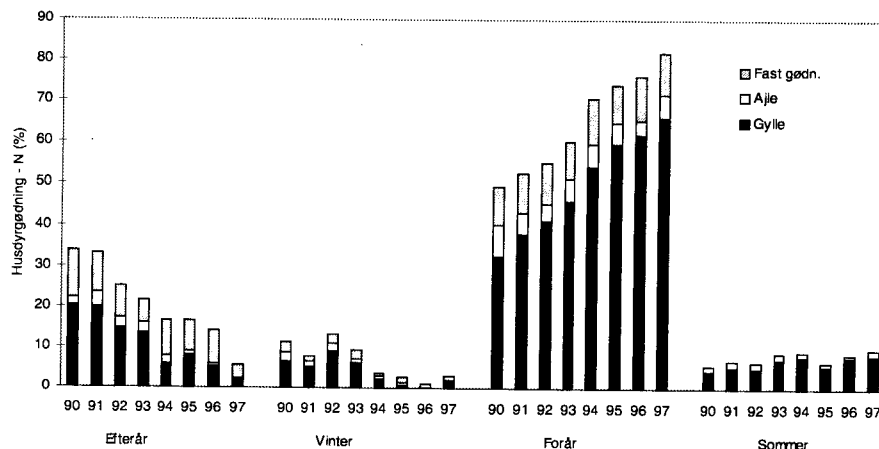
På landsbasis i 1997 hørte 78% af dyreenhederne til ejendomme med 9 måneders opbevaringskapacitet eller derover, mens yderligere 17% af dyreenhederne tilhørte ejendomme med 6 måneders opbevaringskapacitet eller derover. Dette er beregnet på baggrund af tal fra *Danmarks Statistik (1997)* for opbevaringsfaciliteter til gylle og ajle på malkekvægs- og svinebesætninger. Der er altså en lidt større opbevaringskapacitet i oplandene end i gennemsnit for hele landet

37%-point stigning i forårs-/sommerudbringning siden 1990

Udbringningstidspunkterne for husdyrgødning er vist i figur 5.4 for årene 1990-1997. Opgørelsen registrerer den udbragte husdyrgødning eksklusiv den mængde, der efterlades på marken ved afgræsning. Det ses, at den største husdyrgødningsmængde udbringes om foråret. I 1997 blev 92% af den samlede husdyrgødningsmængde udbragt om foråret og sommeren; hvilket var en stigning på 7%-point i forhold til 1996. Andelen af forårs- og sommerudbragt husdyrgødning er steget igennem hele perioden fra 1990 til 1997 med i alt 37%-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 1993 blev der yderlig strammet op på reglerne vedrørende 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.

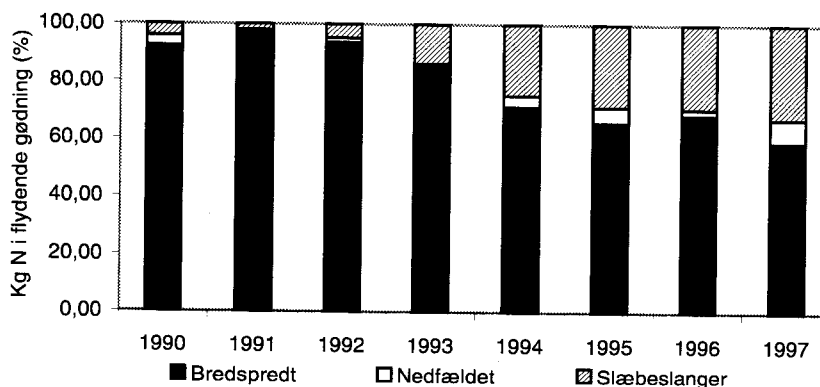
Figur 5.4 Udbringningstid for husdyrgødning fra 1990 til 1997.



Udbringningsmetode

Udbringningsmetoden har stor betydning for hvor stor ammoniakfordampningen fra husdyrgødningen (ab lager) bliver. Ved nedfældning af husdyrgødning er ammoniakfordampningen mindst. Det er vurderet, at ved brug af slæbeslanger er markeeffekten 5-10 % point mindre og ved bredspredning yderligere 5-10 %-point mindre end ved nedfældning. Disse forskelle i udbringningsmetode er mest udtalte i forårs månederne (*Håndbog for plantedyrkning 1996*). Kravene til nyttevirkningen af kvælstof i husdyrgødningen trådte i kraft første gang pr. 1. august 1993. Af figur 5.5 ses at den største ændring i udbringningsmetode netop skete fra 1993 til 1994.

Figur 5.5 Udbringningsmetode for flydende husdyrgødning fra 1990 til 1997, fordelt efter procent kg N for hver metode.



Udbringningsmetoden har indflydelse på, hvor meget kvælstof der er tilbage i husdyrgødningen, når den ender i jorden. Med skærpede krav til udnyttelsen af husdyrgødningen, er interessen for at mindske kvælstoftabet ved ammoniakfordampning tilsvarende øget. I 1990 blev 92% af kvælstoffet i den flydende husdyrgødning bredspredt, i 1997 var dette reduceret til 59%. Især blev slæbeslanger brugt i stedet. I 1990 blev 4% af kvælstoffet i den flydende i husdyrgødning bragt ud med slæbeslanger, dette var steget til 33% i 1997. Nedfældning har først vundet indpas de seneste år og i 1997 blev 8% af kvælstoffet i den flydende husdyrgødning nedfældet. Især udbringningen af svingylle er ændret således at 72% af svinegyllen blev udbragt med slæbeslange eller nedfældet i 1997. Kun 23% af kvæggylle+ajle blev i 1997 udbragt ved en af disse metoder.

5.3 Forbrug og udnyttelse af kvælstofgødning til afgrøderne i landovervågningsoplandene

Gødningstildeling til afgrøderne i 1997

Gødningstildelingen til marker med et gødningsbehov i de seks landovervågningsoplande udgjorde i 1997 gennemsnitlig 104 kg N ha⁻¹ med handelsgødning, 85 kg N ha⁻¹ med husdyrgødning og 23 kg N ha⁻¹ med udbinding. Kvælstoftildelingen til de enkelte afgrøder er vist i tabel 5.3.

Tabel 5.3 Oversigt over gødningsanvendelse til afgrødegrupper i de seks landovervågningsoplande, 1997.

	Vårkorn	Vårkorn + udlæg	Vinter- korn	Rod- frugt	Frø- afgrøder	Græs omd.	Vedv. græs
Handelsgødning (kg N ha ⁻¹)	80	97	122	99	91	107	98
Husdyrgødning (kg N ha ⁻¹)	50	120	78	112	80	106	21
Udbinding (kg N ha ⁻¹)	1	7	0	0	0	71	114
Anbefalet mængde (kg N ha ⁻¹)	100	138	161	143	134	225	157
Nyttevirkning af husdyrgødning (kg N ha ⁻¹)	23	45	39	54	37	41	8
Effektivt tildelt N (kg N ha ⁻¹)	103	142	161	153	128	148	106
Udnyttelse af husdyrg. (%)	40	34	50	39	54	-	-
Total tildelt (kg N ha ⁻¹)	131	224	200	211	171	284	233
Høstet (kg N ha ⁻¹)	113	146	144	136	66	207	148
Høstet/tildelt x 100 (%)	86	65	72	64	39	73	64
Tildelt - høstet	18	78	56	75	105	77	85

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)

"Udnyttelsen af husdyrgødning" udtrykker hvor stor en procentdel af kvælstoffet i husdyrgødningen, som den anbefalede kvælstofmængde udgør, når handelsgødningskvælstoffet (og andet) er fratrukket. Udbinding indgår ikke i "Total tildelt husdyrgødningskvælstof".

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, hvilket først bliver aktuelt for gødningsåret 1997/98. Fra 1995 skal der derudover korrigeres for eftervirkningen af husdyrgødning og anden organisk gødning, udbragt året før; 15% for dybstrøelse, 10% for al anden organisk gødning.

Udviklingstendenser i tildelte og anbefalede kvælstofmængder

Opgørelser over udviklingstendenser i tildelte kvælstofmængder er udarbejdet for alle afgrødegrupper med en kvælstofnorm.

Alle afgrødegrupper med en kvælstofnorm

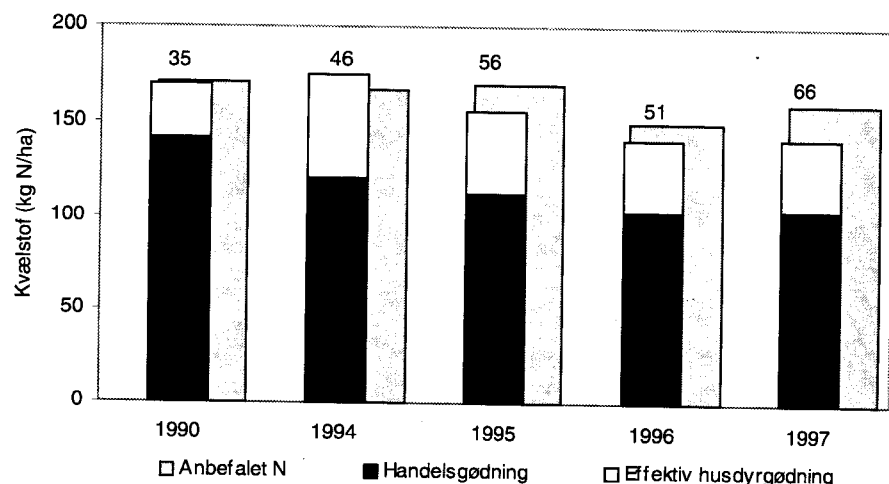
grøder er med i denne opgørelse, til trods for at gødningstildelinger og anbefalede kvælstofmængder til disse afgrøder er vanskelige at definere.

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, er det usikkert om der anvendes de gødningsmængder der svarer til de anbefalede mængder.

Udviklingen i forbrug og anbefalede kvælstofmængder for perioden 1990-97 er vist i figur 5.6; datamaterialet er desuden vist i bilag 5.1. Der er kun medtaget 1990 og 1994-97 i denne opgørelse, fordi Plantedirektoratet først kom med kvælstofnormer fra 1994. 1990 er med for at vise udgangspunktet.

Handelsgødningsforbruget faldt fra 142 til 104 kg N ha⁻¹ i perioden 1990-97, mens tilførsel af effektiv husdyrgødningskvælstof steg fra 28 til 38 kg N ha⁻¹ i samme periode. Denne stigning i husdyrgødningskvælstof skyldes primært en bedre udnyttelse, som blandt andet som resultat af en større forårs- og sommerudbringning. Total effektiv kvælstoftilførsel er således faldet fra 170 kg N ha⁻¹ i 1990 til 142 kg N ha⁻¹ i 1997. Anbefalet kvælstof har ligget på mellem 150 og 171 kg N ha⁻¹ i 1990-97, lavest i 1996 som følge af et stort fradrag i kvælstofbehovet fra kvælstofprognosen. I 1997 er den anbefalede mængde kvælstof i gennemsnit på 160 kg N ha⁻¹. Gennem årene er der sket et fald i det gennemsnitlige forbrug af kvælstofgødning set i forhold til den anbefalede mængde, således at den effektive tildelte mængde kvælstof i de seneste tre år har været lavere end de gennemsnitlige anbefalede mængder. Her skal det tages i betragtning, at græsafgrøder er med i opgørelsen, disse afgrøder har en relativ høj anbefalet kvælstofnorm, som ofte ikke tildeles.

Figur 5.6 Udviklingen i gødningspraksis for alle afgrødegrupper med et gødningsbehov. Udnyttelsen af husdyrgødning er angivet i procent over søjlerne.



Udnyttelse af husdyrgødningens kvælstof

Udnyttelsen af husdyrgødning opgjort for marker med en kvælstofnorm steg 31%-point fra 1990 til 1997

Den gennemsnitlige udnyttelse af husdyrgødningen, opgjort for marker med en kvælstofnorm, er generelt steget i perioden 1990-97 (figur 5.6). I 1990 lå udnyttelsesprocenten af husdyrgødning på gennemsnitlig 35% og i 1997 på 66%; dvs. der er en stigning på 31%-point igennem perioden. Hertil kommer eftervirkning af husdyrgød-

ning udbragt året før, som fra 1995 regnes som 15% for dybstrøelse og 10% for anden husdyrgødning. Til denne opgørelse over udvikling i udnyttelse af husdyrgødning er anvendt anbefalede normer efter Hansen (1990a) for 1990 og normer fra Plantedirektoratet de øvrige år.

Næsten 70% af ejendommene opfyldte minimumkrav til udnyttelse af husdyrgødning i 1997

Den gennemsnitlige udnyttelse af husdyrgødning for ejendommene i henhold til gældende lovgivning er vist i tabel 5.4, for 1997. I opgørelsen er medtaget ejendomme, som anvender husdyrgødning, og som er større end 10 ha; anbefalede mængder er efter Plantedirektoratet (*Håndbog for Plantedyrkning, 1997*). 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 82% af det totale areal i interviewundersøgelsen. Som gennemsnit for ejendommene var kravet til minimumsudnyttelse 39,6%, mens opnået udnyttelse var på 66,6%; altså en udnyttelse der var 27% over kravet. Dette forhold var gældende for kvægbrugene og blandede husdyrbrug.

Planteavlbrugene og svinebrugene opnåede gennemsnitlig en lavere udnyttelse, som lå tættere på lovkravet (tabel 5.4). Årsagen til denne forskel kan være at græsmarker ofte ikke gødes så meget som tilladt og slet ikke med handelsgødning. Dette giver en høj udnyttelsesprocent for den husdyrgødning der udbringes på græsmarkerne. Da især kvægbrug har græsmarker, bliver det særlig udtalt for kvægbrug. Gennemsnitstallene dækker dog over store variationer. Af tabel 5.5 fremgår det, at 74,3% af ejendommene havde opnået en udnyttelsesprocent, der var større end minimumskravet; 13,5% havde en udnyttelse, der var mellem kravet og 5%-point under kravet, mens 12,2% havde en udnyttelse, der var mere end 5%-point under kravet. Sidstnævnte gruppe anvendte 11% af husdyrgødningen og udgjorde 10% af arealet i opgørelsen. I 1996 havde 20% af ejendommene en udnyttelse der var mere end 5% under kravet. Forklaringen på denne forskel er dels en reel forbedring af udnyttelsen og dels at N-prognosen for 1997 betød et langt mindre fradrag i kvælstofnormerne end i 1996.

Tabel 5.4 Udnyttelse af husdyrgødning i henhold til gældende lovgivning på ejendomme i landovervågningsoplændene større end 10 ha og med anvendelse af husdyrgødning. Opdeling på brugstyper, 1997.

	Antal brug i opgørelsen	Opnået udnyttelse (%)	Krav til udnyttelse (%)	Antal brug som opfylder krav	Areal ha	Husdyrgødning t N
Kvægbrug	43	78,2	38,4	39	2322	212,7
Svinebrug	17	46,1	42,4	8	1081	96,3
Kvæg+svin	4	56,3	39,0	2	356	42,8
Planteavl	10	52,5	40,6	6	351	32,5
Alle brug	74	66,6	39,6	55	4110	384,3

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, 1997

	Ejendomme Antal 74	Opnået udnyttelse	Krav til udnyttelse	Areal ¹⁾ 4110 ha	Husdyr- gødning 384,3 t N
	%	%	%	%	%
Opfyldt krav til udnyttelsen	74,3	78,2	39,1	74,8	71,4
Udnyttelsen 5 % mindre end kravet	13,5	39,3	42,1	14,8	17,5
Udnyttelsen er mere end 5% under kravet	12,2	26,0	40,5	10,4	11,1

¹⁾ Angiver areal i opgørelsen; dyrket areal i hele interviewundersøgelsen er 5020 ha.

Det kan konkluderes at fra 1996 til 1997 er der sket en forbedring i både den gennemsnitlige opnåede udnyttelse af husdyrgødningen samt andelen af brug der opfylder lovkravet. Især svinebrugene tegner sig for forbedringerne, således at de i 1997 i gennemsnit har en bedre udnyttelse end lovkravet. Disse forbedringer er muligvis endnu større, idet kvælstofindholdet i husdyrgødningen fra nogle svinebrug er lavere end i disse beregninger, på grund af forbedret fodringspraksis til slagtesvin. Total set er der dog stadig 26% af brugene, som ikke opfyldte minimumskravet til udnyttelse af husdyrgødning og 12% der har en udnyttelse, der er mere end 5%-point lavere end kravet.

Forventede udbytter i forhold til de faktiske

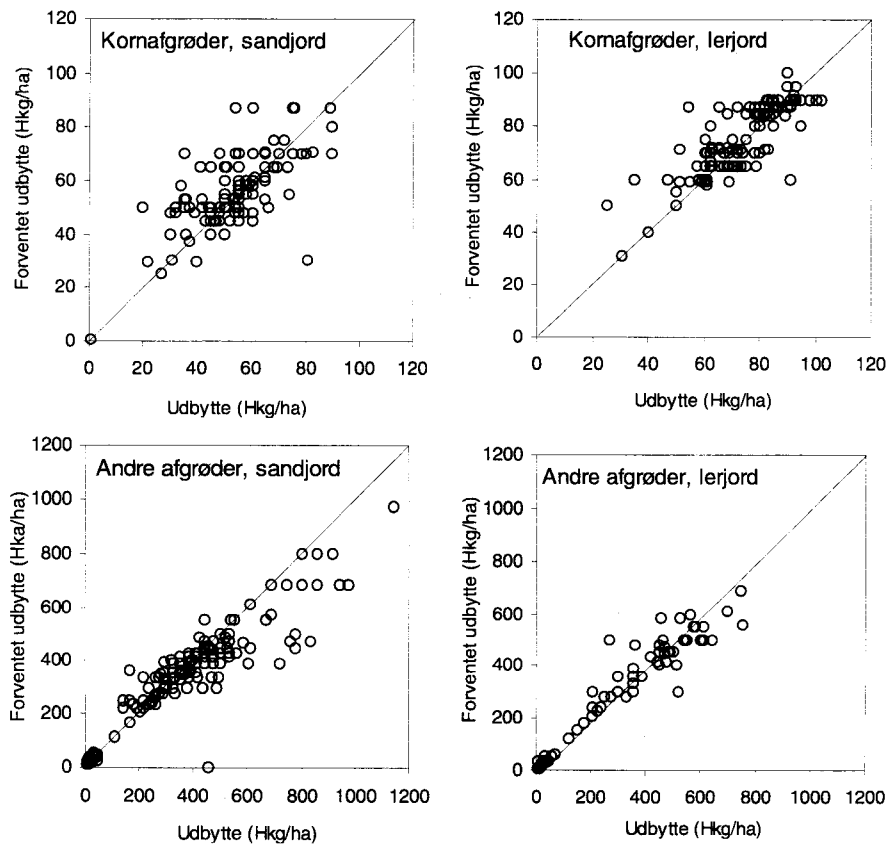
Generelt realistisk niveau til de forventede udbytter

I det følgende er det anskueliggjort om der er sammenhæng mellem de forventede udbytter og de faktiske udbytter for 1997 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 5.7 vises de forventede udbytter som funktion af de faktiske udbytter for 1997, opgørelsen er delt i to grupper; vår- og vinterkorn udgør den ene gruppe og frøafgrøder, græs og rodfrugter udgør den anden gruppe, her betegnet "andre afgrøder".

Af figuren ses, at de forventede udbytter generelt set ligger på et realistisk niveau, kun andre afgrøder på sandjord har en tendens til at blive undervurderet. Dette betyder, at landmændene ikke har forsøgt at øge deres kvælstofkvote, ved at have for høje forventede udbytter. Når der beregnes middelværdier og standardafvigelser for "forventet udbytte - faktisk udbytte", viser det sig, at middelværdierne for korn, som forventet er meget tæt på nul og "andre afgrøder" undervurderes en smule, men forventet = faktisk udbytte er dog stadig inden for standardafvigelsen.

Det forventede udbytte danner grundlag for den anbefalede kvælstofnorm. Hvis det forventede udbytte er større end normen, således at der tildels ekstra kvælstof, skal der ligge dokumentation for en sådan forventning. Derfor er det blevet særligt vigtigt for landmanden at have realistiske forventninger til udbyttet.

Figur 5.7 Forventede udbytter som funktion af faktiske udbytter for 1997



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 eller efter udbringning. Resten af det uorganiske kvælstof er i princippet tilgængeligt for afgrøderne; men denne del kan også udvaskes i perioder med afstrømning.

Nyttevirkningen steg 9%-point fra 1990 til 1997

I landovervågningsoplandene er den gennemsnitlige nyttevirkning af udbragt husdyrgødning til alle afgrødegrupper med et kvælstofbehov steget fra 34% i 1990 til 44% i 1997; beregningen for 1990 er baseret på nyttevirkingstal fra 1990 og i beregningerne for 1994-97 er baseret på nyttevirkingstal for de enkelte år, (bilag 5.1) (*Håndbog for plantedyrkning, 1994-1996*). Fra 1990 til 1997 ses således en stigning på 10%-point, som afspejler, at en stadig stigende del af husdyrgødningen blev udbragt om foråret og sommeren i perioden 1990-97. Stigningen i forår- og sommerudbringningen var 37 %-point i denne periode. Nyttevirkningen steg stort set ikke fra 1994 til 1996, men fra 1996 til 1997 ses en stigning på 2%. Handelsgødningsforbruget faldt fra 142 kg N ha⁻¹ i 1990 til 104 kg N ha⁻¹ i 1997. Således udgør handelsgødningen nu en mindre andel af den anbefalede mængde, 65% i 1997 mod 83% i 1990.

Overgødskning

Overgødskning til afgrøderne

Effektiv tildelt kvælstof set i forhold til anbefalet kvælstof til afgrøderne er et udtryk for overgødskningens størrelse. Ved effektiv tilde-
ling forstås kvælstof i handelsgødning plus nyttevirkningen af hus-
dyrgødning. Denne opgørelse er foretaget for alle marker med en
kvælstofnorm. Arealerne er herefter inddelt i 10%-fraktiler med sti-
gende forhold af effektiv tildelt N / anbefalet N. Ved optimal kvæl-
stoftildeling vil forholdet være 100%, men på grund af usikkerheder
ved opgørelsen må man anse kvælstoftildelinger med en margin på
20% af den anbefalede værdi for at være indenfor godt landmands-
skab. I vores beregninger korrigeres afgrødernes behov for eftervirk-
ning af husdyrgødning på markniveau.

I praksis vil nogle landmænd korrigere for eftervirkningen af hus-
dyrgødningen som en gennemsnitlig fradrag i afgrødernes behov på
alle marker, andre efter kendskabet til den enkelte mark. Forskelle i
håndtering af husdyrgødningens eftervirkning bidrager derfor til
ovennævnte usikkerhed i normfastsættelsen. Formålet med bereg-
ningen af overgødskningen, er at få et tabspotentiale, som siden hen
kan sættes i relation til den beregnede udvaskning.

Der overgødes på ca. 20% af
arealet

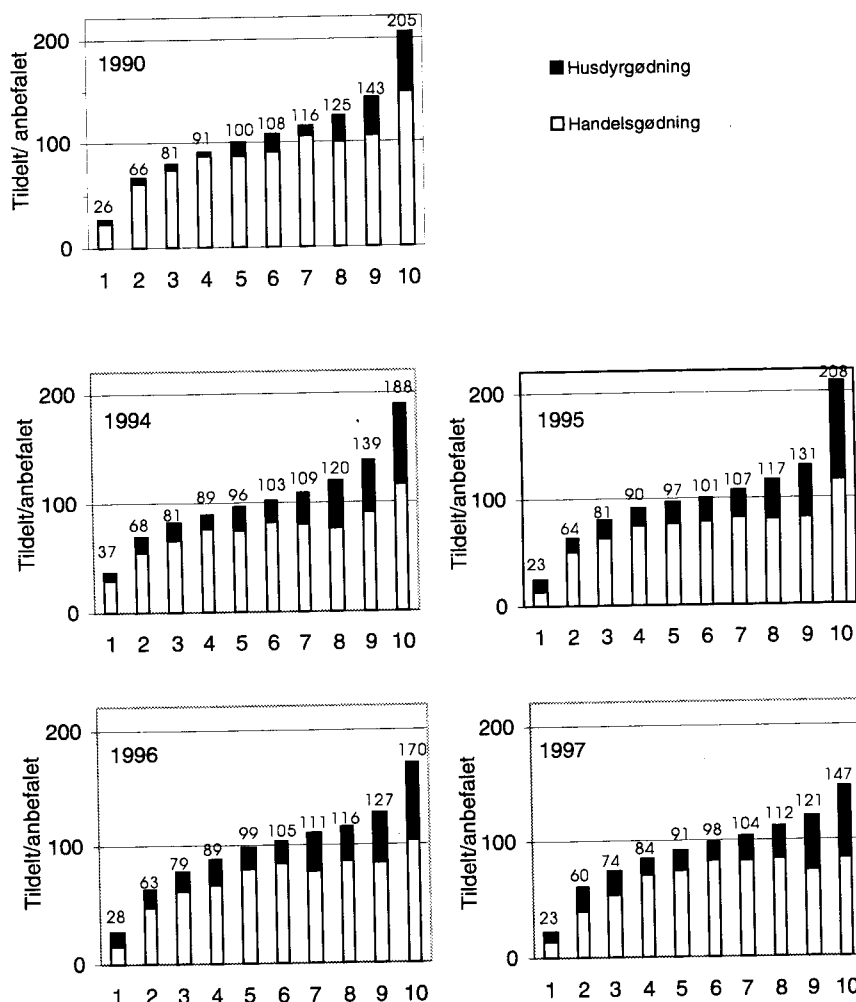
Ovennævnte opgørelse er foretaget for årene 1990 og 1994 til 1997. Til
vurdering af udviklingstendenser er anvendt anbefalede normer efter
Plantedirektoratet 1994-97 og nyttevirkningstal efter Håndbog for
planteavl 1994-96. I 1990 er anvendt *Hansen (1990a)* til beregning af
den anbefalede kvælstof norm og nyttevirkningstallet er fra Hånd-
borg for Planteavl 1991 (figur 5.8).

I 1990 blev der overgødet på ca. 30 % af arealet, hvilket falder til ca.
20 % af arealet i 1995-97. Mindst lige så vigtigt er det, at overgødsk-
ningens størrelse er aftaget, på 30 % af arealet blev der i 1990 gødet
med 25-105% over den anbefalede værdi, hvilket gradvis er faldet til
12-47% over den anbefalede værdi i 1997. I 1997 svarer dette til en
effektiv gødningstildeling på mellem 18-56 kg N /ha over den anbe-
falede mængde for de tre sidste arealfraktiler.

Overgødskning og
udnyttelse af
husdyrgødning

Figur 5.8 viser, at handelsgødningen siden 1990 udgør en stadig
mindre del af afgrødernes kvælstofbehov. Den resterende del opfyl-
des af husdyrgødningen, hvilket betyder at den faktiske udnyttelse af
husdyrgødningen forbedres. Da der stadig overgødskes på en del af
arealet, kan udnyttelsen af husdyrgødningen dog øges endnu mere.
Dette kan også udledes af tabel 5.5, hvor 12% af ejendommene endnu
ikke lever op til kravene om udnyttelse af husdyrgødningen.

Figur 5.8 Tildelte kvælstofmængder i forhold til anbefalede kvælstofmængder for alle afgrøder med et kvælstofbehov - fordelt på 10% arealfraktiler efter stigende kvælstoftildeling. Opgørelsen viser udviklings tendensen fra 1990 og 1994 til 1997. For 1990 er anbefalet N efter Hansen (1990a) og nyttevirkningstal efter Håndbog for plantedyrking 1990. For 1994-97 er benyttet Plantedirektorates normer for de pågældende år og nyttevirkningstal efter Håndbog for planteavl de respektive år.



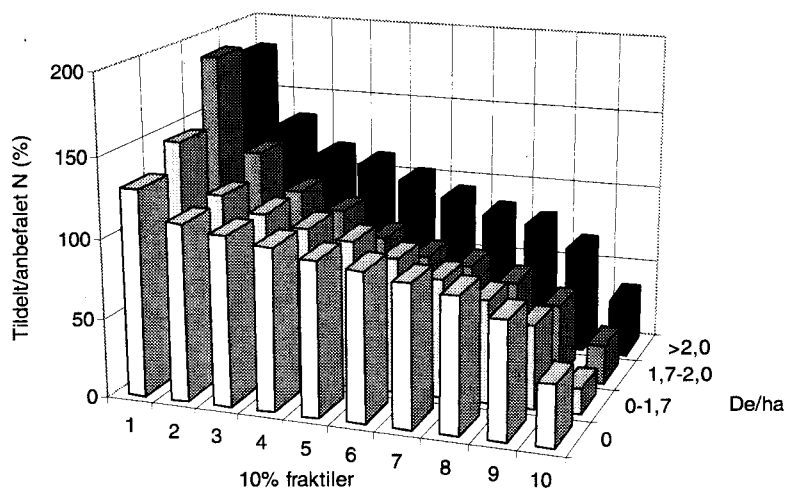
Stigende overgødsning med stigende husdyrtæthed

Overgødsning i relation til husdyrhold og brugstyper

For at beskrive overgødsningens størrelse i relation til husdyrtætheden er de tildelte kvælstofmængder for afgrøder med en kvælstofnorm opgjort i forhold til de anbefalede kvælstofmængder (Plantedirektoratets normer) grupperet på ejendomme efter stigende husdyrtæthed.

Opgørelsen ses i figur 5.9 for 1997. Her ses stigende overgødsning på brug med stigende husdyrtæthed. Uanset husdyrtæthed overgødes der på op til ca. 20% af arealet. Overgødsningens størrelse er større ved de store husdyrtætheder; brug med 1,7-2,0 DE/ha gøder med 88% over den anbefalede mængde på 10% af arealet og brug med mere en 2,0 DE/ha med 81% på 10% af arealet. Datamaterialet til figuren er vist i bilag 5.2.

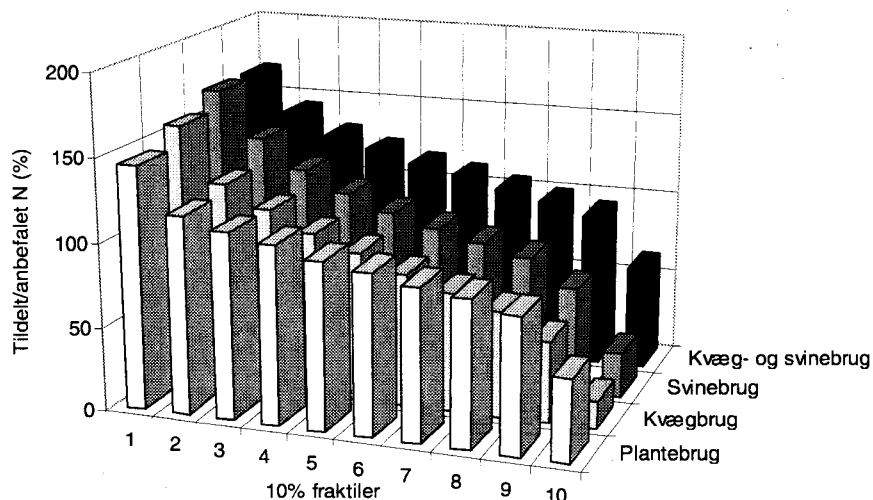
Figur 5.9 Tildelte kvælstofmængder i forhold til anbefalede kvælstofmængder for afgrødegrupper med et kvælstofbehov indenfor fire ejendomsgrupper med stigende husdyrtætheder for 1997. Anbefalede kvælstofmængder er fra Plantedirektoratet for 1997 og nyttevirkning af husdyrgødning er opgjort med normal for 1996.



Brugstyper og overgødskning

De tildelte kvælstofmængder er opgjort for alle afgrødegrupper med en kvælstofnorm i forhold til de anbefalede kvælstofmængder (Plantedirektoratets normer) grupperet efter brugstyper. Figur 5.10 viser, at der i 1997 på planteavlsbrugene overgødes på ca 10% af arealet, mens der på husdyrbrugene overgødes på 20-30% af arealet. Overgødskningen er størst på svinebrugene og på de blandede kvæg- og svinebrug; her gødes med ca. 67% over den anbefalede mængde 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 bedriftstyper for 1997. Anbefalede kvælstofmængder er fra Plantedirektoratet for 1997 og nyttevirkning af husdyrgødning er opgjort med for 1996.



Uanset om overgødskningen opgøres pr. brugstype eller dyreenheder pr. hektar, er der et tydeligt fald i overgødskningen sammenlignet med 1996. Dette gælder både størrelsen af overgødskningen og arealet det sker på.

5.4 Kvælstofbalancer for landbrugsarealet i landovervågningsoplandene

Opgørelsesmetode

For at belyse tabspotentialen 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 husdyr-

gødning inklusiv udbinding samt kvælstoffixering og atmosfærisk deposition. Kvælstoffixering er beregnet efter *Kyllingsbæk (1995)*. Output i form af fjernet kvælstof er opgjort på basis af høstudbyttet og normtal for afgrødernes kvælstofindhold (*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.

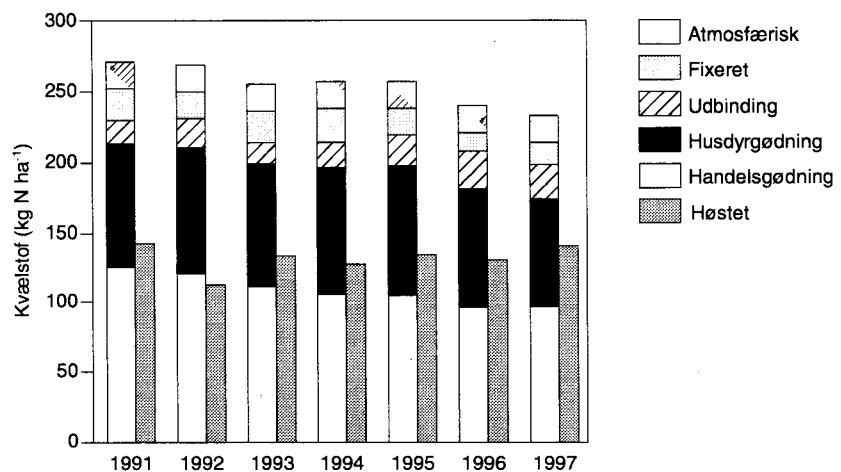
Tabspotentiale for kvælstof

Balancen er et mål for tabspotentialet; 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 1991-97 er vist i figur 5.11. Tilførslen af handelsgødningskvælstof er faldet fra 125 kg N ha⁻¹ i 1991 til 96 kg N ha⁻¹ i 1997, mens tilførsel af husdyrgødningskvælstof er næsten det samme ca. 105 henholdsvis 103 kg N ha⁻¹ i samme periode. Den totale tilførsel til landbrugsarealet er faldet med ca. 14% fra 1991 til 1997. Kvælstof fjernet med afgrøderne har varieret mellem 112 og 143 kg N ha⁻¹, med de laveste værdier i 1992. Nettotilførslerne har varieret afhængig af høstudbytterne, men har dog generelt været faldende fra 128 kg kvælstof/ha i 1991 til 92 kg kvælstof/ha i 1997.

Figur 5.11 Kvælstofinput og kvælstofbalance for landbrugsjord i landovervågningsoplandene, 1991-97. (Brakarealerne er indregnet i denne opgørelse).



Nettotilførsel af kvælstof stiger med stigende husdyrtæthed

Nettotilførslen af kvælstof til markerne er ligesom overgødsningens størrelse stigende med stigende husdyrtæthed. Således var overskuddet i 1997 for planteavlsbrug, husdyrbrug med 0-1,7 DE ha⁻¹ og husdyrbrug med mere end 1,7 DE ha⁻¹ henholdsvis 42 kg, 100 kg og 144 kg N ha⁻¹.

5.5 Fosforbalancer for landbrugsarealet i landovervågningsoplandene

Baggrund

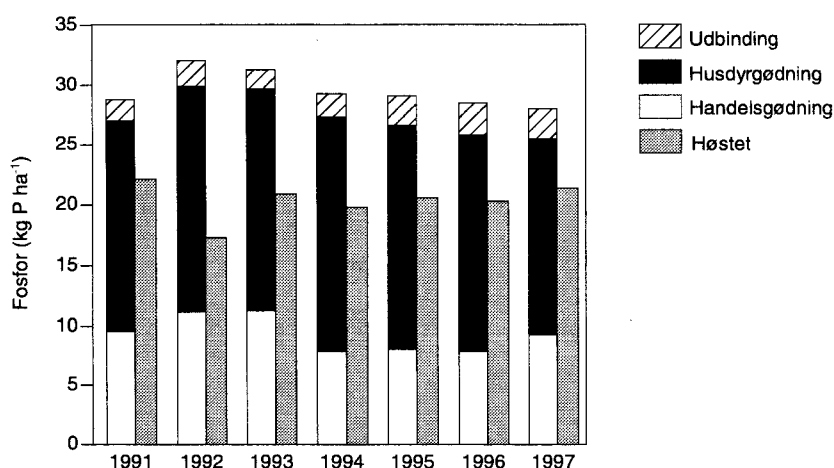
Med hensyn til fosforgødskning forefindes vejledende normer for de enkelte afgrøder (*Håndbog for Plantedyrkning, 1996*); normerne gælder for jorde med middelhøj fosforstatus, og behovene og tilførslerne skal ses over en flerårig periode.

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 lande, f.eks. Sverige reguleres husdyrgødningstilførslen desuden på basis af fosforindholdet i denne.

Udvikling i fosfor input

Udviklingen i fosforbalancerne for landbrugsarealet i perioden 1991-97 er vist i figur 5.12. Tilførsel af handelsgødningsfosfor er kun faldet lidt fra ca. 10,5 kg P ha⁻¹ i 1991-92 til ca. 9,3 kg P ha⁻¹ i 1997. Tilførslen af husdyrgødningsfosfor er også faldet en anelse fra ca. 19,6 til ca. 18,7 kg P ha⁻¹ i samme periode. Den totale tilførsel til landbrugsarealet er således faldet med ca. 1% fra 1991-2 til 1997. 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 11% 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.

Figur 5.12 Fosforinput og fosforbalance for landbrugsjord i landovervågningsoplandene, 1991-1997. (Brakarealerne er indregnet i denne opgørelse).



Fosfor fjernet med afgrøder

Fosfor fjernet med afgrøderne er opgjort på basis af høstudbytte og normtal 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⁻¹ i årene 1991-1997 med de laveste værdier i 1992. Dette medfører, at nettotilførslerne af fosfor til landbrugsjorden er faldet fra ca 10,5 kg P ha⁻¹ i 1991-92 til ca. 6,6 kg P ha⁻¹ i 1997.

Nettotilførsel af fosfor størst for svinebrug og blandede brug

I tabel 5.6 er fosforbalancerne for 1997 opgjort for henholdsvis brugstyper og dyrtæthedsgrupper. Tilførsel af fosfor til markerne på planteavlsbrugene udgjorde 17,9 kg P ha⁻¹ med handelsgødning og 5,3 kg P ha⁻¹ med husdyrgødning, mens husdyrbrugene forbrugte gennemsnitlig 6,2 kg P ha⁻¹ med handelsgødning og 23,5 kg P ha⁻¹ med husdyrgødning. Resultatet blev, at alle brugstyper havde en positiv nettotilførsel af fosfor. Planteavlsbrugene havde mindst, 2,5 kg P ha⁻¹, mens kvægbrugene havde en nettotilførsel på 6,1 kg P ha⁻¹ og svinebrugene og de blandede brug en nettotilførsel på henholdsvis 9,8 og 13,2 kg P ha⁻¹. 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, hvor gødningen har et noget højere fosforindhold end andet husdyrgødning.

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⁻¹ udgjorde nettotilførslen således henholdsvis 2,9, 5,1 og 15,0 kg P ha⁻¹.

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 dyrtæthed, 1997.

	Brugstyper				Dyrtæthed			
	Plante	Kvæg	Svin	Blandet	0	0-1,7	1,7-2,3	> 2,3
•Areal (ha)	1308	2103	1127	385	1235	2674	732	281
Handelsgødn. (kg ha ⁻¹)	17,9	7,6	4,4	4,1	18,3	6,1	8,6	2,3
Husdyrgødn. ¹⁾ (kg ha ⁻¹)	5,3	21,6	25,3	28,5	5,6	20,6	28,1	35,2
Høstet P (kg ha ⁻¹)	20,7	23,1	19,9	19,4	21,0	21,5	23,0	19,3
Total tilf.-høstet (kg ha ⁻¹)	2,5	6,1	9,8	13,2	2,9	5,1	13,8	18,1

¹⁾ Husdyrgødning incl. udbinding.

5.6 Gødningsforbruget for hele landet fra 1985 til 1997

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 afsnit beskrives udviklingen i forbruget af kvælstof- og fosforgødning på landsplan. Første del 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.

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 forårsmånederne 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*). De stikprøver der tages, hvor der analyseres for kvælstof og fosfor, antages at være repræsentative, både for slam og industriaffald. I slam anvendt til jordbruget regnes med et gennemsnitlig N-indhold på 4% af tørstoffet og et gennemsnitlig P-indhold på 3% af tørstoffet. Slamforbruget for 1997 er endnu ikke opgjort og er derfor sat til det samme som i 1996 (*Miljøstyrelsen, 1996*). Industriaffald er for første gang med i opgørelsen. Opgørelsen for 1997 foreligger endnu ikke, hvorfor tallene fra 1996 benyttes også her. Industriaffald har størst indflydelse på input af fosfor, idet det i gennemsnit indeholder 3 % fosfor, men kun 0,7 % kvælstof (*Hedeselskabet, 1998*).

Det dyrkede areal for perioden 1985 - 1995 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 1994-1996 er beregnet af *Danmarks Statistik, 1997* ud fra de nugældende normer for husdyrgødningsproduktion og næringsstofindhold i husdyrgødning (*Laurson, 1994*). I 1997 blev normen for udskilt næringsstoffer i husdyrgødning revurderet, bl.a. fordi der er en forbedret fodringspraksis (*Poulsen og Kristensen, 1997*). Efter disse normer er kvælstofindholdet i husdyrgødningen (ab dyr) reduceret med 10,5 %, mens fosforindholdet er steget med 9%. I opgørelsen af gødningsforbruget for hele landet er der korrigeret for de nye normer fra 1997.

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 kvælstofgødskning i kraft. Miljøstyrelsen har i samarbejde med DMU, Danmarks JordbrugsForskning (DJF) 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 opgjort efter sidstnævnte metode for årene 1994 til 1997.

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 Plantedirektorates normer (*Miljøstyrelsen 1996*).

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

N forbrug og behov i 1997

Forbrug af kvælstofgødning for hele landet

I 1997 udgjorde handelsgødningsforbruget 282 mio. kg N, hvilket er et fald på bare 3 mio. kg N (1%) i forhold til 1996. Antallet af husdyr er steget meget svagt med 0,01% til 2.395.000 dyreenheder. Selv om ændringen i dyreenheder er lille, er der et noget større fald i kvælstof fra husdyrgødning. Dette skyldes den tidligere omtalte nedsættelse af normen for kvælstofindholdet i husdyrgødning generelt. Afgrødernes samlede behov er steget i forhold til 1996, hvilket hovedsagelig skyldes, at kvælstofprognosen medførte et mindre fradrag i 1997 end i 1996; 7,5 mio. kg N mod 30 mio. kg N. Den indregnede eftervirkning af husdyrgødning var i 1997 på 19,4 mio. kg N, kun en anelse lavere end i 1996, hvor den var på 20,8 mio. kg N. Det samlede gødningsforbrug er faldet med 25 mio. kg N (4%) fra 1996 til 1997, hvilket primært skyldes en ændring af husdyrgødningens definerede kvælstofindhold (tabel 5.7).

Tabel 5.7 Gødningsforbrug, dyreenheder og anbefalet kvælstofbehov for hele landet i 1985, 1995, 1996 og 1997 (sammendrag af bilag 5.3 og 5.4)

	1985	1995	1996	1997
Handelsgødningskvælstof i mio. kg N	392	310	285	282
Udbragt husdyrgødningskvælstof i mio. kg N	214	212	213	190
Effektiv gødning i mio. kg N	448	399	374	362
Anbefalet behov mio. kg N ²⁾	408	368	338	353
DE i 1000	2507	2418	2394	2396
Total kvælstofinput ¹⁾	745	655	631	606

¹⁾ Kvælstofinput består af kvælstof i handelsgødning og husdyrgødning, kvælstoffiksering og kvælstofdeposition.

²⁾ For 1985 er N behovet opgjort efter *Hansen (1990a)*. For 1995-1997 er N behovet opgjort efter Plantedirektoratets regler (*Miljøstyrelsen, 1996*). N behovet opgjort efter metode af *Hansen (1990a)* udgør for 1995 og 1996 henholdsvis 371 og 384 mio. kg N.

Udvikling i kvælstofforbrug
1985 - 1997

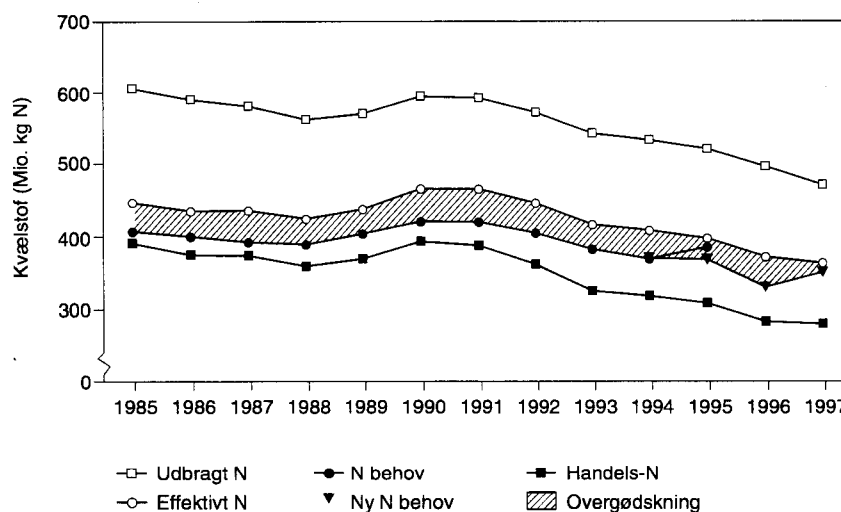
Handelsgødning udgjorde i
1997 79,9% af anbefalede
behov

På landsplan er den samlede tilførsel af handelsgødning faldet fra 392 mio. kg N i 1985 til 282 mio. kg N i 1997. Mængden af husdyrgødning er faldet lidt fra 214 til 190 mio. kg N i perioden. Herved er den samlede kvælstoftilførsel (handelsgødning og husdyrgødning uden udbinding) til de dyrkede arealer faldet fra 606 mio. kg N i 1985 til 472 mio. kg N i 1997; faldet udgør 22%. I samme periode faldt afgrødernes kvælstof anbefalede behov med 56 mio. kg N. Nedgangen i tildelt kvælstof, set i forhold til afgrødernes behov, er 36 mio. kg N i perioden 1985-94 og 43 mio. kg N i perioden 1994-97; nedgangen udgør henholdsvis 6% og 8%. Plantedirektorates normer for kvælstofbehov trådte i kraft i 1994. 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 er ændret gradvist frem til nu, hvor handelsgødningen udgør omkring 80% 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; på baggrund af opgørelserne i Landovervågningen (bilag 5.1) er der ikke basis for at antage, at nyttevirkningen er steget yderligere i perioden 1994-1996, mens nyttevirkningen i 1997 steg til 44%.

Den totale udbragte kvælstofmængde, den effektive kvælstofmængde, afgrødernes kvælstofbehov og kvælstof i handelsgødning vises i figur 5.13. Overgødsningen vises ved det skraverede felt som forskellen mellem tilført effektiv kvælstof og afgrødernes behov. Overgødsningen svinger mellem 13 og 45 mio. kg N i hele perioden med en tendens til generelt at blive mindre midt i 1990'erne. I 1997 er overgødsningen på landsplan nede på 13 mio. kg kvælstof.

Figur 5.13 Udviklingen i total og effektivt tildelt kvælstof, kvælstofbehov og handelsgødningskvælstof for hele landet i perioden 1985 til 1997. (Der er indregnet 2% stigning i nyttevirkningen af husdyrgødningskvælstof pr år fra 1985 til 1993; fra 1994-1996 er nyttevirkningen fastholdt på 42%, mens den steg til 44% i 1997.



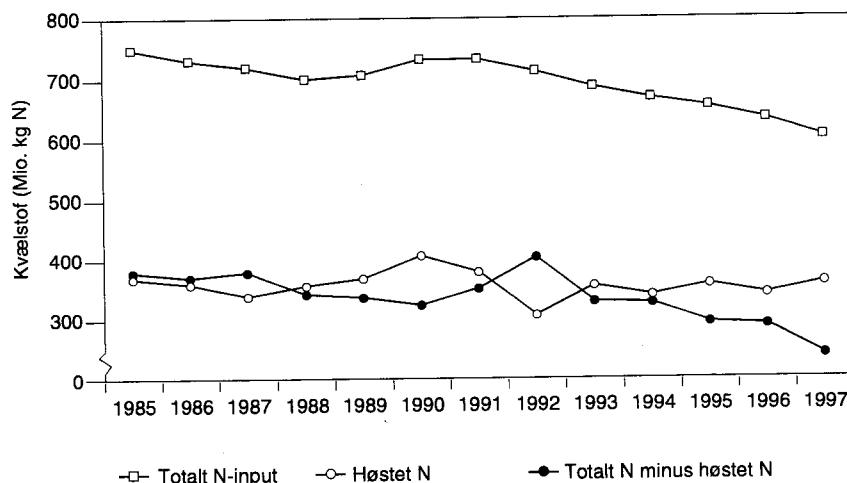
Markbalance for det totale kvælstofinput og høstet kvælstof fra det dyrkede areal

Markbalance for kvælstof opgjort over hele landet

Udviklingen i det totale kvælstofinput i forhold til det høstede kvælstof er vist i figur 5.14. Det totale input af kvælstof kommer fra handelsgødningsforbruget, forbruget af slam, industriaffald, kvælstof-fixerings, depositionen og kvælstof udskilt fra husdyrerne fratrukket ammoniakfordampningen fra stald og lager. For markbalancen vil tabspotentialt omfatte kvælstofudvaskning fra rodzonen, ændringer i jordens organiske puljer, denitrifikation og ammoniakfordampningen ved udbringning af husdyrgødningen. Forskellen mellem total input og høstet kvælstof er reduceret fra 380 mio. kg N i

1985 til 243 mio. kg N i 1997. Set over hele perioden udgør reduktionen 27% (beregnet ved lineær regression). Hvis kvælstofindholdet i husdyrgødning beregnes efter normtal i Laursen (1994) udgør den tilsvarende reduktion 24%.

Figur 5.14 Udviklingen i tildelt kvælstof og høstet kvælstof for hele landet i perioden 1985 til 1997.



Nettertilførsel pr arealenhed landbrugsjord i Danmark

En opgørelse af kvæstofbalancerne pr. arealenhed landbrugsjord findes i bilag 5.3. Det fremgår, at total kvæstofinput er faldet fra 261 kg N ha⁻¹ i 1985 til 225 kg N ha⁻¹ i 1997. Kvælstof fjernet med afgrøderne har varieret mellem 112 og 146 kg N ha⁻¹ i samme periode. Nettertilførsel af kvælstof til dyrkningsjorden er således faldet fra 133 til 90 kg N ha⁻¹ fra 1985 til 1997. Set over hele perioden udgør faldet i nettertilførsel af kvælstof pr arealenhed dyrkningsjord 23% (beregnet ved lineær regression).

Tabel 5.8 Kvæstofbalance opgjort pr. arealenhed landbrugsjord i Danmark, 1985, 1995, 1996 og 1997 (udledt af bilag 5.3 og 5.4).

		1985	1995	1996	1997
Handelsgødning,	kg N ha ⁻¹	138	113	105	105
Udbr. husdyrgødning,	kg N ha ⁻¹	91	92	93	85
Slam	kg N ha ⁻¹	-	2	3	2
Industriaffald	kg N ha ⁻¹	-	-	1,6	1,6
Total input,	kg N ha ⁻¹	263	239	234	225
Høstet kvælstof,	kg N ha ⁻¹	130	131	127	135
Tilført - høstet kvælstof,	kg N ha ⁻¹	133	108	107	90

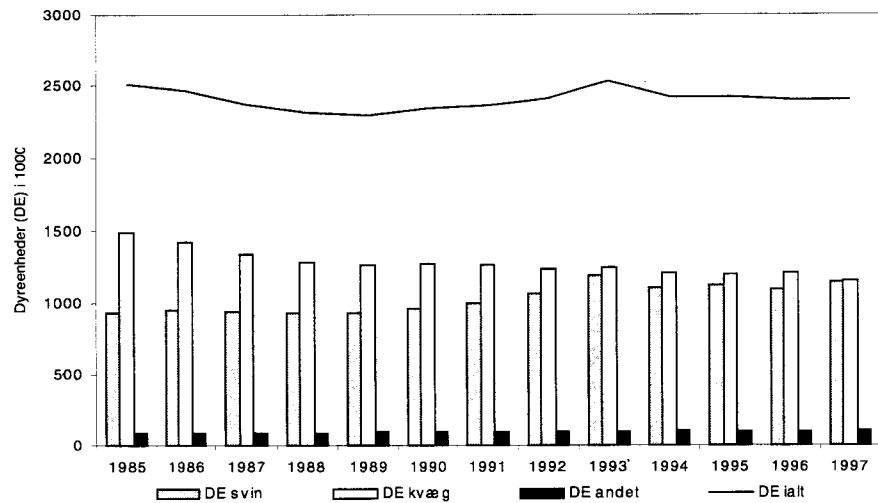
Mængden af tilført slam er opgjort første gang i 1995 og industriaffald første gang i 1996, hvorfor de ikke er i tabellen tidligere.

Husdyrtæthed og harmonikrav

Husdyrtætheden i 1997

Antallet af dyreenheder på landsplan er ikke ændret fra 1996 til 1997, hvorved den gennemsnitlige husdyrtæthed i 1997 bliver på 0,94 DE ha⁻¹ opgjort for det dyrkede areal med en gødningsnorm. Det vil sige, at brakarealet ikke er med i opgørelsen.

Figur 5.15 Udvikling i dyreenheder (DE) i 1000 for hele landet i perioden 1985 til 1997.



Der er stor spredning i antallet af husdyr i forhold til arealtilliggen- det. Således produceres 35 % af husdyrgødningen på bedrifter med et arealtilliggende, der svarer til 14 % af det dyrkede areal. Dette svarer til en gødningsproduktion på 316 kg N ha⁻¹. 22 % 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 408 kg N ha⁻¹. Krav om overførsel af husdyrgødning til andre bedrifter skal sikre, at disse meget store husdyrgødningsmængder spredes på arealer, hvor der ikke i forvejen overgødes.

Antallet af dyreenheder faldt med 4,43% fra 2507 tusinde dyreenhe- der i 1985 til 2396 tusinde dyreenheder i 1997. I perioden steg antallet af dyreenheder som dækkede svin med 209 tusinde dyreenheder mens antallet af dyreenheder som dækkede kvæg faldt med 335 tu- sinde dyreenheder. Antallet af dyreenheder kvæg og svin har således gennem hele perioden nærmet sig hinanden og har siden 1993 ud- gjort nogenlunde udgør det samme antal dyreenheder (figur 5.15).

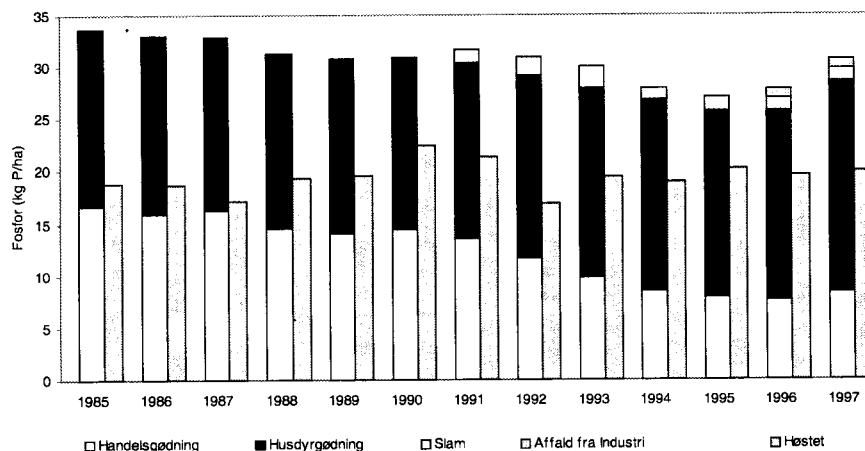
Forbrug af fosforgødning for hele landet

I dette afsnit er foretaget en opgørelse af forbrug af fosforgødning samt høstet fosfor pr. arealenhed landbrugsjord (figur 5.16). I bilag 5.5 og 5.6 er opgørelsen vist dels for hele landet, dels pr. arealenhed landbrugsjord.

Forbrug og fraførsel pr arealenhed landbrugsjord i Danmark

Tilførsel af fosfor med handelsgødning udgjorde i 1985 16,7 kg ha⁻¹ og i 1997 8,3 kg ha⁻¹, hvilket betyder knap en halvering af forbruget i nævnte periode. Med hensyn til udskilt fosfor i husdyrgødning er der en mindre stigning fra ca. 16,9 kg ha⁻¹ i 1985 til 20,2 kg ha⁻¹ i 1997. Noget af denne stigning kan skyldes den tidligere nævnte revurde- ring af normen for næringsstofindhold i husdyrgødning. 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⁻¹ i perioden afhængig af udbytterne de enkelte år. Der har således været et overskud af fosfor tilførsel gennem hele perio- den, denne er dog mindsket betydeligt fra ca. 15 kg ha⁻¹ i 1985 til godt 11 kg ha⁻¹ i 1997.

Figur 5.16 Udviklingen i tildelt fosfor med handelsgødning, husdyrgødning og slam til landbrugsjorden og høstet fosfor for perioden 1985 til 1997.



Usikkerhed omkring fosfor i husdyrgødning

I denne opgørelse er fosfor tilført med husdyrgødning beregnet på baggrund af normaltal for gødningsproduktion og næringsstofindhold i husdyrgødningen (Laursen, 1987, 1994; Poulsen og Kristensen, 1997). 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 normaltal 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; ca. 4 kg P ha⁻¹ år⁻¹ højere end i denne undersøgelse. Dette medfører en betydelig forøgelse af nettotilførslen af fosfor til landbrugsjorden i forhold til denne opgørelse.

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 - 1997

Grønne marker udgør 75% af det dyrkede areal. Heraf udgør græs inklusiv brak, vinterraps og korn med udlæg 42%, vinterkorn 37% og rodfrugter, majs og halmnedmuldning 21%. Kun førstnævnte gruppe samt rodfrugter (roer) kan forventes at optage betydelige kvælstofmængder i efterårs- og vintermånederne. I 1997 står 84% af dyreenhederne på ejendomme med mindst 9 måneders opbevaringskapacitet. Andelen af forårs/sommer-udbringningen steg 37%-point fra 1990 til 1997, heraf er der en lille stigning fra 1996 til 1997. Fra 1990 til 1997 blev handelsgødningsforbruget reduceret, således at udnyttelsen af husdyrgødningen steg 31%-point. Husdyrgødningen fordeles bedre i 1994-1997 end tidligere. I 1997 overgødes der stadig på ca. 20% af arealet, men overgødsningens størrelse er aftaget betydeligt. Ca. 12% af ejendommene, som anvendte husdyrgødning i 1997, op-

fyldte ikke minimumskravet til udnyttelse af husdyrgødning; disse havde et jordtilliggende på ca. 10% af det dyrkede areal. For en bedre udnyttelse af husdyrgødningen skal handelsgødningsforbruget sænkes yderligere.

Udvikling i kvælstofforbrug og gødskningspraksis for hele landet 1985 - 1997

For hele landet udgjorde handelsgødningsforbruget 282 mio. kg N i 1997, hvilket er et fald på 3 mio. kg N i forhold til 1996. Den udbragte mængde af husdyrgødning faldt med 23 mio. kg N i samme periode. Afgrødernes kvælstofbehov steg med 15 mio. kg N primært på grund af ændringer i kvælstofprognosen. Det samlede gødningsforbrug set i forhold til afgrødernes behov er faldet fra 1996 til 1997. Hovedårsagen er en ændret norm for indholdet af kvælstof i husdyrgødningen og ændret kvælstofprognose.

På landsplan er den samlede tilførsel af handelsgødning faldet fra 392 mio. kg N i 1985 til 282 mio. kg N i 1997. Mængden af udbragt husdyrgødning (uden udbinding) er faldet med ca. 24 mio. kg N i perioden. Derved er den samlede kvælstoftilførsel til de dyrkede arealer faldet med 22% fra 606 mio. kg N i 1985 til 472 mio. kg N i 1997. I samme periode faldt afgrødernes kvælstof behov med 56 mio. kg N, hvorved den reelle nedgang i tildelt kvælstof, fratrukket nedgangen i afgrødernes behov, er 74 mio. kg N. Dette svarer til en nedgang på 6% for perioden 1985-93 og en nedgang på 8% for perioden 1994-97.

Kvælstofbalancer for landbrugsjord i Danmark, 1985 - 1997

Total kvælstofinput (handelsgødning, husdyrgødning samt kvælstof tilført ved bælglplanters fiksering og atmosfærisk deposition) til landbrugsjord i Danmark er faldet fra 750 mio. kg N i 1985 til 606 mio. kg N i 1997. Kvælstof fjernet med afgrøderne har varieret mellem 308 og 408 mio. kg N. Nettotilførsel af kvælstof faldt fra 380 mio. kg N i 1985 til 243 mio. kg N i 1997. Set over hele perioden udgjorde faldet i nettotilførsel af kvælstof 27%.

Fosforbalancer for landbrugsjord i Danmark, 1985 - 1997

Tilførsel af fosfor med handelsgødning pr arealenhed landbrugsjord i Danmark faldt fra 16,7 kg P ha⁻¹ i 1985 til 8,3 kg P ha⁻¹ i 1997, mens tilførsel med husdyrgødning steg fra 16,7 kg P ha⁻¹ til 20,2 kg P ha⁻¹ i samme periode. Stigningen i fosfortilførsel med husdyrgødningen kan delvis tilskrives en revurdering af husdyrgødningsnormerne. Fosfor fjernet med afgrøderne har varieret mellem 17 og 22 kg P ha⁻¹. Nettotilførsel af fosfor til landbrugsjord er således faldet fra ca. 15 til 11 kg P ha⁻¹ i perioden 1985 til 1997.

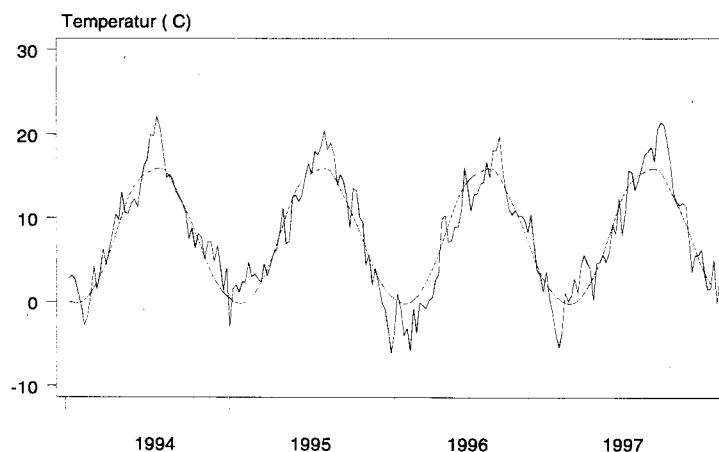
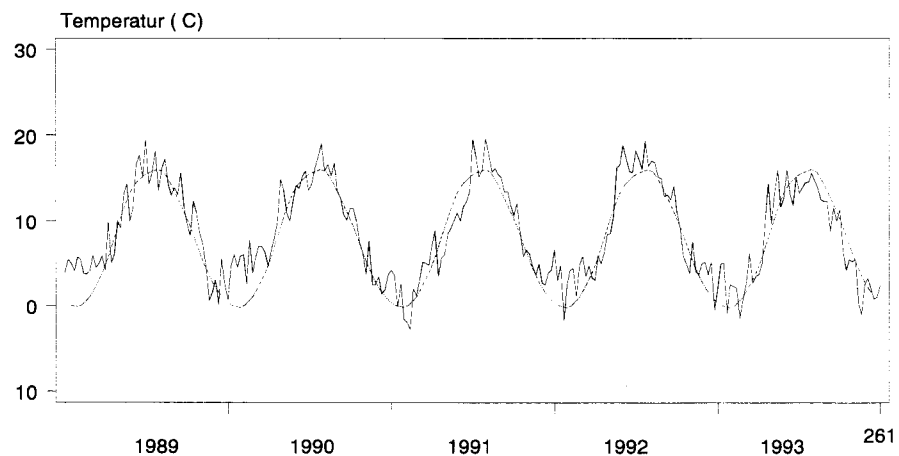
I landovervågningsoplandene i 1997 er det vist at den laveste nettotilførsel af fosfor forekommer på planteavlsbrugene (2,5 kg P ha⁻¹), mens nettotilførselen på kvægbrugene udgjorde 6,1 kg P ha⁻¹ og på svinebrug og blandede kvæg- og svinebrug henholdsvis 9,8 og 13,2 kg P ha⁻¹. På husdyrbrugene steg nettotilførslen med stigende husdyrtæthed.

6 Nedbørs- og temperaturforhold i oplandene

De klimatiske forhold der har været gældende i undersøgelsesperioden, er væsentlige at kende, fordi de har stor indflydelse både på behov for gødning og høstudbyttet. Desuden er det af afgørende betydning at kende temperatur- og nedbørsforhold, når afstrømning af vand, næringsstoffer og pesticider fra rodzonen skal vurderes.

Temperatur

Året 1996 startede meget koldt. De tre første måneder af året havde alle middeltemperaturer på under 0°C , mod normalt lidt over. I foråret var april varm, men både maj, juni og juli var kølige. Varmen kom tilbage i august med $2,1^{\circ}\text{C}$ over normal. Som helhed var 1996 $1,1^{\circ}\text{C}$ koldere end normalt og har dermed, sammen med 1993, afbrudt rækken af varme år, der generelt har kendetegnet overvågningsperioden. I 1997 vendte varmen tilbage og året som helhed var $0,8^{\circ}\text{C}$ varmere end normalt. Foråret var køligt, men sommeren, især sensommeren, var varmere end normalt. August blev den varmeste måned registreret siden 1874, hvor målingerne begyndte, hvilket også medførte et rekord stort antal tropenætter, hvilket betyder at temperaturen ikke kommer under 20°C .



Figur 6.1
Middeltemperaturen for landet, beregnet på ugebasis for 1989-1997. Normalkurven repræsenterer månedsgennemsnit af perioden 1961-1990.

Nedbør

Vinterhalvåret 1995/96 er det hidtil tørreste registrerede, og som helhed var 1996 et usædvanligt tørt år. I 1996 faldt der kun 505 mm nedbør mod normalt 712 mm på landsplan. Det var primært i første halvdel af 1996 der var et stort nedbørsunderskud, undtagen i maj, som var mere våd end normalt. Også 1997 var et tørt år, der kom 622 mm, 90 mm under normal. Underskuddet var jævnt fordelt over hele året.

Nedbør varierer lokalt i langt højere grad end temperatur, derfor er der i tabel 6.1 vist nedbør for de seks regioner hvor landovervågningsoplandene er placeret. Som det fremgår er nedbøren ikke jævnt fordelt i landet. Sønderjylland og Midt- og Vestjylland får normalt mere nedbør end landet som helhed og især Storstrøm får mindre end landsgennemsnittet. I bilag 6.1 er vist nedbørsfordelingen på månedsbasis for de seks landovervågningsoplande.

Tabel 6.1 Årsnedbør (korrigeret til jordoverfladen) på hydrologiske år (1.6-31.5) for 1989-1997 for oplandene, samt normalnedbør for regionerne beregnet for perioden 1961-1990.

LOOP	Normal årsnedbør ¹⁾	Nedbør mm							
		89/90	90/91	91/92	92/93	93/94	94/95	95/96	96/97
1. Storstrøm	614	598	799	656	553	953	818	411	547
4. Fyn	704	711	857	789	718	1078	1081	396	703
3. Vejle/Århus	875	740	945	804	788	1105	1144	494	750
2. Nordjylland	794	640	711	671	553	757	937	507	704
5. Ringkøbing/Viborg	969	923	928	907	828	896	1125	498	806
6. Sønderjylland	993	821	994	855	854	1100	1225	512	782

¹⁾ 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 og drænvandsmålinger præsenteres, og næringsstoffabets størrelse igennem måleperioden beskrives. Til slut analyseres kvælstofudvaskningen i relation til landbrugspraksis, og der opstilles en simpel model for udvaskningen gældende for Landovervågningsdataene.

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.

Landbrugsmæssig drift

Landbrugsmæssige forhold vedrørende de enkelte stationsmarker findes i bilag 7.2. De gennemsnitlige husdyrtætheder på ejendomme med stationsmarker svarer nogenlunde 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 (se i øvrigt *Grant et al., 1997*).

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

7.2 Jordvandsmålinger

Kvælstoffer i jordvandet

Nitrat N udgør 82-97% af total N

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 7.1. Indholdet af ammonium N har været lavt ved alle stationer, overvejende mellem 0,01 og 0,1 mg N l⁻¹. Forskellen mellem total N og nitrat N må derfor hovedsageligt bestå af organisk bundet kvælstof.

Forskellen mellem koncentration af total N og nitrat N har for de seks oplande varieret mellem 3,0-17,5%. 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 afstrømningmængderne 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 7.1 Gennemsnitlige årlige koncentrationer af total N og nitrat N (simple middelværdier af ugentlige målinger) for årene 1993-1997.

	Tot-N mg l ⁻¹	NO ₃ -N mg l ⁻¹	Forskel %
Lerjorde			
LOOP 1	16,8	16,3	3,0
LOOP 4	15,5	14,7	5,2
LOOP 3	18,3	15,1	17,5
Sandjorde			
LOOP 2	31,1	28,4	8,7
LOOP 5	23,4	21,7	7,3
LOOP 6	22,6	20,7	7,5

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. Således var 1993/94 og 1994/95 meget nedbørsrige år med stor afstrømning fra rodzonen. Disse år blev efterfulgt af 1995/96 - et år med rekord lav nedbør og lille afstrømning fra rodzonen. For nogle af lerjordsoplandene var der slet ikke afstrømning i dette år. Også i 1996/97 var afstrømningen lav. I de 3 lerjordsoplande udgjorde afstrømningen i 1996/97 gennemsnitlig 217 mm, hvilket var 60% af afstrømningen de foregående 7 år. For de 3 sandjordsoplande var afstrømningen i 1996/97 i gennemsnit 394 mm, hvilket var 85% af afstrømningen de foregående 7 år.

Som gennemsnit for hele måleperioden 1989/90-1996/97 var afstrømningen fra lerjordsoplandene 329 mm pr år og for sandjordsoplandene 463 mm pr. år.

Kvælstofudvaskning

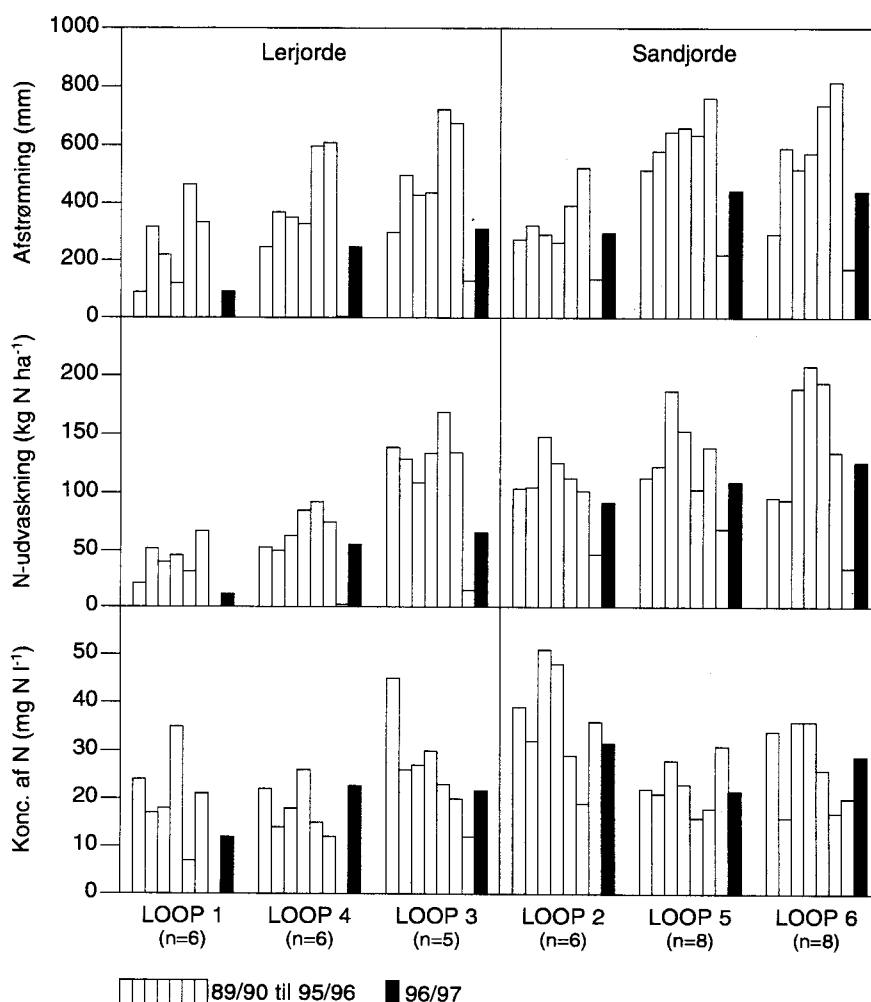
De årlige udvaskninger af kvælstof samt de årlige vandføringsvægtede kvælstofkoncentrationer er vist i figur 7.1 og desuden i bilag 7.1 som gennemsnit for oplandene. Koncentrationer og udvaskning er beregnet for nitrat- N.

*N koncentrationer for
landbrugsjord*

I 1996/97 var koncentrationen af nitrat-N i jordvandet på landbrugsjord omtrent på samme niveau som gennemsnittet for de tidligere måleår. Som gennemsnit for den 8-årige måleperiode lå koncentrationerne i lerjordsoplandene på 20 mg N l⁻¹ og i sandjordsoplandene på 29 mg N l⁻¹.

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.

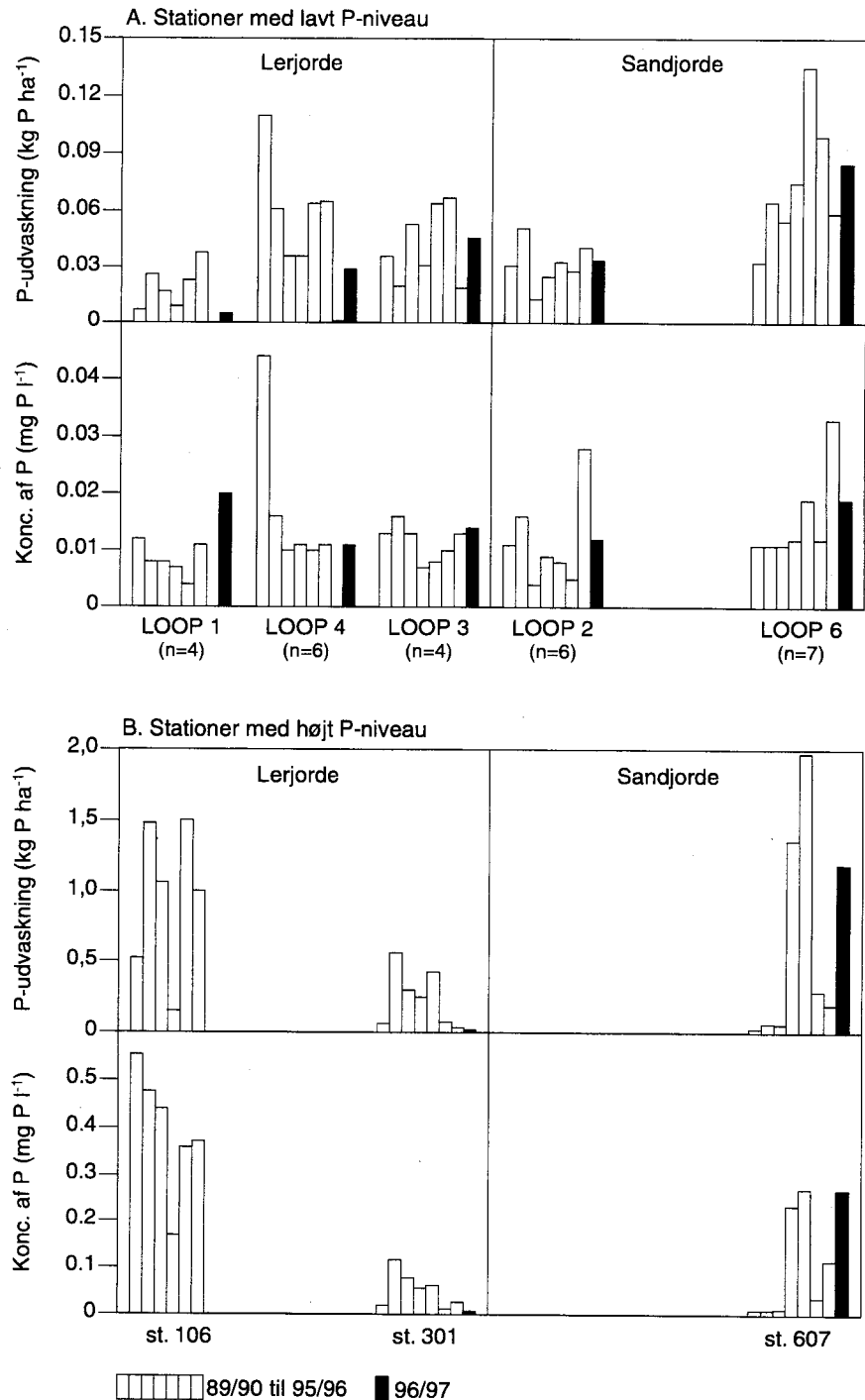
Figur 7.1 Årlig vandafstrømning og N udvaskning fra rodzonen, samt vandføringsvægtede N koncentrationer i jordvandet som gennemsnit for stationerne i de seks oplande for årene 1989/90-1996/97. N er angivet som nitrat N (For LOOP 5 indgår kun 6 stationer i 92/93 og 5 stationer fra 93/94). Tallene er desuden præsenteret i bilag 7.1.



<i>N koncentrationer ved skov-areal</i>	Ved en skovstation i LOOP 3 lå den gennemsnitlige koncentration af nitrat-N på 4,6 mg N l ⁻¹ i perioden 1989/90 - 1996/97.
<i>Årlig N udvaskning</i>	De årlige kvælstofudvaskninger har varieret gennem måleperioden og i nogen grad fulgt variationerne i vandafstrømning. På grund af den lave afstrømning i 1995/96 og 1996/97 var udvaskningen af nitrat-N også lavere end gennemsnitligt for de tidligere år. Som gennemsnit for hele måleperioden 1989/91-1996/97 udgjorde kvælstofudvaskningerne henholdsvis 68 kg N ha ⁻¹ år ⁻¹ for lerjordene og 124 kg N ha ⁻¹ år ⁻¹ for sandjordene.
<i>Udvikling i N udvaskning</i>	I en undersøgelse udført af Danmarks JordbrugsForskning 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 ⁻¹ år ⁻¹ (Olsen, 1995). Det generelle mønster er at udvaskningen har været stigende igennem perioden indtil 1992-1994, hvorefter udvaskningen igen har været faldende. Variationerne igennem denne periode kan være klimatisk betingede. I 1995/96 og 1996/97 var udvaskningerne som før nævnt lave på grund af den lille nedbør i perioden.
<i>Lave P koncentrationer og udvaskninger ved de fleste stationer</i>	<p>Fosforudvaskning</p> <p>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.</p> <p>For 28 jordvandsstationer har koncentrationerne af ortho-P været lave i hele måleperioden, henholdsvis 0,012 mg P l⁻¹ for lerjordsoplandene og 0,014 mg P l⁻¹ for sandjordsoplandene. Ligeledes har udvaskningerne været lave, henholdsvis 0,036 kg P ha⁻¹ år⁻¹ for lerjordsoplandene og 0,054 kg P ha⁻¹ år⁻¹ for sandjordsoplandene.</p>
<i>Høje P koncentrationer og udvaskninger på enkelte stationer</i>	<p>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⁻¹, og udvaskningerne har udgjort 0,716 kg P ha⁻¹ år⁻¹. Koncentrationerne har dog været faldende igennem måleperioden. Høje fosforværdier på denne lokalitet er også målt for drænvand og grundvand.</p> <p>I LOOP 3 (Vejle/Århus) ved station 301 har de vandføringsvægtede koncentrationer af ortho-P ligget på 0,047 mg P l⁻¹ og udvaskningerne har udgjort 0,216 kg P ha⁻¹ år⁻¹. Koncentrationen og udvaskningen af ortho-P har dog tydeligvis været faldende fra 1990/91 og igennem måleperioden. Ved samme station har N-udvaskningerne også været større end forventet på baggrund af N tilførslerne og N-udvaskningerne har ligesom P-udvaskningerne været faldende igennem måleperioden (bilag 7.3). De høje udvaskninger af både N og P må skyldes, at der ved måleperiodens begyndelse fandtes et stort</p>

indhold af let omsættelig organisk materiale i jorden, f.eks. på grund af tidligere store tilførsler af husdyrgødning.

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 1989/90-1996/97. A: stationer med lave P niveauer, B: stationer med højt P niveau.

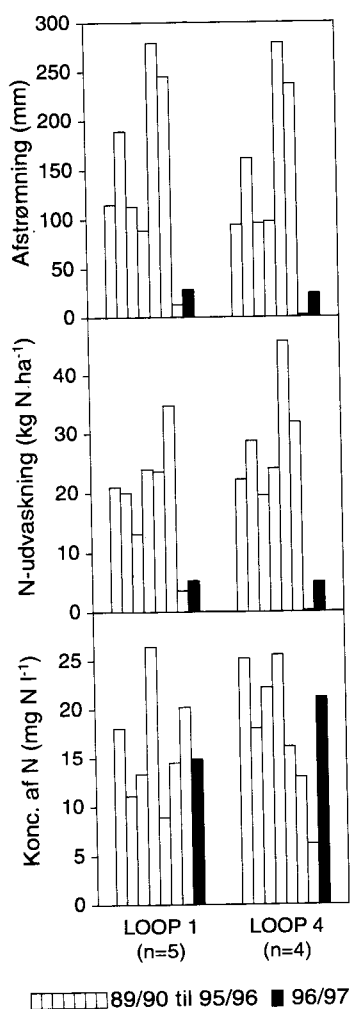


I LOOP 6 (Sønderjylland) ved station 607 har de vandføringsvægtede koncentrationer i perioden 1989/90 til 1991/92 ligget på 0,011 mg P l⁻¹ som ved de øvrige stationer i oplandet. Herefter steg koncentrationerne voldsomt, og har i årene 1992/93 og 1993/94 ligget på gennemsnitlig 0,251 mg P l⁻¹. Herefter er koncentrationen faldet til henholdsvis 0,035 mg P l⁻¹ og 0,115 mg P l⁻¹ i 1994/95 og 1995/96. I 1996/97 steg koncentrationen igen til et højt niveau, 0,267 mg P l⁻¹. Udvasningen af ortho-P har fulgt samme mønster som koncentrationerne; i 1996/97 udgjorde udvasningen 1,192 mg P l⁻¹. Årsagen til

de høje koncentrationer og udvaskninger i 1992-94 kan henføres til meget stor P tilførsel med husdyrgødning i efteråret 1992 (155 kg P ha⁻¹) givet til dyrkning af foderroer i 1993. Arealet blev i 1994 anvendt til vårbyg m. udlæg og i 1995 og 1996 til græs til afgræsning og slet; der blev ikke udbragt husdyrgødning til græsafgrøden, men arealet blev afgræsset. Arealet blev pløjet om i marts 1997. Det er specielt afstrømningen i foråret 1997, der har bidraget til de høje koncentrationer og udvaskninger af ortho-P i 1996/97. Det er muligt, at ompløjning af græs kan øge mobiliteten af fosfor. Johnston (1998) har beskrevet betydningen af husdyrgødning og organisk materiale i jorden for fosfor transporten i jorden.

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) bestemt i efteråret 1996 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.



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 1989/90-1996/97. N er angivet som nitrat-N.

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 og 1996/97 var drænene kun vandførende i korte perioder, og drænvandsafstrømningen udgjorde kun nogen få mm. Som gennemsnit for hele måleperioden 1989/90-1996/97 udgjorde drænvandsafstrømningen 66% af afstrømningen fra rodzonen i LOOP 1 og 36% af afstrømningen i LOOP 4.

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 30,1 mg N l⁻¹ i måleperioden. Disse højere koncentrationer svarer til hvad der er fundet for jordvandet på samme lokalitet, nemlig 34,3 mg N l⁻¹.

Sammenholdes koncentrationerne af NO₃-N og total N for de stationer, hvor begge parametre er bestemt, fremgår at NO₃-N udgør 96,1% af total N.

Koncentrationerne af NH₄-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 og 1996/97 var tabet meget lille, mindre end $5 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$. Tabet af nitrat fra drænene har i måleperioden udgjort henholdsvis 55% og 37% 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.

P former i drænvand

De vandføringsvægtede koncentrationer af total P i drænvand har i gennemsnit over 8 måleår ligget på $0,032 \text{ mg P l}^{-1}$ ved to stationer i LOOP 1 og $0,063 \text{ mg P l}^{-1}$ ved 4 stationer i LOOP 4; mens tabene har ligget på $0,037 \text{ kg P ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$ i LOOP 1 og $0,054 \text{ kg P ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$ i LOOP 4. Tabene af ortho-P har udgjort henholdsvis 62% og 33% 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 $0,186 \text{ mg P l}^{-1}$ og udvaskningen har ligget på gennemsnitlig $0,160 \text{ kg P ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$; heraf har ortho-P udgjort 89%. Koncentrationerne har ligesom i jordvandet ved denne station været faldende igennem måleperioden.

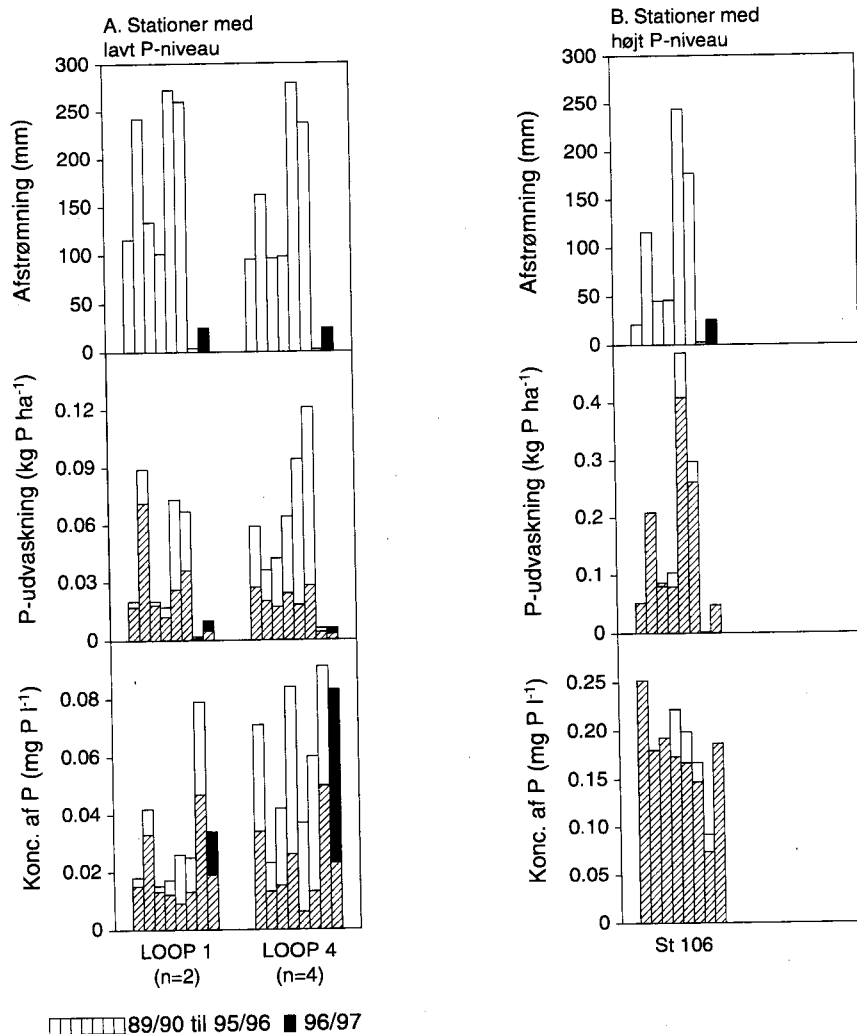
P tab gennem dræn underestimeret

Prøver til drænvandsanalyser udtages som punktprøver 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 prøvetagning (Grant et al., 1997). Drænbidraget har altså en større betydning end tidligere antaget. Dette er dog ikke ensbetydende med, at tabet til vandløbene vil mindskes, hvis drænene bliver sløjfet. Uden dræning vil jordene blive mere vandlidende, og risikoen for overfladisk P afstrømning til vandløbene vil øges.

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 1989/90-1996/97. Søjlerne angiver total P, mens den skraverede del af søjlerne angiver ortho-P. A: stationer med lavt P niveau, B: station med højt P niveau.



Drænvandsafstrømning fra lavt liggende sandjordsareal

Næringsstofudvaskning fra et lavtliggende areal på sandjord

Næringsstofudvaskningen bestemmes fra et lavtliggende areal i LOOP 2 (Nordjylland). Arealet 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 876 mm år⁻¹ i perioden 1990/91-1996/97, og årsvariationerne har været langt mindre end på lerjorde.

Nitrat koncentrationerne har i samme periode ligget på gennemsnitlig 11,2 mg N l⁻¹, og tabene fra drænet har udgjort 100 kg N ha⁻¹ år⁻¹.

Koncentrationerne af total P i drænvandet har i måleperioden ligget på gennemsnitlig 0,096 mg P l⁻¹, og tabet fra drænet har udgjort 0,84 kg P ha⁻¹ år⁻¹. Ortho-P har udgjort 35% af den totale P udvaskning. Den resterende del af udvasket P består formodentlig både af partikulært P samt opløst organisk P, idet der er tale om et tidligere engareal.

7.4 Målt kvælstofudvaskning i relation til landbrugspraksis

I forbindelse med et projekt under Forskningscenter for Økologisk Jordbrug - sammenstilling af viden vedr. "Kvælstofudvaskning og -balancer i konventionelle og økologiske planteproduktionssystemer" har data fra Landovervågningen været anvendt til at repræsentere det konventionelle landbrug (Grant *et al.*, 1998). Herunder er der foretaget en beskrivelse af sammenhængen mellem målt udvaskning og dyrkningsparametre på stationsmarkerne.

Sammenstillingen blev baseret på 34 ud af de 40 jordvandsstationer. Kriteriet for at medtage en station var, at der forelå en fuldstændig dataserie for årene 1990/91-1995/96. Analysen er foretaget således, at der til ét driftsår hører den efterfølgende afstrømningsperiode, dvs. til driftsåret 1994/95 hører afstrømningsperioden 1995/96. Et uddrag af analysen er givet nedenfor.

Brugstyper

Af de 34 stationsmarker, som indgår i analysen, tilhører 9 planteavlsbrug, 6 svinebrug, 18 kvægbrug og 1 blandet brug. Fordelingen af brugene på jordtyperne svarer til fordelingen i interviewundersøgelsen. Den gennemsnitlige husdyrtæthed for svinebrugene er 0,83 DE/ha og for kvægbrugene 1,43 DE/ha. Planteavlsbrugene og svinebrugene ligger overvejende i lerjordsoplandene, mens kvægbrugene overvejende ligger i sandjordsoplandene

Høj N-udvaskning ved høj gødningstildeling

Den målte udvaskning fra planteavlsbrugene udgør i undersøgelsesperioden gennemsnitlig 63 kg N ha⁻¹ år⁻¹, fra svinebrugene 69 kg N ha⁻¹ år⁻¹ og fra kvægbrugene gennemsnitlig 134 kg N ha⁻¹ år⁻¹ (tabel 7.2).

Den lille forskel i udvaskning mellem planteavlsbrugene og svinebrugene hænger sammen med den lille forskel i kvælstoftilførslerne - henholdsvis 143 kg N ha⁻¹ år⁻¹ på planteavlsbrugene og 168 kg N ha⁻¹ år⁻¹ på svinebrugene, mens den langt større udvaskning på kvægbrugene bør ses som en effekt af den langt større kvælstoftildeling, 285 kg N ha⁻¹ år⁻¹, samt en effekt af at disse brug fortrinsvis ligger i sandjordsoplandene, hvor nedbøren er større og jorden mere gennemtrængelig.

Tabel 7.2. Landbrugsdata og kvælstofudvaskning fra målestationer for forskellige brugstyper i Landovervågningen, gennemsnit for årene 1990/91-1995/96. (For kvælstofudvaskning er i parentes angivet standard fejlen (s.e.) på gennemsnitsværdien).

Brugstype	Antal stationer	Husdyr DE/ha	N-tildelt ¹ kg N/ha/år	N høstet kg N/ha/år	N netto tilf. ² kg N/ha/år	Afstrøm. mm/år	Målt N-udvask. kg N/ha/år
Planteavl	9	0	143	137	41	385	63 (5,2)
Svinebrug	6	0,83	168	121	93	415	69 (8,6)
Kvægbrug	18	1,43	285	164	163	479	134 (8,2)

¹) N-tildeling: handelsgødning + husdyrgødning + udbinding

²) N netto tilført: (handelsgødning + husdyrgødning + udbinding + N-fixering + N-deposition) - N høstet

På planteavlsbrugene er udvaskningen lidt større end nettotilførslerne, mens udvaskningen på såvel svinebrugene som kvægbrugene ligger lidt lavere end nettotilførslerne.

På grund af forskel i husdyrtæthed for svinebrugene og kvægbrugene i denne opgørelse, har det ikke mening direkte at sammenligne udvaskningerne fra de to brugstyper.

Afgrøder/gødskning/jordtype

I tabel 7.3 er foretaget en opgørelse over udvaskningen fra forskellige afgrødekombinationer, dvs fra en hovedafgrøde og efterfølgende bevoksning i efterårs-/vinterperioden. Kun afgrødekombinationer med mindst 4 observationer er medtaget. I tabellen er vist dels gødskningsniveauet på de marker, hvorpå afgrødekombinationen forekommer (angivet som den gennemsnitlige kvælstoftildeling til marken i undersøgelsesperioden 1990/91-1995/96), dels den gennemsnitlige kvælstoftildeling til hovedafgrøden i afgrødekombinationen samt netto kvælstoftilførslen ved dyrkning af hovedafgrøden. Endelig er kvælstofudvaskningen fra rodzonen i afstrømningsperioden efter dyrkning af hovedafgrøden vist.

Tabel 7.3 Landbrugsdata og kvælstofudvaskning fra målestationer for forskellige afgrødekombinationer i Landovervågningen, gennemsnit for årene 1990/91-1995/96. (For kvælstofudvaskning er i parentes angivet standard fejlen (s.e.) på gennemsnitsværdien).

Hovedafgrøde	Vinterafgrøde	Antal marker	Markens N-niveau Gns. N-tildelt til marken 90/91-95/96 kg N/ha/år	N-tildeling til afgrøden			
				N-tildelt ¹	N høstet	N netto tilf. ²	Målt N-udvask. kg N/ha/år
Korn	vinterkorn	24	198	190	143	67	87 (11,7)
Korn	udlæg	23	257	230	127	126	91 (10,5)
Korn	sort jord	29	144	163	136	47	71 (9,1)
Korn	efterårsgødsk. ³	22	235	199	113	107	138 (19,8)
Ærter	vinterafgr.	12	175	12	125	108	96 (16,6)
Raps	vinterafgr.	8	196	189	119	91	124 (27,1)
Fabriksroer	sort jord	7	141	121	123	19	12 (3,6)
Græs ⁴	græs ⁴	24	308	357	207	228	124 (21,0)
Græs ⁴	vinterafgr.	4	266	467	169	283	213 (76,9)
Rodfrugter	sort jord	17	274	374	161	234	124 (14,9)

¹) N-tildeling: handelsgødning + husdyrgødning + udbinding

²) N netto tilført: (handelsgødning + husdyrgødning + udbinding + N-fixering + N-deposition) - N høstet

³) Gødning givet til sort jord

⁴) 'Græs' indeholder både rent græs og kløvergræs

Høj N-udvaskning fra græsafgrøder

- foderafgrøderne dyrkes især på sandede jorde på kvægbrug; tilførsel af husdyrgødning stor

De største udvaskninger (124-213 kg N ha⁻¹ år⁻¹) forekommer efter afgrøderne græs, græs ompløjet i efteråret og tilsået med vinterafgrøder, samt rodfrugter (foderroer). Græsafgrøderne omfatter såvel rent græs som kløvergræs. De nævnte afgrøder dyrkes næsten udelukkende på kvægbrug. De store udvaskninger kan således være en effekt af høj gødningstildeling til de enkelte afgrøder, højt gødskningsniveau på markerne, og desuden en effekt af at disse brug sædvanligvis ligger på sandjordene i Vestdanmark, hvor nedbøren tillige er høj. Tildelingen af total kvælstof til græsafgrøderne ligger

på gennemsnitlig 357-467 kg N ha⁻¹ år⁻¹; disse høje gødskningsniveauer er i overensstemmelse med normerne for græs. Også netto kvælstoftilførslerne til afgrøderne er høje, 228-283 kg N ha⁻¹ år⁻¹. Lignende kvælstofoverskud er beregnet af *Kristensen (1997)* for kløvergræsmarker. De fundne udvaskningsniveauer for græs er således ikke urealistisk høje.

Også høj N-udvaskning efter ærter og raps

Høje udvaskninger (96-124 kg N ha⁻¹ år⁻¹) forekommer også efter dyrkning af ærter og raps efterfulgt af en vinterafgrøde/efterafgrøde. Udvasningerne er meget lig netto kvælstoftilførslerne til markerne.

Middelhøj N-udvaskning efter kornafgrøder

- korn m. udlæg dyrkes især på kvægbrug, dvs. stor tilførsel af husdyrgødning

Middelhøje udvaskninger forekommer efter dyrkning af korn (71-91 kg N ha⁻¹ år⁻¹), med de højeste værdier når kornet efterfølges af udlæg eller af vinterkorn. Dette skyldes sandsynligvis, at korn med udlæg oftest dyrkes på kvægbrug, hvor jordene har højt gødskningsniveau, og at der til vinterkorn tidligere ofte blev givet husdyrgødning forud for såning om efteråret. Hvis der efter dyrkning af korn gives gødning til marken om efteråret til sort jord stiger udvaskningen betydeligt (138 kg N ha⁻¹ år⁻¹). Tilførsel af gødning om efteråret til vinterkorn og til sort jord er ikke længere tilladt.

Lille N-udvaskning efter fabriksroer

De laveste udvaskninger forekommer efter dyrkning af fabriksroer (12 kg N ha⁻¹ år⁻¹). Den lave udvaskning skyldes dels den forholdsvis lave kvælstoftildeling til afgrøden samt et lavt gødskningsniveau på marken, dels at fabriksroer især dyrkes på lerjorde i Østdanmark, hvor nedbøren tillige er lav.

Forbedret N-udvaskningsmodel

Datamaterialet for kvælstofudvaskning fra rodzonen i Landovervågningen vil i øvrigt i 1998 blive anvendt sammen med data fra Danmarks JordbrugsForskning til vurdering af muligheder for forbedring/udvikling af simple udvaskningsmodeller. Arbejdet udføres som et samarbejdsprojekt mellem DJF, DMU og Landbrugets Rådgivningscenter.

7.5 Sammenfatning

Undersøgelse af næringsstofudvaskning fra rodzonen er udført på 18 stationsmarker i 3 lerjordsoplande og på 22 stationsmarker i 3 sandjordsoplande. Undersøgelsen dækker 8 hydrologiske år, 1989/90-1996/97.

Det generelle udviklingsmønster for målt kvælstofudvaskning er, at udvaskningen har været stigende igennem perioden indtil 1992-1994, hvorefter udvaskningen igen har været faldende. Variationerne igennem denne periode kan være klimatisk betingede. I 1995/96 og 1996/97 var udvaskningerne lave på grund af lille nedbør i denne periode.

Som gennemsnit for måleperioden udgjorde udvaskningen af kvælstof fra rodzonen 68 kg N ha⁻¹ år⁻¹ for lerjordsoplandene og 124 kg N ha⁻¹ år⁻¹ for sandjordsoplandene.

Den mindste kvælstofudvaskning er målt på planteavlsbrugene, mens større udvaskning forekommer på husdyrbrugene. For grupper af marker ligger udvaskningen tæt på nettotilførslerne. Dog på

planteavlsbrugene er udvaskningen lidt større end nettotilførslerne, mens udvaskningen på såvel svinebrugene som kvægbrugene ligger lidt lavere end nettotilførslerne.

Der er foretaget en analyse af de målte udvaskninger i forhold til afgrødetype, gødsning og jordtype:

1. Meget høj udvaskning ($124-213 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$): græs (inkl. kløvergræs), græs (inkl. kløvergræs) ompløjet om efteråret og tilsået med vinterafgrøde, samt rodfrugter (foderroer). Afgrøderne dyrkes oftest på kvægbrug på sandede jorde; husdyrgødningstilførslen er høj.
2. Høje udvaskninger ($96-124 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$): ærter og raps efterfulgt af vinterafgrøder.
3. Middelhøje udvaskninger ($71-91 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$): korn, korn m. udlæg. Høj udvaskning fra udlægsmarker skyldes, at disse ofte dyrkes på sandjord på kvægbrug, hvor husdyrgødningstilførsel er høj.
4. Lave udvaskninger ($12 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$): sukkerroer. Dyrkes fortrinsvis på lerjord på planteavlsbrug.

Udvaskning af fosfor fra rodzonen har været lav ved 28 stationer, gennemsnitlig $0,045 \text{ kg P ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$ i den 8-årige måleperiode. Ved tre stationer har udvaskningen derimod været høj, $0,22 - 0,72 \text{ kg P ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$.

Drænvandsundersøgelser i to lerjordsoplande har vist, at nitratudvaskningen gennem dræn udgjorde ca. 46% 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 $0,160 \text{ kg P ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$, hvoraf partikulært P har udgjort 11%. 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 beregninger ved fastholdt normalklima for driftsårene 1989/1990 - 1996/1997. Herved isoleres betydningen af udviklingen i gødningsforbrug og landbrugspraksis fra klimatiske variationer.

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 kontrolerede 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 normalklima 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 normalklima og anbefalet gødningsnorm (normalgødsning). Værdierne repræsenterer gennemsnit for hele landet. Udvasningsværdien reduceres, hvis en efter- eller vinterafgrøde efterfølger hovedafgrøden. ad 2) Modellen er oprindeligt gyldig i intervallet 0 - 1,5 gange 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 jordtype. Udtrykket til korrektion af udvaskning ved normal årsafstrømning til udvaskning ved aktuel årsafstrømning bruges på 2 måder: i) til transformering af lands-normalværdierne vist i tabel 8.1 til regional-normalværdier. Dvs. at normaludvaskningen i en bestemt region

Modellen er modificeret af Danmarks Miljøundersøgelser

Klimakorrektioner

er defineret af forholdet mellem lands-normalklima 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 normalgødsning, vægtes 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 ⁻¹	Antal forsøg	Y_n kg ha ⁻¹
Vårsæd	38	65	45	55
Vintersæd ¹⁾	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 ²⁾	-	40	-	25
Vedvarende græs	0	25	0	15
Spildkorn (1992/93) ³⁾	-	65	-	55
1-årig brak (allerede etabl.) ³⁾	-	35	-	20
1-årig brak (sået efterår) ³⁾	-	50	-	37
Flerårig brak ³⁾	-	15	-	10

¹⁾ 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.

²⁾ Der er ikke skelnet mellem græs og kløvergræs i omdrift.

³⁾ 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 gradueringer indenfor de to jordtypeklasser, modellen opererer med. Et gennemsnit af alle de ikke-beskrevne faktorer er indeholdt i normaludvaskningsværdien. Det har den konsekvens, at den aktuelle variation i kvælstofudvaskningen fra mark til mark ikke er velbeskrevet. Modellens output skal derfor betragtes som en gennemsnitlig værdi for f.eks. alle marker med den samme afgrøde i et område eller som en gennemsnitlig værdi for kvælstofudvaskningen i det pågældende

område. Modellen indholder ingen beskrivelse af plantevæksten, hvorfor effekten på udvaskningen af ekstreme klima- og høstsituationer, som f.eks. 1992, ikke indgår i outputtet.

Udvaskning fra 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 kg N ha^{-1} og på lerjorde: 20, 37 og 10 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 udvaskningsberegningerne 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 i kg N ha⁻¹.

	Målinger	Udv.funkt.	n
Lerjorde			
LOOP1	40	35	30
LOOP3	74	48	17
LOOP4	63	51	39
Sandjorde			
LOOP2	105	87	41
LOOP5	126	97	35
LOOP6	134	86	53
Gns.	90	67	215

Gennemsnitligt er den modelberegnete udvaskning 26% 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 er iværksat modeludviklingsarbejde, der søger at tage højde for denne langstidseftervirkning.

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 8 driftsår 1989/90 - 1996/97 ved fastholdt normalklima for at tydeliggøre betydningen af afgrødesammensætning, gødningsforbrug og gødningshåndtering.

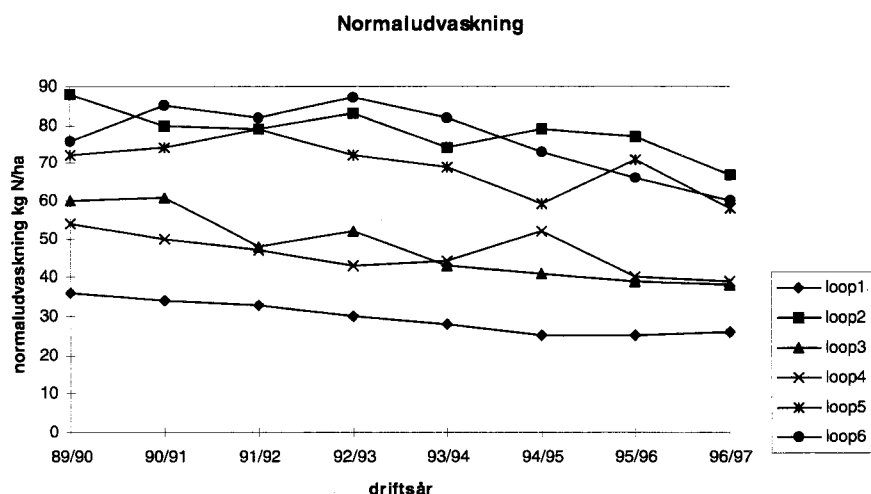
I figur 8.1 er vist de beregnede værdier for udvaskning ved normal-klima for de 8 driftsår. I tabel 8.3 er udvaskningen fra oplandene grupperet efter jordtype, mens tabel 8.4 indeholder nøgletal fra udvaskningsberegningen. I alle foretagne gennemsnit over oplandene på udvaskning, gødningsforbrug, nyttevirkning og husdyrtætheder er alle oplande vægtet ens uanset forskel i størrelse.

Det ses, at der både for 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 1995/96 er 17% lavere. For driftsåret 1996/97 er udvaskningen for oplandene reduceret med 25% fordelt med en reduktion på ca. 21% på sandjordene og ca. 32% på lerjordene. Den relativt store reduktion i udvaskningen ved normalklima fra 1995/96 til 1996/97 afspejler den forbedring i landbrugspraksis (reduktion i overgødskning, forbedret udbringningspraksis for husdyrgødning), der er beskrevet i kapitel 5. Den dækker imidlertid også over en nedgang i forbrug af husdyrgødning på markerne i forhold til 1995/96 på knap 7 kg N/ha

svarende til den observerede nedgang i husdyrtæthed i landovervågningsoplandene fra 1,0 DE/ha i 1995/96 til 0,94 DE/ha i 1996/97. På landsplan har husdyrtætheden imidlertid været uændret fra 1995/96 til 1996/97. Der er derfor foretaget en supplerende beregning af udvaskningen fra landovervågningsoplandene under forudsætning af uændret forbrug af husdyrgødning fra 1995/96 til 1996/97. Resultatet af denne beregning er en udvaskningsreduktion på ca. 23% i forhold til 1989/90. I data fra landovervågningsoplandene er indholdet af N i husdyrgødningen enten baseret på analyser foretaget af landmanden eller på normtal publiceret i *Laurson (1994)*. Det er påvist (*Poulsen og Kristensen, 1997*), at N-indholdet i husdyrgødning er reduceret med ca. 10% i forhold til normerne i *Laurson (1994)*. Effekten heraf er i *Iversen et al. (1998)* vurderet til en yderligere udvaskningsreduktion på 2 %-point. Sammenfattende vurderes udvaskningen i 1996/97 at være reduceret 23 - 25% i forhold til 1989/90.

Fald i den modelberegnet udvaskning på 23 - 25% fra 1989/90 til 1996/97 ved normalklima

Figur 8.1 Beregnet udvaskning ved normalklima for de 6 overvågningsoplande for driftsårene 1989/90 - 1996/97.



Tabel 8.3 Beregnet udvaskning ved normal- og aktuelt klima i kg N ha⁻¹ for driftsårene 1989/90 - 1996/97. 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	29
1996/97	62	34	-

Af tabel 8.3 fremgår det, at udvaskningen målt i kg N ha⁻¹ er faldet lige meget på ler- og sandjorde gennem perioden, nemlig 16 kg N ha⁻¹. Da de observerede forbedringer i dyrkningspraksis ikke mindst ligger indenfor anvendelse af husdyrgødning, kunne man have forventet en større udvaskningsreduktion på sandjordene.

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). Nyttetvirkning er gennemsnitlig nyttetvirkning 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 ⁻¹			%		Brak
		Anbefalet mængde	Handels-gødning	Husdyr-gødning	Udvaskning	Nytte-virkning	
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	152	99	88	71	40	7
	Ler	143	103	58	35	44	6
1997	Sand	158	98	79	62	42	6
	Ler	143	106	54	34	49	5

*Husdyrgødningsmængderne harmonerer ikke umiddelbart med dyretæthederne vist i kapitel 5. Det skyldes to forhold: dels er husdyrgødningen her vist i forhold til hele det dyrkede areal, mens dyretæthed i kapitel 5 er opgjort for landbrugsarealet fratrukket brak, dels er kvælstof tilført i forbindelse med udbinding ikke medtaget i tabellen. Udbinding udgør 24% af summen af udbragt husdyrgødning og udbinding.

Imidlertid har man i lerjordsoplandene været lidt bedre til at nyttiggøre kvælstof i husdyrgødningen, som det fremgår af tabel 8.4 (nyttetværdi af husdyrgødning 42% på sandjordene og 49% på lerjordene i 1997). Desuden foregår der i oplandene stadig overgødsning, hvilket giver en markant højere udvaskning end gødsning ifølge afgrødenormerne.

Af kapitel 5 fremgår det, at overgødsning især forekommer på brug med stor husdyrtæthed, dvs. overvejende brug i sandjordsoplandene.

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 1996/1997, da denne henføres til det hydrologiske år 1997/1998, og klimadata for 1998 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⁻¹. Det fald gennem perioden, der kunne beregnes ved normal afstrømning, kan ikke erkendes ved aktuel afstrømning.

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 ved normalklima sammen med afgrødegruppernes arealmæssige vægt og nyttevirkningen af husdyrgødning indenfor afgrødegruppen. Tallene er fra driftåret 1996/1997.

Tabel 8.5 Nøgletal vedrørende gødsning og udvaskning i landovervågningsoplandene fordelt på afgrødegrupper. Normaludvaskningstal beregnet med udvaskningsmodellen for driftsåret 1996/97.

Afgrødegruppe	kg N ha ⁻¹				%	
	Handelsgødning	Husdyrgødning	Anbefalet mængde	Udvaskning	Nyttevirkning	Arealfraktion
Vårkorn						
ler	85	18	105	34	47	19
sand	76	78	123	80	47	14
Korn m. udlæg						
ler	93	84	143	24	45	4
sand	99	143	147	69	37	5
Vinterkorn						
ler	147	50	172	40	53	42
sand	92	112	163	69	48	22
Bælgsæd						
ler	0	0	0	36	-	3
sand	2	4	0	56	-	5
Rodfrugt						
ler	99	41	121	20	41	11
sand	98	210	165	75	49	5
Frøafgrøder						
ler	102	75	162	31	46	9
sand	73	127	210	54	53	2
Græs i omdrift						
ler	78	145	210	31	49	6
sand	110	105	214	58	39	41
Vedvarende græs						
ler	52	0	250	10	-	1
sand	117	30	250	22	38	1
Brak						
ler	0	0	0	13	-	5
sand	0	1	0	26	-	5

8.4 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 26% 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 1996/1997 viser en reduktion i udvaskningen på 23-25% for oplandene som helhed. I reduktionsintervallet er der taget højde for en ikke-repræsentativ nedgang i forbrug af husdyrgødning i oplandene samt at de benyttede normer overvurderer indholdet af kvælstof i husdyrgødningen.

9 Grundvand

Nitrat og pesticider

I dette afsnit omtales de gennemførte grundvandsmålinger i de 6 landovervågningsoplande. Hovedvægten er lagt på udviklingen i det øvre grundvands nitratindhold og på sammenhængen mellem pesticidfund i grundvandet og anvendelsen af de enkelte pesticider.

Analysekvalitet

Med afslutningen af overvågningsperioden 1993-1997 er der foretaget en vurdering af analysekvaliteten af grundvandets hovedbestanddele ved at se på ionbalancen.

9.1 Grundvandsstand

Vinternedbør

Nedbøren i vinterhalvåret er af afgørende betydning for grundvandsdannelsen og dermed for grundvandsstanden. Den meget tørre vinter 1995/96 betød at det normale fald i grundvandsspejlet henover sommeren fortsatte 1995 ud i alle landovervågningsoplande (figur 9.1). For de vest- og nordlige sandoplande (LOOP 2, 5 og 6) udeblev stigningen i grundvandsspejlet stort set indtil december 1996 og vandspejlet nåede ikke i vinteren 1996/97 op på højde med niveauet i den foregående periode 1990-1995. I de østligere leroplande (LOOP 1, 3 og 4) nåede grundvandsspejlet op på et næsten normalt niveau sidst på vinteren 1996/97.

9.2 Ionbalance og analysekvalitet

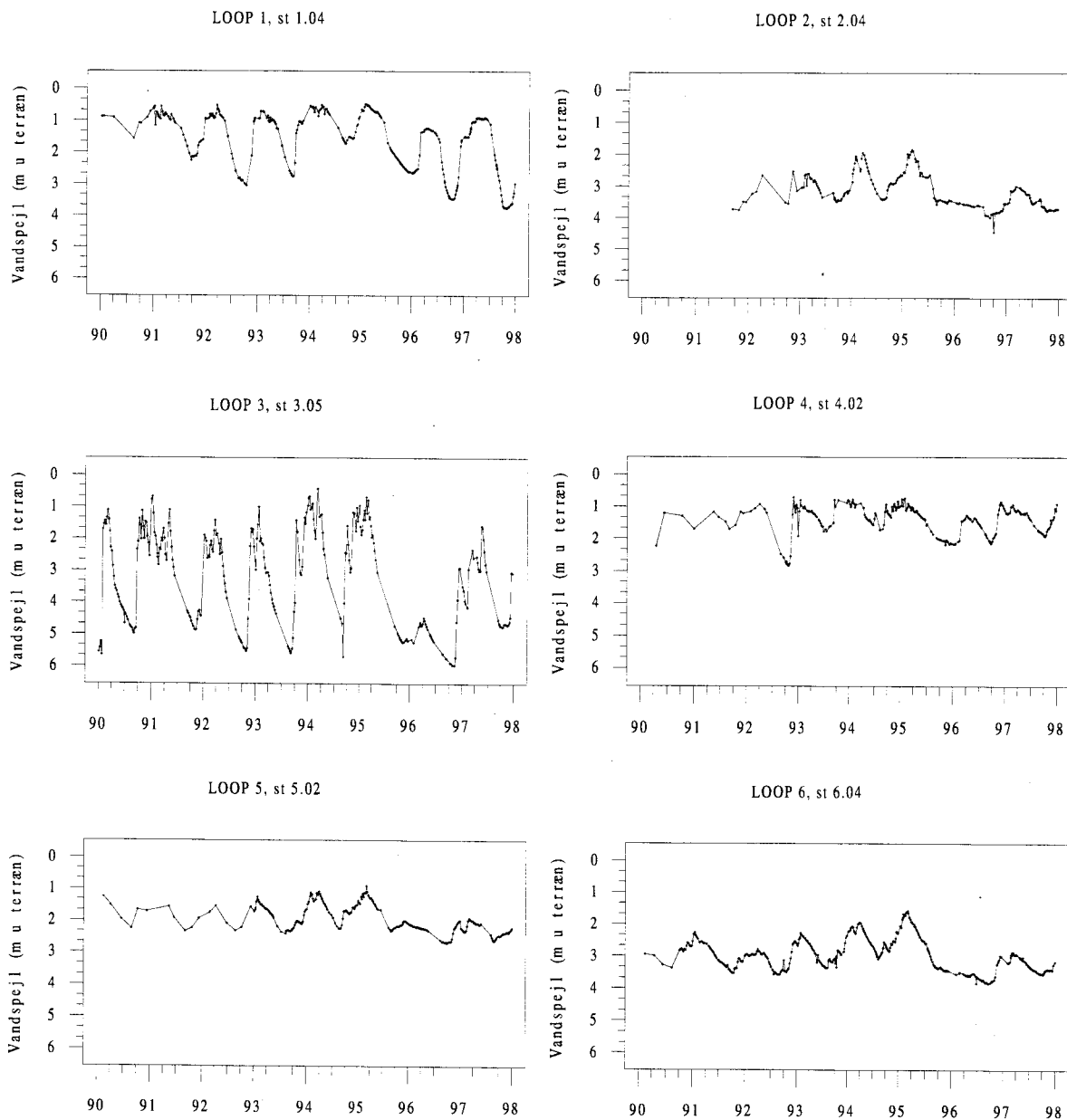
Ionbalance

Med afslutningen af denne overvågningsperiode er der foretaget en vurdering af troværdigheden af analyseresultaterne for makroionerne (hovedbestanddelene). Der er udført en simpel test af ionladningsbalancen, hvor summen af equivalente kationer er sammenlignet med summen af equivalente anioner for hver vandprøve, hvor der er analyseret for alle betydende ioner.

Normalt vil en afvigelse i ionladningsbalancen på op til 5% være acceptabel, mens afvigelser på over 10% bør kunne forklares. Ionladningsbalancen er kun beregnet på vandprøver, hvor der er analyseresultater for alle betydende hovedkomponenter, dvs. NO_3 , SO_4 , HCO_3 , Cl , $\text{PO}_4\text{-P}$, NH_4 , Na, K, Ca, Mg, Fe.

Fejlkilder

Manglende balance kan bl.a. være et resultat af dårlig prøveindsamling, fejl i analysen, manglende analyse af vigtige elementer, forkert ladning på analyserede elementer, fejl under dataoverførsel, kemiske reaktioner enten ved prøvetagning eller i perioden fra prøvetagning til laboratorieanalyse (GEUS, 1995).



Figur 9.1 Eksempler på grundvandsspejlets variation i de 6 LOOP-områder i perioden 1990-1997.

Analysekvalitet

Analyser af grundvand fra landovervågningsoplandene i overvågningsperioden 1988-1997 har en gennemsnitlig afvigelse i ionladningsbalancen på 5,7%. Ca. 33% af grundvandsprøvene ligger over 5% afvigelse og ca. 12% over 10% afvigelse.

Den procentvise afvigelse i ionbalancen skal desuden ses i forhold til grundvandets totale indhold af ioner (ionstyrken). I vandprøver med et lille indhold af ioner vil eventuelle fejl medføre relativt større afvigelser. I vandprøver fra LOOP med en ionstyrke på under 5 meq/l er der afvigelser i ionbalancen på over 10% for ca. 25% af analyserne, mens det tilsvarende for vandprøver med en ionstyrke på over 5 meq/l er ca. 9% af analyserne hvor afvigelsen er over 10%.

9.3 Det øvre grundvands nitratindhold

Oplandet som helhed

Ved at se på nitratkoncentrationen i samtlige grundvandsboringer i hvert LOOP under et eller opdelt på dybdeintervaller fås et overordnet billede af nitratindholdet i det øvre grundvand i oplandet som helhed (tabel 9.1 og 9.2). De nitratkoncentrationer, der måles i det øvre grundvand, er et resultat af samspillet mellem arealanvendelse, klima og de fysiske, biologiske og geokemiske processer i jordlagene. Senere i afsnittet fokuseres på de boringer, hvor grundvandet hovedsageligt er dannet på landbrugsarealer og hvor den geokemiske nitratreduktion formodes at være begrænset.

I tabel 9.1 er vist den gennemsnitlige årlige nitrat-koncentration i det øvre grundvand udtaget 1 til 7 meter under terræn i de 6 LOOP-områder. Efter årene 1992 og 1993, hvor nitratindholdet i de fleste oplande var højt sammenlignet med foregående år, sandsynligvis som følge af den ringe afgrødevækst i sommeren 1992, har nitratindholdet herefter været faldende i 1994 og 1995. Herefter ses igen et stigende nitratindhold i 1996 og / eller 1997. Dette er i god overensstemmelse med variationen i den beregnede kvælstofudvaskning (se kapitel 7).

Det øvre grundvands indhold af nitrat er fortsat højt. Det gennemsnitlige indhold i 1997 er i de sandede oplande på 57,5 NO₃/l, dvs. lidt over drikkevandskvalitetskravet på højst 50 mg NO₃/l, og i lerede oplande på 22,8 mg NO₃/l, hvilket er lidt under den vejledende grænseværdi på 25 mg NO₃/l (tabel 9.1).

Tabel 9.1 Gennemsnitlige nitrat-koncentrationer i øvre grundvand udtaget 1 til 7 meter under terræn. Kun boringer hvor der foreligger analyser for hvert år er medtaget.

LOOP nr.	Antal Bor.	1990 (mg NO ₃ /l)	1991 (mg NO ₃ /l)	1992 (mg NO ₃ /l)	1993 (mg NO ₃ /l)	1994 (mg NO ₃ /l)	1995 (mg NO ₃ /l)	1996 (mg NO ₃ /l)	1997 (mg NO ₃ /l)
1	20	12.6	14.2	25.1	24.6	14.8	11.8	12.1	11.1
2	14	51.7	48.8	49.7	48.0	46.7	44.6	74.7	52.9
3	17	40.4	35.3	37.0	39.3	38.4	36.4	29.7	37.1
4	16	31.4	18.3	17.3	25.4	20.2	13.6	22.4	20.2
5	32	78.1	67.6	70.3	65.9	55.2	52.3	57.5	65.9
6	30	66.5	39.4	75.8	77.7	68.1	32.7	48.1	53.6

Tabel 9.2 Gennemsnitlige nitratkoncentrationer i grundvand i forskellige dybder. For LOOP 1-4 for perioden: 1.6.89 til 31.5.97. For LOOP 5-6 for perioden: 1.6.90 til 31.5.97. I tabel 11.2 er nitratkoncentrationerne omregnet til 'mg NO₃-N/l'.

Dybde (m u.t.)	LOOP1 (mg NO ₃ /l)	LOOP2 (mg NO ₃ /l)	LOOP3 (mg NO ₃ /l)	LOOP4 (mg NO ₃ /l)	LOOP5 (mg NO ₃ /l)	LOOP6 (mg NO ₃ /l)
1.5	58.9	111.6	65.1	58.5	62.9	85.9
3	19.9	65.6	37.7	32.3	57.6	47.8
5	12.0	67.8	32.3	28.8	-	-
7	-	-	-	4.4	-	-
8-30 ¹⁾	-	63.4	-	7.0	23.2	18.2

¹⁾ Dybere overvågnings- og markvandingsboringer.

Landbrugspåvirkede boringer

For at få et billede af grundvandets nitratindhold og eventuelle udviklingstendenser i dette, som primært må tilskrives landbrugspraksis og klimatiske forhold i overvågningsperioden, og i mindre grad reduktionsprocesser i jordlagene, er der foretaget en udvælgelse blandt samtlige grundvandsboringer til den videre analyse.

Udvælgelse af boringer

Boringer beliggende umiddelbart nedstrøms skov og naturområder er udeladt ligesom boringer dybere end 7 meter og boringer med en medianværdi for nitratindholdet på under 1 mg NO₃/l (eller 3 mg NO₃/l afhængigt af detektionsgrænsen) ikke er medtaget i den videre analyse. Kun boringer analyseret i mindst 24 kvartaler er medtaget af hensyn til sikkerheden ved den statistiske analyse. 83 boringer opfylder disse kriterier. De fordeler sig med henholdsvis 10, 7 og 8 i de lerede oplande LOOP 1, 3 og 4; og med 10, 29 og 19 i de sandede oplande LOOP 2, 5 og 6.

Sandede oplande

I de sandede oplande er det gennemsnitlige nitratindhold i de landbrugspåvirkede boringer mellem 50 og 100 mg NO₃/l. Den tendens til fald i det øvre grundvands nitratindhold, som har kunnet ses fra 1992 til 1996 i LOOP 5 og 6, er i 1997 afløst af et gennemsnitligt højere indhold end i de 2 foregående år (figur 9.2). I LOOP 2 har det gennemsnitlige nitratindhold i de landbrugspåvirkede boringer været ret konstant siden 1992/93. Det gennemsnitlige nitratindhold i de sandede oplande i 1997 var på 59,1 NO₃/l for de landbrugspåvirkede boringer.

Lerede oplande

I de lerede oplande er nitratindholdet generelt lavere end i sandplandene. Den gennemsnitlige koncentration i de øvre landbrugspåvirkede boringer i LOOP 3 og 4 er på lidt under 50 mg NO₃/l, mens den i LOOP 1, det mest husdyr-ekstensive opland, er omkring 25 mg NO₃/l (figur 9.3). Det gennemsnitlige nitratindhold i de lerede oplande i 1997 var på 29,7 NO₃/l for de landbrugspåvirkede boringer.

Trend-analyse af det øvre grundvand

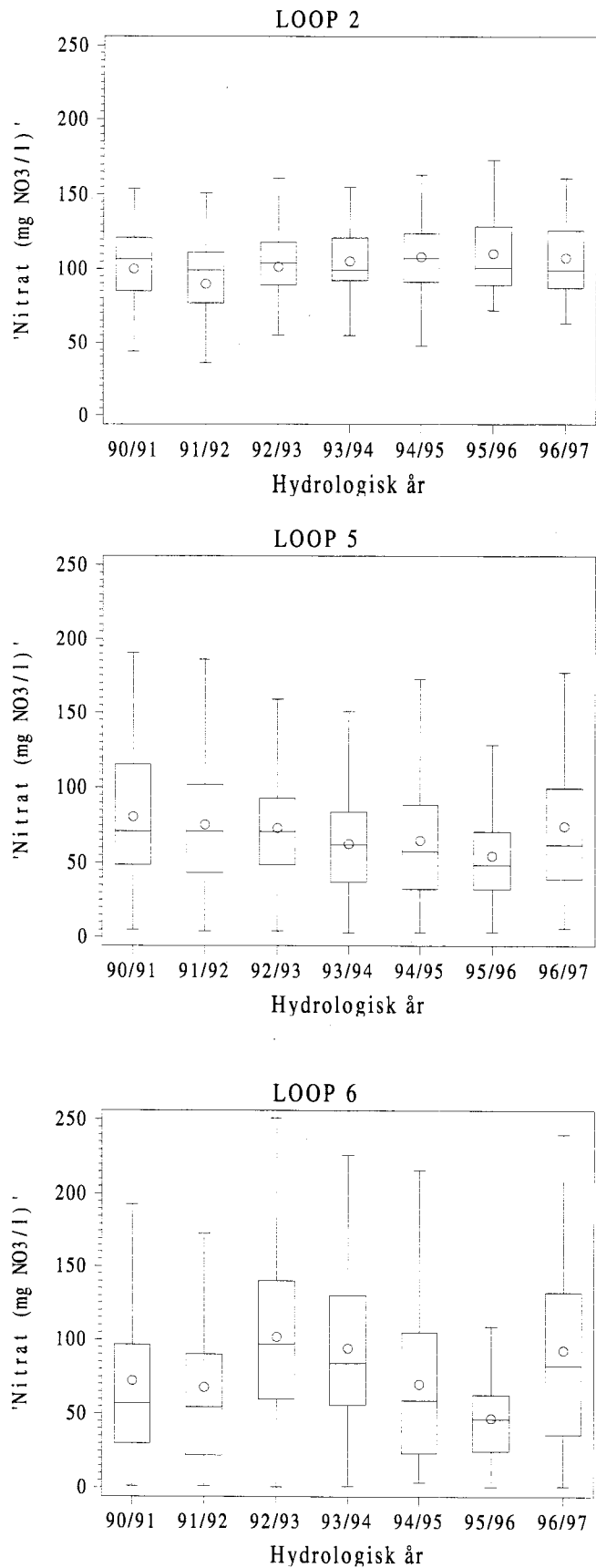
En ændring i grundvandets nitratindhold som følge af ændret landbrugspraksis må forventes først at kunne konstateres i det øvre grundvand. Der er derfor foretaget en trend-analyse af udviklingen i det øvre grundvands nitratindhold for de 83 landbrugspåvirkede boringer, som er placeret mellem 1.5 og 5 meter under terræn. Der anvendes kvartalsgennemsnit af nitratkoncentrationen i den enkelte boring. Trend-analysen er en 'Seasonal Kendall' test (*Colorado State University, 1988*). Testen er foretaget på et 10% signifikansniveau.

Den gennemsnitlige trend for boringer med faldende nitratindhold er 5.9 mg NO₃/l pr år, og for boringer med stigende indhold er 6.8 mg NO₃/l pr år.

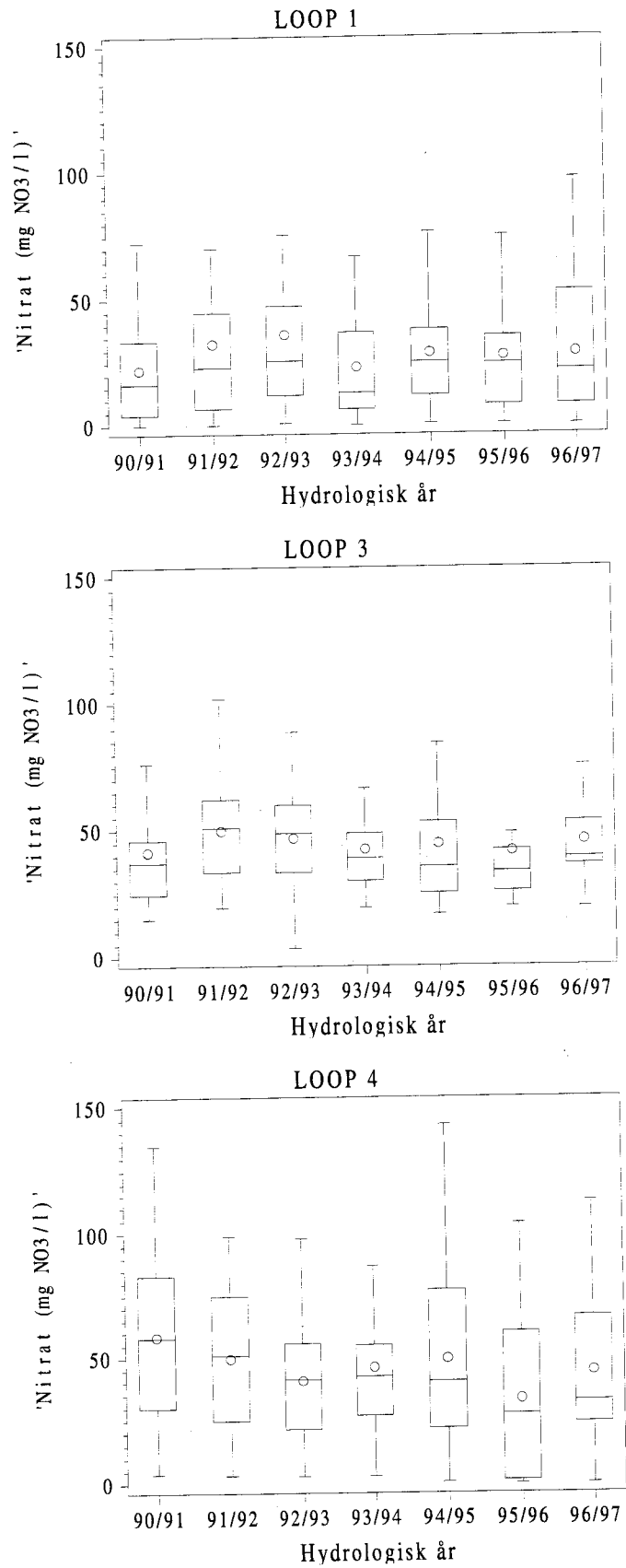
Det gennemsnitlige nitratindhold i de boringer med signifikant trend er 67.7 mg NO₃/l og 60.0 mg NO₃/l for henholdsvis faldende og stigende nitratindhold.

Eksempler på typiske nitrat-tidsserier fra det øvre grundvand er gengivet flere amtsrapporter og i Grant et al. (1996).

Boksene i figur 9.2 og 9.3 angiver indenfor hvilket interval 50% af målingerne ligger, 'o' viser gennemsnitsværdien og tværstregen i boksen medianværdien; de lodrette streger viser spredningen på data (98% af data).



Figur 9.2. Nitratindhold i nitrat- og landbrugspåvirkede grundvandsboringer i de 3 sandede oplande (10, 29 og 19 boringer fra henholdsvis LOOP 2, 5 og 6).



Figur 9.3 Nitratindhold i nitrat- og landbrugspåvirkede grundvandsboringer i de 3 lerede oplande (10, 7 og 8 boringer fra henholdsvis LOOP 1, 3 og 4).

Tabel 9.3 Trend i det øvre grundvands nitratindhold i de 6 landovervågningsoplande. Trend mellem -1 og +1 mg NO₃/l pr. år er klassificeret som 'Ingen trend'.

LOOP Nr.	Antal Boringer	Faldende trend (antal filte)	Stigende trend (antal boringer)	Ingen trend (antal boringer)
1	10	1	2	7
2	10	3	3	4
3	7	2	0	5
4	8	3	1	4
5	29	12	1	16
6	19	4	1	14
Alle LOOP	83	25	8	50

Ingen trend i 60%

Trendanalysen viser, at i ca. 60% af boringerne er der fortsat ingen signifikant udvikling i nitratindholdet set over hele overvågningsperioden fra 1989 til 1997 (tabel 9.3). I 25 boringer ses et faldende nitratindhold i overvågningsperioden. I LOOP 1-4 og 6 er der i alt 13 og 7 boringer med henholdsvis signifikant faldende og stigende nitratindhold ud af 54 boringer. Den dårlige høst i 1992 medførte efterfølgende et forhøjet nitratindhold i mange boringer. I de efterfølgende år har nitratindholdet generelt været faldende mod et mere normalt niveau, som dog i flere oplande er afløst af en stigning igen i 1996 og / eller 1997 (tabel 9.1).

LOOP 5

LOOP 5 skiller sig markant ud fra de øvrige oplande ved, at der i næsten halvdelen af boringerne er konstateret et faldende nitratindhold. Dette stemmer overens med at der i dette opland siden 1991/92 har været et, stort set uafbrudt, fald i den totale kvælstofudvaskning og i koncentrationen af kvælstof i jordvandet frem til 1996 (se kapitel 7). I det meget grovsandede LOOP 5, med kort transporttid af nitrat fra rodzone til øvre grundvand, må der forventes en hurtig respons på ændringer i udvaskningen. F.eks. er det gennemsnitlige nitratindhold i grundvandet steget igen i 1996 og 1997 svarende til den beregnede stigning i udvaskningen.

9.4 Fosfor

Lavt orthofosfat-P indhold

I landovervågningsoplandene analyseres der for fosforforbindelsen orthofosfat-P. Som det fremgår af tabel 9.4 er det gennemsnitlige orthofosfatindhold meget lavt i det øvre grundvand set i forhold til grænseværdien for drikkevand på 0,15 mg P_{total}/l. Dog er der i de lerede oplande LOOP 1 og 4 konstateret et forhøjet gennemsnitligt indhold i boringer 1,5 meter under terræn på henholdsvis 0,13 og 0,67 mg PO₄-P/l (bilag 9.1). De tilsvarende medianværdier er henholdsvis 0,03 og 0,06 mg PO₄-P/l, dvs. i hovedparten af overvågningsboringerne er orthofosfatindholdet lavt og i et mindretal af boringerne ses et relativt højt fosforindhold, ofte på 0,5 til 1 mg PO₄-P/l. Orthofosfatindholdet aftager hurtigt med dybden også i disse boringer som følge af den kraftige binding af fosfor til jorden. I LOOP 1 er det gennemsnitlige orthofosfatindhold i 1,5 meters dybde over grænseværdien i 7 ud af 23 boringer og i LOOP 4 i 4 ud af 12 boringer set over hele overvågningsperioden.

Tabel 9.4 Indholdet af orthofosfat-P i det øvre grundvand i landovervågningsoplandene. Kun boringer hvor der foreligger analyser for hvert år er medtaget¹⁾.

LOOP	Antal bor.	1990 (mg PO ₄ - P/l)	1991 (mg PO ₄ - P/l)	1992 (mg PO ₄ - P/l)	1993 (mg PO ₄ - P/l)	1994 (mg PO ₄ - P/l)	1995 (mg PO ₄ - P/l)	1996 (mg PO ₄ - P/l)	1997 (mg PO ₄ - P/l)
1	20	0.010	0.009	0.022	0.016	0.007	0.007	0.006	0.007
2	14	0.023	0.015	0.022	0.027	0.023	0.024	0.030	0.023
3	17	0.046	0.028	0.019	0.017	0.013	0.017	0.015	0.010
4	16	0.037 ²⁾	0.011 ²⁾	0.010 ²⁾	0.010	0.015	0.090	0.009	0.011
5	32	0.008	0.010	0.005	0.005	0.003	0.002	0.002	0.005
6	30	0.050	0.024	0.026	0.023	0.068	0.028	0.023	0.025

- 1) I de beregnede gennemsnit indgår analyser med et orthofosfatindhold under detektionsgrænsen med en koncentration svarende til detektionsgrænsen.
2) Koncentration i mg P-total/l.

9.5 Øvrige hovedkomponenter

Sulfat

Sulfat i grundvandet skyldes hovedsagelig iltning af det svovlholdige mineral pyrit i jordlagene. Moderat forhøjede indhold af sulfat skyldes normalt tilførsel af iltende forbindelser (ilt og nitrat) i det nedsivende vand. Herudover tilføres grundvandet sulfat fra overfladen som følge af deposition af svovlholdige forbindelser fra forbrændingsanlæg (GEUS, 1995).

I alle oplande ses år til år variationer i sulfatindholdet (tabel 9.5). Efter et relativt lavere indhold i 1994 til 1995 er sulfatindholdet generelt steget lidt de seneste 2 år til et niveau svarende til starten af overvågningsperioden. Disse tendenser svarer til det overordnede billede af variationerne i nitratindholdet gennem overvågningsperioden.

Tabel 9.5 Indholdet af sulfat i det øvre grundvand i landovervågningsoplandene. Kun boringer hvor der foreligger analyser for hvert år er medtaget.

LOOP	Antal bor.	1990 (mg SO ₄ /l)	1991 (mg SO ₄ /l)	1992 (mg SO ₄ /l)	1993 (mg SO ₄ /l)	1994 (mg SO ₄ /l)	1995 (mg SO ₄ /l)	1996 (mg SO ₄ /l)	1997 (mg SO ₄ /l)
1	20	70.9	63.7	68.0	63.1	56.1	52.8	82.5	70.8
2	14	41.0	41.3	47.9	42.3	41.0	40.0	35.3	39.3
3	17	34.3	30.9	20.8	28.5	29.8	28.7	28.6	32.8
4	16	36.6	31.2	39.3	46.8	38.4	38.7	26.5	38.8
5	32	32.7	34.8	35.7	41.1	36.7	28.9	27.3	30.9
6	30	70.6	60.3	80.4	83.2	57.6	50.3	58.2	70.1

Kalium

Grundstoffet kalium findes naturligt i grundvand og tilføres landbrugsjorden som gødning. Som for sulfat ses år til år variationer, men ingen markante udviklingstendenser i overvågningsperioden. I det sandede opland LOOP 5 har den gennemsnitlige kaliumkoncentration nogle år ligget lidt over drikkevandskravet på højst 10 mg K/l (tabel 9.6). I LOOP 2, der også er et sandet opland, er kaliumindholdet i borerne 1,5 meter under terræn også over drikkevandskravet, men indholdet aftaget med dybde (bilag 9.1). Grænseværdien for kalium er ikke fastsat af sundheds- eller smagsmæssige grunde, men fordi kalium kan være en forureningsindikator for spildevand.

Øvrige hovedkomponenter

I bilag 9.1 er vist de gennemsnitlige koncentrationer af alle hovedkomponenter for perioden 1990-1997 opgjort på LOOP-område og dybde.

Tabel 9.6 Indholdet af kalium i det øvre grundvand i landovervågningsoplandene. Kun boringer hvor der foreligger analyser for hvert år er medtaget.

LOOP	Antal bor.	1990 (mg K/l)	1991 (mg K/l)	1992 (mg K/l)	1993 (mg K/l)	1994 (mg K/l)	1995 (mg K/l)	1996 (mg K/l)	1997 (mg K/l)
1	20	8.78	8.56	8.60	8.16	9.97	8.95	7.65	8.03
2	14	2.37	2.26	2.13	2.51	2.46	1.97	2.16	3.20
3	17	1.60	1.76	1.72	1.05	1.05	1.36	1.12	1.32
4	16	2.26	1.54	1.57	1.70	1.18	1.61	1.57	1.91
5	32	12.60	11.31	11.14	9.91	8.40	9.18	9.64	11.81
6	30	7.28	6.58	7.53	8.17	8.06	6.50	5.34	7.30

Tabel 9.7 Pesticidanvendelse på i landovervågningsoplandene i 1997.

Aktiv stof anvendt på stationsmarker i 1997	Overvågningsprogram indtil 31.12.1997	Nyt analyseprogram fra 1.1.1998 (analysepakke A)	Nyt analyseprogram afventer interkalibrering (analysepakke B)	DMU metodeudviklings projekt ¹⁾
Bentazon	2,4-D	2,4-D	Aminomethylphosphonsyre	2,4-D
Bromoxynil	Atrazin	2,6-Dichlobenzamid	re	Alachlor
Chlormequat-chlorid	Dichlorprop	(BAM)	Bromoxynil	Aldicarb
Clopyralid	Dinoseb	Atrazin	Bromoxynil-benzamid	Atrazin
Cypermethrin	DNOC	Bentazon	Carbofuran	Carbofuran
Desmedipharm	MCPA	Cyanazin	Chloridazon	Cyanazin
Dichlorprop	Mechlorprop	Desethylatrazin	Chlorsulfuron	Desethylatrazin
Dimethoat	Simazin	Desisopropylatrazin	Dalapon	Desisopropylatrazin
Diquat-dibromid		Dichlorbenil	Desethylisopropylatrazin	n
Esfenvalerat		Dichlorprop	Desethylterbutylazin	Dichlorprop
Ethofumesat		Dimethoat	Ethofumesat	Dimethoat
Fenoxaprop-p-ethyl		Dinoseb	Fenpropimorph	Dinoseb
Fenpropimorph		Diuron	Glyphosat	DNOC
Fenvalerat		DNOC	Hydroxycarbofuran	Hexazinon
Fluroxypyr		Ethylenthiourea (ETU)	Hydroxysimazin	Isoproturon
Glyphosat		Hexazinon	Ioxynil	MCPA
Haloxypethoxyethyl		Hydroxyatrazin	Ioxynil-benzamid	Mechlorprop
Ioxynil		Isoproturon	Lenacil	Metamitron
Iprodion		MCPA	Maleinhydrazid	Metazachlor
Isoproturon		Mechlorprop	Metribuzin	Simazin
Isoxaben		Methamitron	Metsulfuron methyl	Terbutylazin
Lambda-cyhalothrin		Pendimethalin	Pirimicarb	
Mancozeb		Simazin	Propiconazol	
MCPA		Simazin	Thiram	
Mechlorprop		Tertbutylazin	Trichloredikesyre (TCA)	
Metamitron				
Metribuzin				
Metsulfuron-methyl				
Pendimethalin				
Phenmedipharm				
Pirimicarb				
Prochloraz				
Propiconazol				
Pyridat				
Terbutylazin				
Tribenuron-methyl				
Trisulfuron-methyl				

¹⁾ Fra 1.1.1996 er listen udvidet til ca. 40 stoffer (Miljøstyrelsen 1996 og 1998).

9.6 De anvendte pesticider

I 1997 er der anvendt 37 forskellige pesticider på stationsmarkerne i de 6 LOOP-områder. Sammenholdes disse med de pesticider, der indgår i forskellige analysepakker, ses at med det gamle analyseprogram dækkes kun 8% af de anvendte pesticider i 1997. Tilsvarende dækker analysepakker A og B begge ca. 25% eller tilsammen 50% og første del af DMU/Miljøstyrelsens metodeudviklingsprojekt 19% af de i 1997 anvendte pesticider (tabel 9.7). Ved udvælgelsen (prioriteringen) af analysepesticider til det nye program (analysepakke A og B, tabel 9.7), som trådte i kraft pr. 1.1.1998, blev der lagt vægt på pesticider som er hyppigt anvendt og anvendt gennem lang tid, og på pesticider som tidligere er fundet i udenlandsk eller dansk grundvand.

9.7 Pesticidfund i det øvre grundvand

Også i 1997 er der udført pesticidanalyser i landovervågningsoplandene, som ligger udover overvågningsprogrammet 8 pesticider (tabel 9.8).

Tabel 9.8 Gennemførte pesticidanalyser i 1997

	Antal boringer	Antal Stoffer	Antal analyser
LOOP 1	8	20	256
LOOP 2	13	27	597
LOOP 3	10	40	520
LOOP 4	3	39	195
LOOP 5	8	9	55
LOOP 6	21	7	147

Da alle pesticidanalyser foretaget i landovervågningsoplandene ikke er indsendt til GEUS, en stor del af analyserne er ikke gennemført som en del af overvågningsprogrammet, har det ikke været muligt at foretage en samlet vurdering af de foretagne pesticidanalyser i LOOP-områderne. Der er derfor først foretaget en sammenstilling af de indsendte data, og derefter er der givet et resume af pesticiddata, som de er præsenteret i amsrappporterne.

De 8 pesticider som har indgået i analyseprogrammet fra starten i 1993 (dichlorprop, MCPA, mechlorprop, 2,4-D, dinoseb, DNOC, atrazin og simazin) er de seneste år blevet suppleret med en lang række andre pesticider og nedbrydningsprodukter. Der er således nu analyseret for 55 forskellige pesticider og nedbrydningsprodukter i grundvandsboringer i landovervågningsoplandene (tabel 9.9).

Der er foretaget pesticidanalyser i 113 boringer i de 6 LOOP-områder. Antallet af analyser og analyserede stoffer varierer meget fra boring til boring.

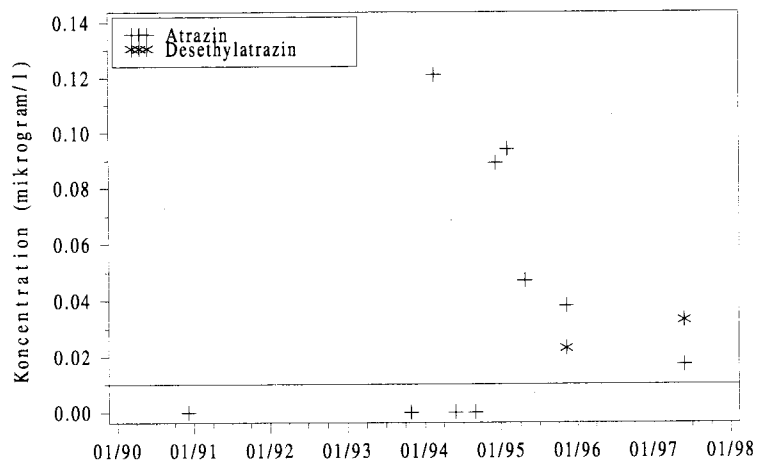
I 38 af de 113 boringer er der fundet mindst 1 pesticid eller nedbrydningsprodukt. I 9 boringer er der målt en koncentration af pesticider eller nedbrydningsprodukter på over 0,1 µg/l.

Tabel 9.9 Aktivstoffer – pesticider og nedbrydningsprodukter – der er analyseret for i landovervågningsoplandene i perioden 1991-1997 og indberettet til GEUS.

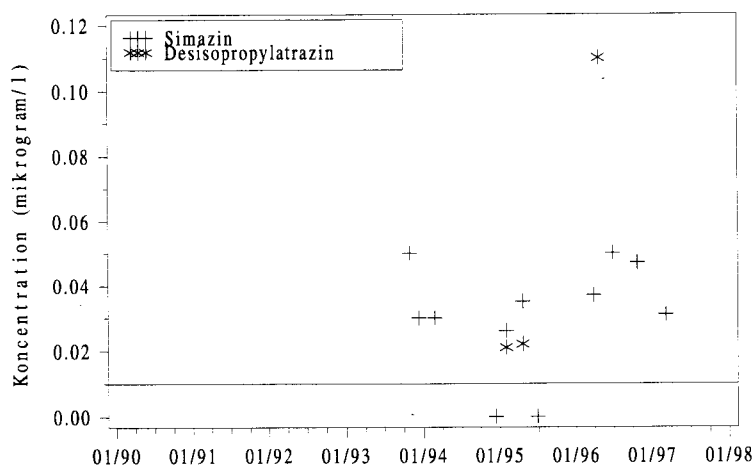
Aktiv stof	Antal analyser	Antal boreriger analyseret for stof	Antal fund	Antal boreriger med fund	Fund-boreriger mere end 1 analyse	Boreriger med genbestemmelse af fund	Antal boreriger med fund > 0.1 µg/l	Max. målt konc. (µg/l)	Pesticid forbudt / begrænset anvendelse
2,4_D	450	102	4	4	4	0	1	0.124	X
2,4-DB	24	14	0	-	-	-	-	-	
2,4-dichlorphenol	18	9	0	-	-	-	-	-	X
2,4-dimethylphenol	51	16	0	-	-	-	-	-	
Dichlobenil	18	15	0	-	-	-	-	-	X
2,6-dichlorbenzamid	120	57	0	-	-	-	-	-	
Atrazin	535	113	19	5	5	3	1	0.121	X
Atrazin, desethyl-	173	59	21	13	10	6	1	0.219	X
Atrazin, desisopropyl-	150	53	28	13	10	9	4	0.239	X
Atrazin, hydroxy-	46	37	0	-	-	-	-	-	X
Benazolin-ethyl	12	6	0	-	-	-	-	-	
Bromoxynil	23	11	0	-	-	-	-	-	
Carbofuran	226	72	0	-	-	-	-	-	
Chloridazon	38	29	0	-	-	-	-	-	
Chlorsulfuron	12	6	0	-	-	-	-	-	
Clopyralid	4	3	0	-	-	-	-	-	
Cyanazin	173	59	1	1	1	0	0	0.020	X
Cypermethrin	5	5	0	-	-	-	-	-	
Dicamba	18	9	0	-	-	-	-	-	
Dichlorprop	531	113	8	7	6	1	0	0.038	X
Dimethoat	119	51	0	-	-	-	-	-	
Dinoseb	531	113	4	4	4	0	1	0.120	X
Dinoterb	24	14	0	-	-	-	-	-	
Diuron	69	38	0	-	-	-	-	-	
DNOC	531	113	6	5	5	1	0	0.100	X
Ethofumesat	6	3	0	-	-	-	-	-	
Fenpropimorph	6	3	0	-	-	-	-	-	
Flamprop	12	6	0	-	-	-	-	-	
Fluazifop	12	6	0	-	-	-	-	-	
Fluazifop-butyl	6	3	0	-	-	-	-	-	
Heptenophos	69	29	0	-	-	-	-	-	
Hexazinon	104	30	0	-	-	-	-	-	X
Hydroxyterbuthylazin	18	9	0	-	-	-	-	-	
Ioxynil	47	25	0	-	-	-	-	-	
Isoxaben	24	14	0	-	-	-	-	-	
Linuron	93	44	0	-	-	-	-	-	
MCPA	531	113	15	10	10	3	0	0.070	X
Mechlorprop	531	113	12	9	8	2	0	0.083	X
Metamitron	143	57	3	3	2	0	0	0.010	X
Metazachlor	69	40	0	-	-	-	-	-	X
Methabenzthiazuron	38	29	0	-	-	-	-	-	X
Metribuzin	23	14	0	-	-	-	-	-	
Metsulfuron-methyl	12	6	0	-	-	-	-	-	
Pendimethalin	18	15	0	-	-	-	-	-	
Pirimicarb	23	11	2	2	2	0	0	0.006	
Prochloraz	23	11	0	-	-	-	-	-	
Propiconazol	23	11	0	-	-	-	-	-	
Propoxur	24	14	0	-	-	-	-	-	
Propyzamid	18	9	1	1	0	0	1	0.113	
Simazin	525	113	16	3	3	2	0	0.050	X
Terbuthylazin	123	58	0	-	-	-	-	-	
Thifensulfuron, methyl	12	6	0	-	-	-	-	-	
Triadimenol	18	9	0	-	-	-	-	-	
Triasulfuron	32	11	0	-	-	-	-	-	
I ALT ¹⁾				81	70	27	9		

1) Det faktiske antal boreriger hvori der er fundet pesticider er mindre end 'I ALT'. Der er fundet et eller flere pesticider / nedbrydningsprodukter i sammenlagt 38 forskellige boreriger.

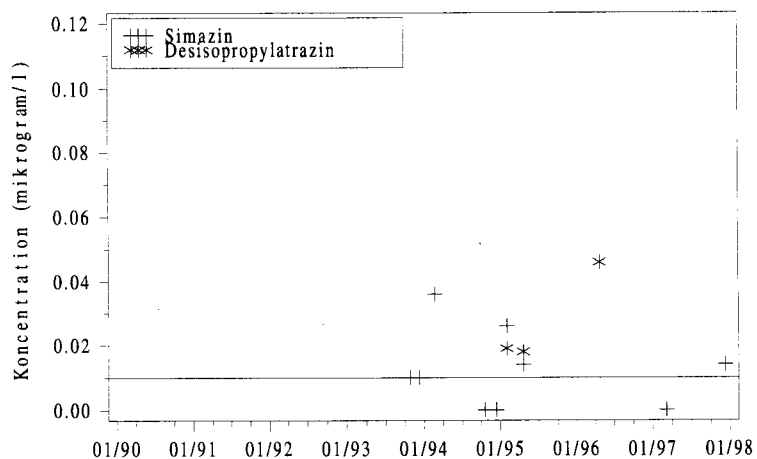
LOOP 4 - ST 4.01.11



LOOP 6 - ST 6.07.11



LOOP 6 - ST 6.07.21



Figur 9.4 Tidsserier af udvalgte pesticider fra 3 boringer i LOOP 4 og 6. De 2 boringer i LOOP 6 ligger på samme stationsmark i samme dybde med ca. 25 meters afstand. Den vandrette streg angiver mindste detektionsgrænse. Ved analyser, hvor der ikke er målt pesticider over detektionsgrænsen, er koncentrationen sat til 0,0.

For en stor del af de pesticider og nedbrydningsprodukter som er fundet i terrænnære borer i landovervågningsoplandene er der i dag et helt eller delvist forbud mod anvendelse.

Af tabel 9.9 fremgår, at der er fundet 14 af de 55 pesticider der er analyseret for. I hovedparten af de borer, hvor der er fundet pesticider ("Antal borer med fund" tabel 9.9) er der foretaget flere analyser for det fundne pesticid eller nedbrydningsprodukt ("Fundboringer med mere end 1 analyse"). Men kun 1/3 af pesticiderne er genfundet ved en efterfølgende analyse.

Lave koncentrationer

De relativt lave koncentrationer, set i forhold til drikkevandskravet på højst 0,1 µg/l, der er målt af pesticider i grundvand nedstrøms landbrugsarealer, hvor kilden er landbrugets fladebelastning, og den varierende koncentration, over og under detektionsgrænsen, understreger nødvendigheden af en regelmæssig prøvetagning i de samme terrænnære overvågningsboringer (tabel 9.10 og figur 9.4).

Tabel 9.10 Koncentrationen af de fundne pesticider og nedbrydningsprodukter, se tabel 9.9.

Aktiv stof	Antal fund	Min. koncentration (µg/l)	Gennemsnit (µg/l)	Median (µg/l)	Max. koncentration (µg/l)
2,4-D	4	0.006	0.054	0.042	0.124
Atrazin	19	0.007	0.039	0.031	0.121
Atrazin, desethyl-	21	0.008	0.044	0.029	0.219
Atrazin, desisopropyl-	28	0.009	0.068	0.042	0.239
Cyanazin	1	-	-	-	0.020
Dichlorprop	8	0.005	0.016	0.014	0.038
Dinoseb	4	0.006	0.035	0.007	0.120
DNOC	6	0.006	0.040	0.017	0.100
MCPA	15	0.005	0.022	0.020	0.070
Mechlorprop	12	0.004	0.028	0.022	0.083
Metamitron	3	0.005	0.007	0.007	0.010
Pirimicarb ¹⁾	2	0.006	0.006	0.006	0.006
Propyzamid	1	-	-	-	0.113
Simazin	16	0.006	0.031	0.031	0.050

¹⁾usikkert analyseresultat

9.8 Pesticidfund og arealanvendelse

Interviewundersøgelsen startede i 1993, men for en del stationsmarker har det været muligt at få oplysninger om pesticidanvendelsen på markerne også i de foregående 1-4 år.

15 fund i 1997

Af 15 pesticidfund i 1997 kan de 9 relateres til markanvendelsen. Det skal bemærkes at blandt de 15 fund er 1 genbestemmelse, 1 fund af nedbrydningsprodukt og moderstof er fra samme prøve og 1 pesticid er fundet i 2 dybder i samme grundvandsrede. Ved 2 af de 15 fund er drikkevandskravet overskredet.

Tabel 9.11 Fund af pesticider i det øvre grundvand i landovervågningsoplande i 1996 og tidligere kendt anvendelsestidspunkt af pesticiderne på opstrøms marker.

LOOP område ¹⁾	Grundvandsrede	Dybde	Pesticidfund	Koncentration (µg/l)	Funddato	Fundet pesticid anvendt på opstrøms mark
LOOP 1	A	5	MCPA	0,021	17.11.97	05.94, 05.95, 05.97
	A	5	Mechlorprop	0,083	17.11.97	05.94, 10.94, 10.95
	B	3	Isoproturon	0,024	20.02.97	10.94, 10.95, 10.96
	B	5	Isoproturon	0,054	17.11.97	do.
	B	5	Mechlorprop	0,020	17.11.97	10.94, 10.95
LOOP 3	A	5	Mechlorprop	0,031	13.02.97	1993,1996
	A	5	4-CCP	0,066	13.02.97	do.
	B	1½	Hexazinon	0,067	13.02.97	Intet kendskab
	B	1½	Isoproturon	1,070	13.02.97	do.
	C	3	Desisopropyl-atrazin	0,012	14.10.97	do.
LOOP 4	A	5	Propyzamid	0,113	27.05.97	Intet kendskab
	B	5	Atrazin	0,017	27.05.97	1989, 1990, 1991
LOOP 6	A	3	Simazin	0,031	05.03.97	Intet kendskab
	A	3	Simazin	0,014	09.12.97	do.
	B	3	Atrazin	0,031	09.12.97	(før 1993)

I LOOP 2 (Nordjylland) og LOOP 5 (Viborg-Ringkjøbing) er der ikke målt pesticider i grundvandet i 1997.

Da ikke alle pesticidanalyser er indsendt til GEUS gives her et resume af amtsrapporternes omtale af pesticidfund i 1997.

LOOP 1

I 1997 er der i LOOP 1 fundet pesticider i 3 boringer (5 fund), heraf var de 2 boringer på samme stationsmark. Der er målt indhold af MCPA, mechlorprop og isoproturon i koncentrationer mellem 0,020 og 0,083 µg/l. For alle 3 pesticider gælder at de i perioden 1994-97 har været anvendt på stationsmarken eller nærliggende marker (*Storstrøms Amt, 1998*).

LOOP 2

I LOOP 2 er der i 1997 gennemført analyser for de 8 pesticider, der indgår i overvågningsprogrammet. Der er udtaget 29 grundvandsprøver og ikke gjort fund af pesticider i disse. I 1997 har analyseprogrammet dækket 18% af de anvendte stoffer på stationsmarkerne (3 ud af 17) (*Nordjyllands Amt, 1998*).

LOOP 3

Der er i 1997 gennemført 4 analyserunder i LOOP 3. Grundvandsprøverne blev analyseret for 40 forskellige pesticider og nedbrydningsprodukter. I alt 10 boringer indgik i 1 til 3 af analyserunderne. I 3 boringer er der fundet tilsammen 5 pesticider / nedbrydningsprodukter. Koncentrationen af de 5 fund (mechlorprop, 4-CCP, hexazinon, isoproturon og desisopropylatrazin) lå mellem 0,012 og 1,070 µg/l. Den målte koncentrationen af isoproturon (1,070 µg/l) var over drikkevandskravet. Kun fundene af mechlorprop og nedbrydningsproduktet 4-CCP kan direkte relateres til en kendt arealavnvendelse (*Vejle Amt, 1998*).

LOOP 4

I 1997 er der fundet pesticider i 3 grundvandsprøver i LOOP 4. To af prøverne var blandingsvand fra 2 boringer. Prøverne blev analyseret for 39 forskellige stoffer. Set over hele analyseperioden kan to tredjedele af pesticidfundene relateres til en anvendelse på stationsmarkerne (*Fyns Amt, 1998*).

LOOP 5

I LOOP 5 er der udtaget i alt 12 prøver fra 8 boringer til analyse for 9 pesticider (analyseprogrammets 8 pesticider og 2,6-dichlorbenzamid). Der er ikke gjort fund af pesticider i de udtagne grundvandsprøver. Der anvendes generelt kun få sprøjtemidler, som indgår i analyseprogrammet i LOOP 5 (*Viborg Amt og Ringkjøbing Amt, 1998*).

LOOP 6

I 1997 er der i LOOP 6 fundet pesticider i 3 boringer på 2 stationsmarker. Atrazin og simazin er målt i koncentrationer mellem 0,014 og 0,031 µg/l. Fundene kan kun delvist relateres til markanvendelse. I 1997 indgår ingen af de anvendte sprøjtemidler (aktivstoffer) i analyseprogrammet, som omfattede overvågningsprogrammets 8 pesticider (*Sønderjyllands Amt, 1998*).

9.9 Sammenfatning

Det øvre grundvands nitratindhold i landovervågningsoplandene er fortsat højt. I de landbrugspåvirkede boringer i sandoplandene var den gennemsnitlige nitratkoncentration i 1997 på 59 mg NO₃/l og i de lerede oplande 30 mg NO₃/l.

En trendanalyse af 83 nitratpåvirkede boringer viser at i over halvdelen af boringerne er der fortsat ingen signifikant udvikling i nitratindholdet. LOOP 5 skiller sig markant ud fra de øvrige oplande ved at der i næsten halvdelen af boringerne er konstateret et faldende nitratindhold. Dette stemmer overens med at der i dette opland efter et højt nitratindhold i 1991/92 har været et fald i den totale kvælstofudvaskning og i koncentrationen af kvælstof i jordvandet frem til 1996. Som følge af de grovsandede jorde i LOOP 5 må det forventes at en ændret udvaskning hurtigt vil kunne konstateres i det øvre grundvand. I de øvrige oplande er der 13 og 7 boringer med henholdsvis signifikant faldende og stigende nitrationhold ud af i alt 54 boringer.

Der er i 1997 anvendt 37 forskellige pesticider på stationsmarkerne og udvalgte opstrøms marker. Med det gamle analyseprogram for pesticider analyseres der kun for 8% af disse pesticider. Det nye program (analysepakke A + B) omfatter ca. 50% af de anvendte pesticider i 1997.

I 38 af de 113 boringer, der er analyseret i overvågningsperioden, er der fundet mindst 1 pesticid eller nedbrydningsprodukt. Kun 1/3 af fundene er genbestemt ved en senere analyse. I 9 boringer er der målt en koncentration af pesticider eller nedbrydningsprodukter over drikkevandskravet på 0,1 µg/l. Den gennemsnitlige koncentration af de fundne pesticider i det øvre grundvand under landbrugsarealer varierer mellem 0,01 og 0,07 µg/l.

I det øvre grundvand i landovervågningsoplandene er der i 1997 fundet pesticider, som det fortsat er tilladt at anvende eller anvende i begrænset omfang. Det drejer sig om isoproturon, propyzamid, MCPA og mechlorprop.

10 Afstrømning, koncentration og transport af næringsstoffer i vandløb

Målinger af næringsstoffer i vandløb afdækker de kulturelle 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 kommer fra grundvandet, 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 otte hydrologiske år: fra 1989/90 til 1996/97.

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	1996/97	Gennemsnit
	-	-	-	mm	-	-	-	-	-
Lerede oplande									
Højvads Rende	102	237	150	119	359	288	37	60	169
Lillebæk	153	249	186	186	447	462	63	82	229
Horndrup bæk	219	303	206	205	427	447	128	204	267
Sandede oplande									
Oddebæk	215	230	182	164	255	299	140	147	204
Barslund bæk	350	370	348	383	435	529	313	258	373
Tværrose bæk	i.m.	228	186	181	273	295	75	106	192
Bolbro bæk	i.m.	490	375	385	623	639	218	302	433

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 fire seneste hydrologiske år har været atypiske. I 1995/96 og 1996/97 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 (Oddebæk, Barslund bæk, Tværrose bæk og Bolbro bæk): Afstrømningen fra de lerede oplande varierer typisk 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

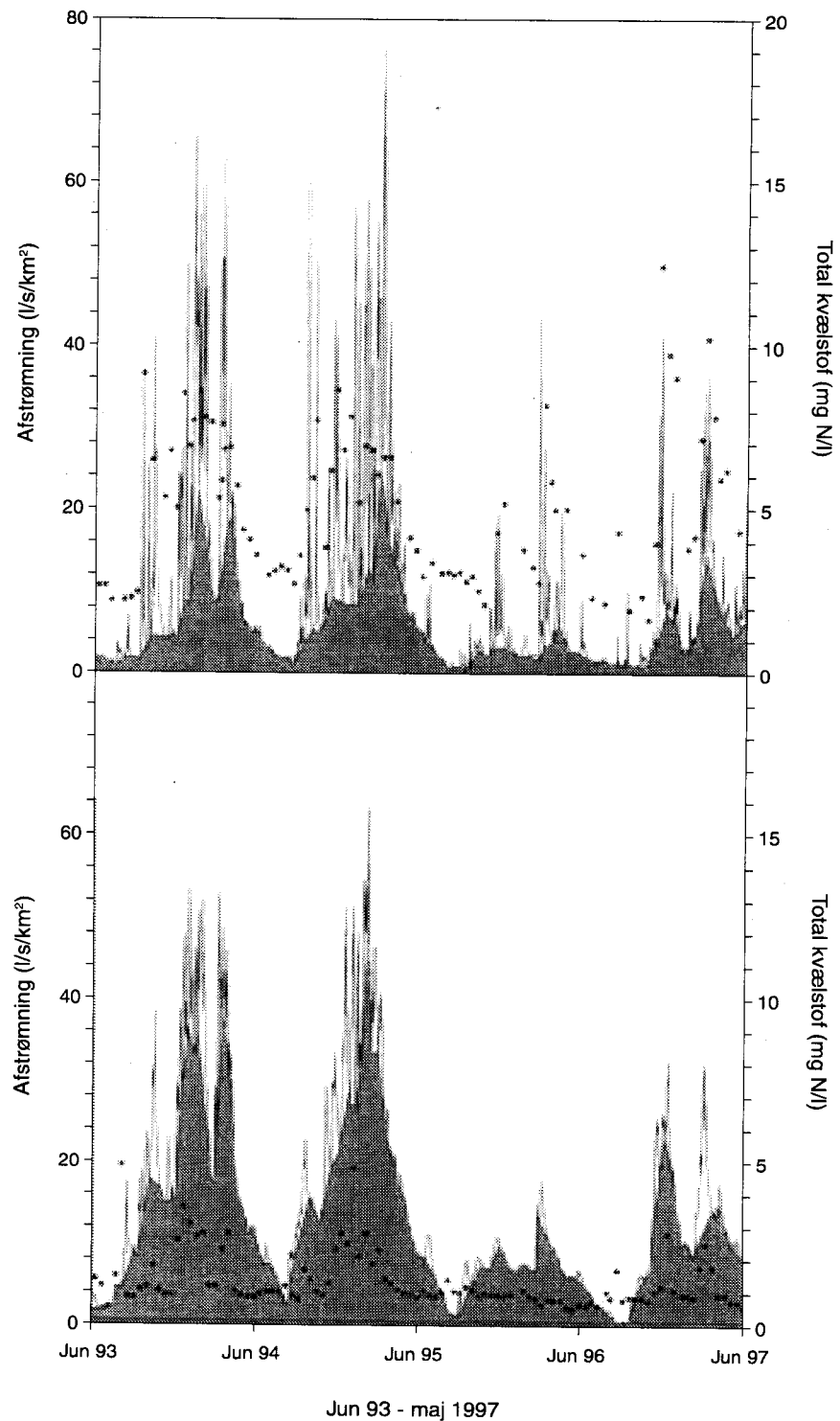
Opgørelsen giver dog ikke et nøjagtigt mål for henholdsvis grundvandsafstrømningen og den overfladenære afstrømning, men giver et godt mål for forskellen i nedbørsrespons imellem de enkelte vandløb. Hydrografopsplitningen viser, at en stor del af overskudsnedbøren hurtigt når frem til vandløb i de lerede oplande (40-42%), 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	1996/97	Gennemsnit
	-	-	-	%	-	-	-	-	-
Lerede oplande									
Højvads Rende	39	56	46	35	40	49	43	28	42
Lillebæk	44	46	37	46	42	53	20	46	42
Horndrup bæk	46	41	30	29	49	46	40	34	40
Sandede oplande									
Oddebæk	21	23	18	19	32	26	16	30	23
Barslund bæk	6	6	5	5	5	7	3	4	5
Tværrose bæk	i.m.	15	9	10	16	21	13	22	15
Bolbro bæk	i.m.	22	16	14	17	16	10	15	16

fra grundvandmagasiner (77-95%) (tabel 10.2). 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 Oddebæk, stiger koncentrationen af kvælstof stærkt med stigende afstrømning. I det seneste hydrologiske år, 1996/97, var stigningsgraden i de lerede oplande igen ligeså stor som i de fire første hydrologiske år. - I de tre mellemliggende hydrologiske år, 1993/94 1994/95 og 1995/96, var der en mindre udpræget stigning af kvælstofkoncentration med øget afstrømning.

I Barslund bæk og Bolbro bæk er der kun målt en lille stigning i koncentrationen af total kvælstof med stigende afstrømning. I Tværmose bæk har enkelte år været helt uden signifikant sammenhæng mellem afstrømning og koncentration af kvælstof, mens nogle af de øvrige år har haft faldende koncentration af kvælstof med stigende afstrømning på grund af relativt høje koncentrationer af kvælstof om sommeren.

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 Oddebæk 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.

Kvælstofkoncentrationen var lav i 1995/96 men steg igen i 1996/97.

I det 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 forholdsvis mere gammelt grundvand til vandløbene, - grundvand, hvor denitrifikation har virket længe.

I det seneste hydrologiske år, 1996/97, var den vandføringsvægtede årsmiddelkoncentration af total kvælstof generelt set oppe på samme niveau som gennemsnittet for måleperioden (tabel 10.3). Da 1996/97 var et forholdsvis tørt år, resterer der formentligt stadigvæk en stor pulje af kvælstof i jorden.

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	1993/94	1994/95	1995/96	1996/97	Gennemsnit
	-	-	-	mg N l ⁻¹	-	-	-	-	-
Lerede oplande									
Højvads Rende	10,6	9,4	7,9	14,6	7,5	7,3	4,3	7,6	8,7
Lillebæk	14,4	12,8	11,5	13,1	12,1	10,4	5,9	12,5	11,5
Horndrup bæk	9,6	8,0	8,1	8,7	6,8	6,1	4,4	7,2	7,4
Sandede oplande									
Odderbæk	7,0	7,9	7,9	8,4	8,6	7,4	4,1	7,3	7,3
Barslund bæk	i.m.	3,5	3,3	3,4	3,7	3,6	2,6	3,0	3,3
Tværmosse bæk	i.m.	1,9	2,1	2,1	2,1	1,8	1,8	2,2	2,0
Bolbro bæk	i.m.	1,7	1,0	1,9	1,9	1,9	0,8	1,3	1,5

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

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

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

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⁻¹), i Bolbro bæk er den omkring 1,8 mg l⁻¹, mens den er lav i de fire øvrige vandløb (omkring 0,5 mg l⁻¹). 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 formentlig 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 lavbundsjorder (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 vil blive afgjort, når de nystartede intensive målinger (pr. 1998) fra disse vandløb bliver behandlet.

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	1996/97	Gns.
	mg P l ⁻¹								
Lerede oplande									
Højvads Rende	0,162	0,138	0,106	0,093	0,108	0,113	0,117	0,109	0,118
Lillebæk	0,232	0,233	0,207	0,214	0,162	0,182	0,158	0,223	0,202
Horndrup bæk	0,252	0,133	0,125	0,112	0,117	0,120	0,086	0,162	0,138
Sandede oplande									
Odderbæk	0,097	0,095	0,101	0,082	0,150	0,135	0,105	0,127	0,112
Barslund bæk	i.m.	0,068	0,074	0,082	0,065	0,055	0,071	0,079	0,071
Tværrose bæk	i.m.	0,074	0,075	0,071	0,072	0,082	0,071	0,086	0,076
Bolbro bæk	i.m.	0,103	0,084	0,041	0,093	0,065	0,111	0,106	0,086

Ingen klar udvikling fra år til år mht. fosforkoncentrationer

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.

Uorganisk kvælstof udgør 90% af total kvælstof i fem af vandløbene, i Bolbro bæk kun 72%

Andel uorganisk kvælstof (NO₃-N og NH₄-N) og opløst uorganisk fosfor (PO₄-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 (72%), 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 7-15%, imod 43-48% 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).

Opløst uorganisk fosfor udgør 7-15 i de okkerbelastede vandløb og 43-48% i de øvrige

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 1989-97	
	Uorganisk N	Opløst uorganisk P
Lerede oplande		
Højvads Rende	91%	48%
Lillebæk	95%	46%
Horndrup bæk	88%	45%
Sandede oplande		
Odderbæk	89%	43%
Barslund bæk	88%	7%
Tværrose bæk	78%	15%
Bolbro bæk	72%	10%

Tabel 10.6 Andelen af total kvælstoftransport, som strømmer hurtigt til vandløbene med overfladenært vand i de syv hovedvandløb i landovervågningsoplandene. Tallene er givet for hydrologiske år.

Vandløb	1989/90	1990/91	1991/92	1992/93	1993/94	1994/95	1995/96	1996/97	Gennemsnit
	-	-	-	%	-	-	-	-	-
Lerede oplande									
Højvads Rende	53	67	61	52	48	60	58	47	56
Lillebæk	64	55	48	59	47	59	22	66	53
Horndrup bæk	69	52	44	46	60	56	48	54	54
Sandede oplande									
Oddebæk	43	45	44	44	50	37	19	57	42
Barslund bæk	i.m.	9	8	6	5	11	4	10	8
Tværmosse bæk	i.m.	21	11	12	14	24	17	24	18
Bolbro bæk	i.m.	49	19	27	35	33	10	33	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 (53-56%), mens den er meget mindre fra de sandede oplande (8-42%).

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 Tværmosse 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	1996/97	Gennemsnit
	-	-	-	kg N ha ⁻¹	-	-	-	-	-
Lerede oplande									
Højvads Rende	14,8	32,0	16,4	24,9	38,3	29,2	1,2	6,2	20,4
Lillebæk	24,6	35,5	23,8	27,2	60,4	53,5	4,0	11,5	30,1
Horndrup bæk	25,4	29,8	20,3	21,8	35,1	33,0	6,8	18,2	23,8
Sandede oplande									
Oddebæk	15,3	18,5	14,6	13,9	22,3	22,4	5,8	10,9	15,5
Barslund bæk og Tværmosse bæk	i.m.	12,8	11,3	12,7	15,7	17,9	7,6	7,9	12,3
Bolbro bæk	i.m.	8,5	3,8	7,5	12,2	12,2	1,7	3,9	7,1

Størst 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 (20,4-30,1 kg N ha⁻¹ dyrket areal), sammenholdt med tabet fra de sandede oplande (7,1-15,5 kg N ha⁻¹ 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⁻¹ og var mindst i 1996 og 1997 (Windolf *et al.*, 1998). Bilag 10.3 beskriver, hvordan tabet af kvælstof og fosfor fra dyrkede arealer er gjort op.

Ved hjælp af en ikke-parametrisk test, hvor der korrigeres for vandføringen på de dage hvor vandprøverne er taget, er det muligt at undersøge, om der igennem måleperioden er sket et fald i koncentrationen af kvælstof. Testen tager hensyn til forskelle i afstrømning men ikke til, at jordens kvælstofpulje ændres ved skift mellem tørre og våde år. Testen udnytter, at der er sammenhæng mellem afstrømning og koncentration af kvælstof. Den er nærmere omtalt af Larsen (1996).

Tab af kvælstof har faldende tendens

Testen viser, at der i kun et af de 6 oplande er sket en signifikant ændring i kvælstofkoncentration gennem niårs perioden 1989-97, nemlig i Bolbro Bæk (LOOP 6) hvor der er sket et signifikant fald. Der er tendens til fald i kvælstofkoncentrationen i de 5 af oplandene, men derimod en stigende tendens i det sjette (Odderbæk, LOOP 2). Det gennemsnitlige procentiske fald i det korrigerede kvælstoftab over perioden er 7% for de 6 oplande. Det gennemsnitlige procentiske fald er ligeledes 7% for alle de 86 dyrkede oplande, der indgår i Vandmiljøplanens Overvågningsprogram (Windolf et al., 1998). Kun i 10 af de 86 vandløb er der dog tale om et statistisk signifikant fald ($p < 0.05$).

Fosfortab fra dyrkede arealer

Tabet af fosfor fra dyrkede arealer til vandløb viser ingen entydige forskelle mellem de lerede og de sandede oplande (tabel 10.8). Tabet af fosfor var - ligesom tabet af kvælstof - specielt lavt i det hydrologiske år 1995/96 og størst i de to forudgående hydrologiske år. I tabet indgår eventuelle fosforudledninger fra spredt bebyggelse, gårde mv. til vandløb (jvf. bilag 10.3). Potentielt kan disse udledninger betyde meget for fosfortabet. Til sammenligning var det årlige tab fra udyrkede arealer 0,04-0,12 kg P ha⁻¹ i perioden 1989-97 (Windolf et al., 1998).

Tabel 10.8 Tabet af total fosfor via vandløb fra dyrkede arealer 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 kg P ha ⁻¹	1993/94	1994/95	1995/96	1996/97	Gennemsnit
Lerede oplande									
Højvads Rende	0,13	0,37	0,12	0,05	0,46	0,40	0,00	0,03	0,19
Lillebæk	0,39	0,64	0,43	0,44	0,80	0,93	0,11	0,20	0,49
Horndrup bæk	0,38	0,48	0,30	0,27	0,59	0,64	0,12	0,40	0,40
Sandede oplande									
Odderbæk	0,21	0,22	0,19	0,14	0,39	0,41	0,15	0,19	0,24
Barslund bæk og Tværmose bæk	i.m.	0,28	0,28	0,32	0,31	0,34	0,20	0,21	0,28
Bolbro bæk	i.m.	0,50	0,31	0,15	0,58	0,42	0,24	0,32	0,36

Fosfor oplandstabet er generelt faldende

Den ikke-parametriske test viser et gennemsnitligt fald i fosfor oplandstabet fra de 6 oplande på 15% over perioden 1989-97. Kun i to af oplandene er der dog et signifikant fald, nemlig i Højvadsrende og i Horndrup bæk (LOOP 1 og LOOP 3). Blandt de fire øvrige oplande er der tendens til fald i to (LOOP 4 og 5), og stigning i de to andre oplande (LOOP 2 og 6). Til sammenligning er det gennemsnitlige fald på 13% i de 48 dyrkede oplande, der indgår og er blevet testet i forbindelse med Vandmiljøplanens Overvågningsprogram (Windolf

et al., 1998). I 13 af de 48 vandløb er der tale om et statistisk signifikant fald ($p < 0.05$).

Det gennemsnitlige fald i fosfor oplandstabet er sandsynligvis relateret til den faldende fosforudledning fra spredt bebyggelse. Fosforudledningen fra spredt bebyggelse er generelt reduceret som følge af et øget brug af fosfatfrie vaskemidler. Den er reduceret fra 1,5 kg P år⁻¹ p.e.⁻¹ til 1,0 kg P år⁻¹ p.e.⁻¹ i perioden siden slutningen af 1980'erne (Miljøstyrelsen, 1994). Desuden kan bidrag fra punktkilder indvirke på faldet i det samlede kvælstof, fx. i et opland som LOOP 3 (Horndrup bæk), hvor en punktkilde blev skåret væk efter det første år.

Fosfortransporter i vandløb er generelt underestimeret

Koncentrationen af fosfor er fra 1993 målt intensivt i Oddebæk, Horndrup bæk og Højvads Rende, og fra midten af 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). I Lillebæk har der været væsentlige driftsproblemer, og sammenligningen er derfor ikke foretaget der.

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 Højvadsrende og Oddebæk er den intensive prøvetagningsstrategi forbedret i løbet af måleperioden.

Vandløb	1993/94	1994/95	1995/96	1996/97	Gennemsnit
	-	-	%	-	
Højvads Rende	139	102	172	116	132
Horndrup Bæk	258	157	117	107	160
Oddebæk	97	122	137	140	124

Der er meget store variationer fra år til år og fra station til station mht., hvor skævt man rammer ved den normale prøvetagning, når fosfortabet gøres op. Derfor kan det ikke lade sig gøre at korrigere årstransporter beregnet på baggrund af normal prøvetagning. Intensiv prøvetagning vil fra midten af 1998 blive udført efter koordinerede retningslinier i alle syv hovedvandløb.

Årstransporterne af total fosfor, som blev beregnet ud fra intensiv prøvetagning, udgør i gennemsnit for de tre vandløb 139% af fosfortransporter 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 de to seneste hydrologiske år (1995/96 og 1996/97) 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 hovedsa-

gelig sker via grundvand. Den årlige overfladenære andel af afstrømningen til vandløbene udgjorde i måleperioden 40-42% for vandløb i lerjordsoplandene og 5-23% 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⁻¹ i vandløbene i de lerede oplande og 3,8 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.

Den totale kvælstofudvaskning til vandløbene fra dyrkede arealer har i undersøgelsesperioden ligget på gennemsnitlig 24,8 kg N ha⁻¹ år⁻¹ i lerjordsoplandene, og på gennemsnitlig 11,6 kg N ha⁻¹ år⁻¹ i sandjordsoplandene. Til sammenligning anføres at udvaskningen fra naturarealer i undersøgelsesperioden lå på 0,6-4,3 kg N ha⁻¹ år⁻¹.

I ingen af oplandene er sket en statistisk signifikant udvikling i kvælstoftabet. Der er dog en *tendens* til fald i kvælstoftabet, som omregnet i procent svarer til et 7% fald over ni års perioden 1989-97. Der er i testen korrigeret for ændringer i afstrømning, men ikke for ændringer i jordens kvælstofpulje ved skift mellem våde og tørre år.

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 0,33 kg P ha⁻¹ år⁻¹. Der var ingen entydig forskel mellem lerjords- og sandjordsoplandene. Til sammenligning anføres at tabet fra naturoplande i samme periode lå på 0,04-0,12 kg P ha⁻¹ år⁻¹.

Fosfor oplandstabet er som gennemsnit for de seks oplande faldet med ca. 15% fra 1989-97. Fald i udledninger fra spredt bebyggelse, og i enkelte tilfælde fra punktkilder bidrager til faldet.

I tre af hovedvandløbene i landovervågningsoplandene er fosfortabet til vandløb siden 1993 tillige beregnet på baggrund af intensiv prøvetagning. I gennemsnit er fosfortabet her 39% 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.

11 Sammenstilling - Landbrugets indflydelse på næringsstoftransporten i landovervågningsoplandene

Sammenstilling af måleresultater og opgørelser

Dette afsnit sammenstiller hovedresultaterne fra de enkelte delprogrammer i landovervågningsoplandene til en samlet beskrivelse af næringsstoftransporter i landbrugsøkosystemer. Landbrugets næringsstofbidrag til vandmiljøet vurderes. Til disse sammenstillinger anvendes gennemsnitsværdier for overvågningsperioden 1989/90 - 1996/97.

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 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 fosforgødskning. Der er ikke foretaget en kvantificering af transportprocesserne på grund af kompleksiteten 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 1996/97. 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. 202 mm pr år) og de største mængder i Ringkøbing/Viborg og Sønderjylland (LOOP 5 og 6) (gns. 557 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 ¹⁾		Senderjyll. LOOP 6	
	mm	%	mm	%	mm	%	mm	%	mm	%	mm	%
Nedbør	669	100	792	100	846	100	685	100	977 ²⁾	100	949 ²⁾	100
Ffordampning	467	70	448	55	408	87	373	54	413	42	399	42
Nedsivning	202	30	344	45	438	52	312	46	564	58	550	58
Nedsivning	202	100	344	100	438	100	312	100	564	100	550	100
Overfladenær afstr.	75	37	102	30	110	25	48	15	23	4	71	13
Grundvandsafstr.	94	47	127	37	157	36	156	50	286	51	362	66
Total t.vandløb	169	43	229	67	267	61	204	65	309	55	433	79
Netto til gr.vand	32	16	115	33	171	39	108	35	133 ³⁾	25	84 ³⁾	7

¹⁾ Barslund Bæk + Tværmose Bæk

²⁾ Inklusiv vanding ca. 122 mm i LOOP 5 og 33 mm i LOOP 6

³⁾ Grundvandsdannelse er fratrukket 122 mm i LOOP 5 og 33 mm i LOOP 6 p.g.a. oppumpning til vanding

Afstrømning til vandløbene

I lerjordsoplandene er 25-37% af den nedsivende vandmængde hurtigt strømmet til vandløbene som overfladenær afstrømning; heri indgår drænvandsafstrømning. Yderligere 36-47% er via grundvand strømmet til vandløbene; mens 16-39% er medgået til grundvandsopbygning. I sandjordsoplandene er 4-15% af den nedsivende vandmængde strømmet til vandløbene som overfladenær afstrømning, mens yderligere 50-66% er strømmet til vandløbene via grundvand. Afstrømningen til vandløbene i disse områder sker altså med en langt større forsinkelse. 7-35% af den nedsivende vandmængde er medgået til grundvandsopbygning.

Afstrømning også til regionalt grundvandsmagasin

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, bl.a. fordi det er vanskeligt at fastlægge oplandsarealerne.

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.

Fejl! Bogmærke er ikke defineret! I lerjordsoplandene har kvælstofkoncentrationerne i rodzonevandet ligget i intervallet 18,5-25,6 mg N l⁻¹. 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 kvælstof-

koncentrationerne ligget på 7,4-11,5 mg N l⁻¹. 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.

Koncentrationsmønster i sandjordsoplandene

I sandjordsoplandene har kvælstofkoncentrationerne i rodzonevandet ligget på 22,8-35,7 mg N l⁻¹. 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⁻¹ i Nordjylland (LOOP 2) og på 1,5-3,3 mg N l⁻¹ 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 - 1996/97 (LOOP 1-4) og 1990/91 - 1996/97 (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 ⁻¹	mg N l ⁻¹	mg N l ⁻¹	mg N l ⁻¹	mg N l ⁻¹	mg N l ⁻¹
Rodzonevand	19,1	18,5	25,6	35,7	22,7	25,7
Drænvand	15,9	18,5	-	-	-	-
Grundvand 1,5m	13,3	13,2	14,7	25,2	14,2	19,4
Grundvand 3,0m	4,5	7,3	8,5	14,8	13,0	10,8
Grundvand 5,0m	2,7	6,5	7,3	15,3	-	-
Grundvand 7,0m	-	1,0	-	-	-	-
Overfl.nær afstr.	11,8	14,7	10,4	14,0	5,1 ¹⁾ (2,3)	2,9
Gr.vandsafstr.	6,6	9,2	5,6	5,4	3,2 (1,9)	1,2
Vandløb	8,7	11,5	7,4	7,3	3,3 (2,0)	1,5

¹⁾ Gælder kun målinger i Barslund Bæk, i parentes er angivet koncentrationer for Tværmose Bæk

Kvælstoftransporter

Præsentation

I tabel 11.3 er vist de gennemsnitlige kvælstofstrømme for perioden 1989/90 - 1996/97 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.

Udvaskningerne 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. Ligeledes er kvælstofmineralisering samt opbygning af jordens humuspulje og denitrifikationstabt fra rodzonen ikke kvantificeret. Kvælstofafstrømningen til vandløbene er baseret på målinger ved hovedvandløbsstationerne. 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. 116 kg N ha⁻¹ med handelsgødning, 69 kg N ha⁻¹ med husdyrgødning og 30 kg N ha⁻¹ ved kvæstoffixering og atmosfærisk deposition, ialt ca. 215 kg N ha⁻¹. Med afgrøderne er årligt fjernet ca. 130 kg N ha⁻¹. Der er således netto tilført jorden ca. 85 kg N ha⁻¹. Den målte udvaskning fra rodzonen har i perioden udgjort ca. 68 kg N ha⁻¹ pr. år. Kvælstoftransporten i vandløbene har udgjort ca. 25 kg N ha⁻¹ pr. år; det svarer til at gennemsnitlig ca. 37% af rodzoneudvaskningen er nået til vandløbene.

Sandjordsoplande

I sandjordsoplandene er årligt tilført ca. 113 kg N ha⁻¹ med handelsgødning, 116 kg N ha⁻¹ med husdyrgødning og ca. 42 kg N ha⁻¹ ved kvæstoffixering og atmosfærisk deposition, ialt 271 kg N ha⁻¹. Afgrøderne har årligt fjernet ca. 131 kg N ha⁻¹; således er der netto tilført jorden ca. 140 kg N ha⁻¹ pr. år.

Udvaskningen fra rodzonen er målt til ca. 124 kg N ha⁻¹ pr. år. Kvælstoftransporten i vandløbene har udgjort ca. 12 kg N ha⁻¹ 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⁻¹ år⁻¹ (Windolf et al., 1998)

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 - 1996/97 (LOOP 1-4) og 1990/91-1996/97 (LOOP 5-6).

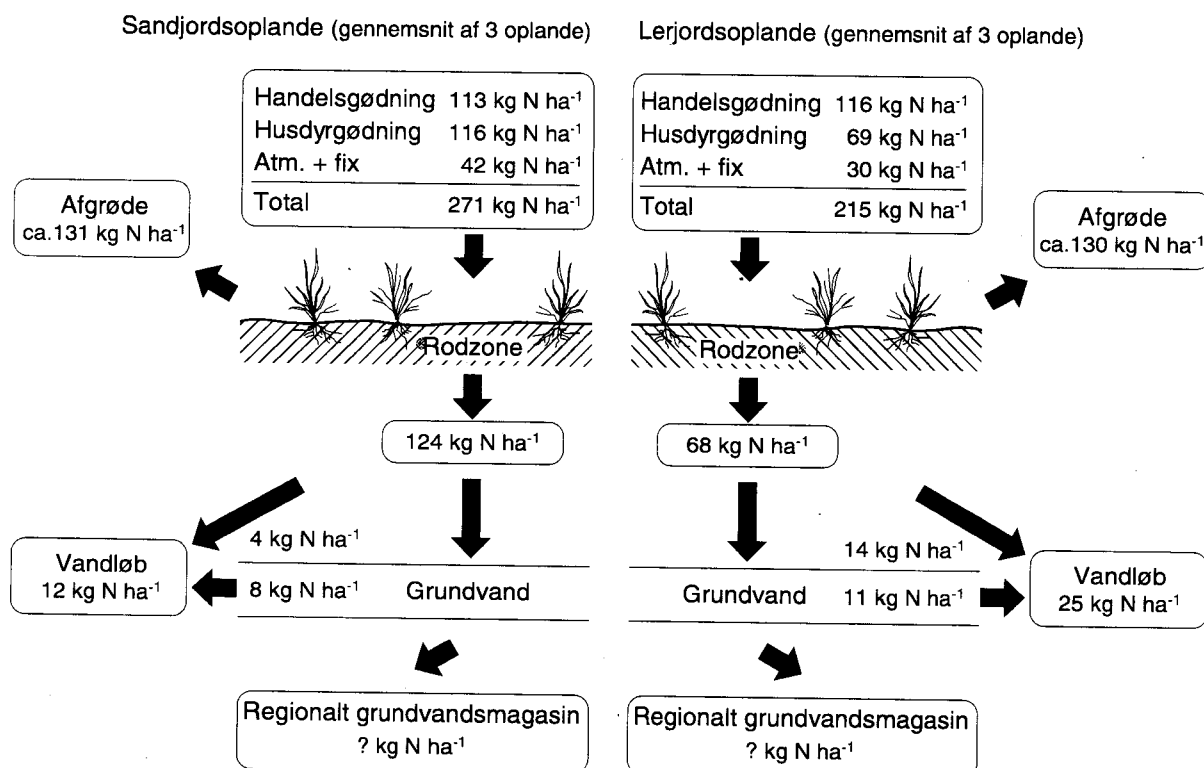
Årlig kvælstofcirkulation												
Kvælstofstrømme	Lerjordsoplande						Sandjordsoplande					
	Storstrøm LOOP1		Fyn LOOP4		Vejle/Århus LOOP3		Nordjylland LOOP2		Ringk./Viborg LOOP5 ²⁾		Sønderjyll. LOOP6	
	kg N ha ⁻¹	%	kg N ha ⁻¹	%	kg N ha ⁻¹	%	kg N ha ⁻¹	%	kg N ha ⁻¹	%	kg N ha ⁻¹	%
Handelsgødning	125		120		104		104		138		98	
Husdyrgødning	25		76		105		160		45		143	
Afm. + fixering ¹⁾	26		32		32		46		33		47	
Total tilført	182		228		241		310		216		288	
Høstet	129		137		125		144		113		136	
Tilført - høstet	53		91		116		166		103		152	
Udvasket Rodzonen (Drænvand) ³⁾	34 (13)	100 (38)	59 (11)	100 (19)	112 (100)		105 (100)		126 (100)		140 (100)	
Udv. til vandløb Overfladenært	11,5	34	16,4	28	13,0	11	6,8	6	1,4	1	2,4	2
Grundvand	8,9	26	13,7	23	10,8	10	8,7	9	10,9	9	4,7	3
Total	20,4	60	30,1	51	23,8	21	15,5	15	12,3	10	7,1	5

¹⁾ Fra atmosfæren regnes 19 kg N ha⁻¹ år⁻¹

²⁾ Barslund og Tværmose Bæk

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

Det årlige kvælstofkredsløb (1989/90 - 1996/97)



Figur 11.1. Schematisering af kvælstofkredsløbet for henholdsvis lerjords- og sandjordsoplandene for årene 1989/90 - 1996/97.

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 (kap. 7.4).

Jordens humuspuljer

Mineraliseringsprocesser har haft stor indflydelse på den kvælstofudvaskning, der er målt i perioden 1989 til 1997. Størrelsen af jordens omsættelige humusfraktion er et resultat af mange års landbrugsproduktion med et højt gødskningsniveau. Den hastighed, hvormed mineraliseringsprocesserne og kvæstoffikseringen 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. For at opnå en reduktion i kvælstofudvaskningen må størrelsen af netto tilført kvælstof mindskes. Det betyder, at gødningen må udnyttes bedre og tilførslerne følgelig ned-sættes.

Kvælstofafstrømning til vandmiljøet

I den præsenterede 8-årige periode er der målt en årlig gennemsnitlig udvaskning fra rodzonen på 68 kg N ha⁻¹ i lerjordsoplandene og på 124 kg N ha⁻¹ 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 når ud til vandløbene gennem dræn og overfladenært vand, mens yderligere 10-26% når til vandløbene via det øvre grundvand. En eventuel ændring i landbrugets gødningspraksis vil derfor hurtigt slå igennem i vandløbskvaliteten. I sandjordsoplandene derimod når 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 fremgår af sammenstillingen, at det øvre grundvand i alle land-overvågningsoplandene 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.

Analysen, 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 $1,0 \text{ mg N l}^{-1}$).

11.3 Fosforgødsning og vandmiljø

Nettotilførsel og jordens 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 1990/91-1996/97.

I LOOP1 (Storstrøm) er der omtrent balance mellem tilført og fraført fosfor, i LOOP4 (Fyn) har der været en nettotilførsel på ca. $5 \text{ kg P ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$, mens der ved de øvrige oplande var en nettotilførsel på $11\text{-}13 \text{ kg P ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$. Ved LOOP3 (Vejle/Århus), LOOP2 (Nordjylland) og LOOP6 (Sønderjylland) er den store nettotilførsel forårsaget af store husdyrgødningsmængder. I LOOP5 (Viborg/Ringkøbing) 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).

For optimal planteproduktion anbefales fosfortal (Pt værdier) på $2,0\text{-}3,5/4,0$ (Oversigt over Landsforsøgene, 1997). I 1997 havde 2-7% af de danske jorde fosfortal mindre end 2,0, mens mere end 50% havde fosfortal over 4,0. Den største andel af jorde med høje fosfortal var tilstede i Nord- og Vestjylland, hvor henholdsvis 14 og 15 % af jorden havde fosfortal større end 6,0. De danske jorde har altså høj fosforstatus.

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 - 1996/97

		Lerjordsoplande			Sandjordsoplande		
		Storstrøm LOOP1	Fyn LOOP4	Vejle/Århus LOOP3	Nordjyll. LOOP2	Ringk./Viborg LOOP5	Sønderjyll. LOOP6
Handelsgødn.	kg P ha ⁻¹ år ⁻¹	16,1	10,8	5,9	6,0	22,4 ¹⁾	5,4
Husdyrgødn.	kg P ha ⁻¹ år ⁻¹	5,0	16,8	25,3	26,9	5,9	26,6
Høstet	kg P ha ⁻¹ år ⁻¹	21,0	23,0	19,9	20,3	17,4	19,7
Tot. tilf.-høstet	kg P ha ⁻¹ år ⁻¹	0,1	4,6	11,4	12,7	10,9	12,3
Drænvand: total P							
Konc.	mg P l ⁻¹	0,083 ²⁾	0,063 ²⁾				
Transp.	kg P ha ⁻¹ år ⁻¹	0,078	0,054				
Vandløb: total P							
Konc.	mg P l ⁻¹	0,118	0,202	0,138	0,112	0,073 ³⁾	0,086
Transp.	kg P ha ⁻¹ år ⁻¹	0,20	0,49	0,40	0,24	0,28	0,36

¹⁾ Anvender fosforholdigt kalkslam fra industrien

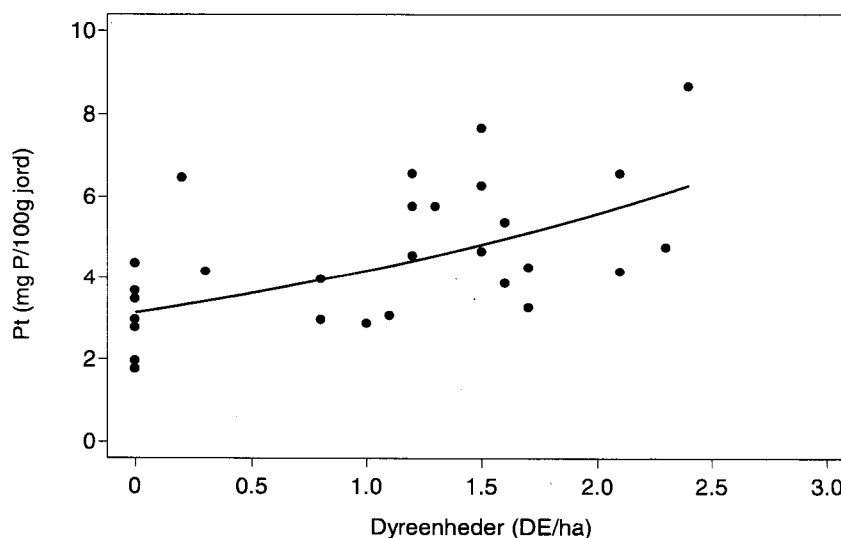
²⁾ Gennemsnit for 3 dræn i LOOP 1 og for 4 dræn i LOOP 4

³⁾ Gennemsnit for Barslund Bæk og Tværmose Bæk

Et 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.

Figur 11.2 Fosfortal i jord ved 30 sugecellefelter i landovervågningsoplandene (jordprøver udtaget i efteråret 1996) (Grant et al., 1997)



Ved 30 andre felter på landbrugsjord ligger fosfortallene mellem 1,8 og 8,7 (figur 11.2). Det ses at fosfortallet for disse jorde stiger med stigende husdyrtæthed. Således kan fosfortallet udtrykkes som en eksponentiel funktion af husdyrtætheden:

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

hvor x_i er ejendommens gennemsnitlige husdyrtæthed (DE ha⁻¹) 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.

Fosfortab til vandmiljøet

Fosfortabenes størrelse

I landovervågningen udgjorde den gennemsnitlige udvaskning af opløst ortho-P ved 28 jordvandsstationer ca 0,045 kg P ha⁻¹ år⁻¹, mens der ved 3 jordvandsstationer blev udvasket 0,22-0,77 kg P ha⁻¹ år⁻¹. Gennem 6 dræn på lerjorde udgjorde transporten af total P 0,054 kg P ha⁻¹ år⁻¹ og gennem 1 dræn 0,160 kg P ha⁻¹ år⁻¹. Det totale tab af fosfor fra oplandene til vandløbene har ligget på gennemsnitlig 0,34 kg P ha⁻¹ år⁻¹ 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 0,153 mg P l⁻¹ i lerjordsoplandene og på 0,090 mg P l⁻¹ 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.*).

Jorders fosforindhold og tab til vandmiljøet

Høj fosforstatus og tab af partikulært fosfor

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.*).

Risiko for udvaskning af fosfor

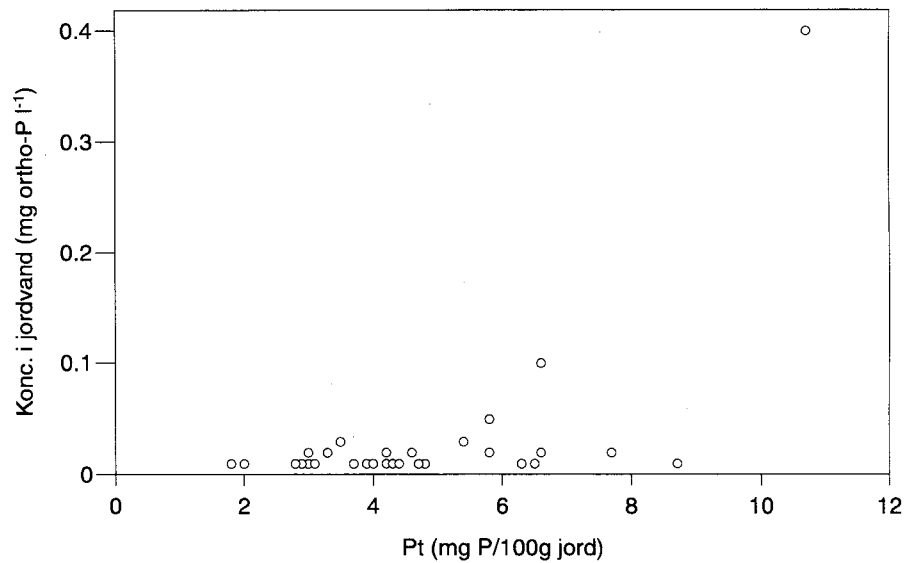
Endvidere kan det høje fosforindhold i topjord have betydning for udvaskning af fosfor fra rodzonen. *Simmelsgård (1996)* har således for danske jorde påvist en sammenhæng mellem tab af opløst fosfor gennem dræn og jordenes fosforstatus. Også *Grant et al. (1997)* har målt store tab af opløst fosfor 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 forbliver lav ved høje fosfortal (figur 11.3). 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).

Figur 11.3 Relationen mellem opløst fosfor i jordvand (vandføringsvægtet) og værdier for jordens fosfortal (Pt) fra 31 jordvandsfelter på landbrugsjord i landovervågningen (Grant et al., 1997).



Processerne, der styrer transporten af opløst fosfor i jord er komplicerede, og der er behov for yderligere at undersøge, hvorledes jorders fosforstatus samt kemiske og fysiske forhold påvirker tabsprocesserne.

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. Endelig blev Vandmiljøplan II vedtaget i februar 1998.

*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 til vandmiljøet 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 gødskningspraksis 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 fly-

dende husdyrgødning om efteråret, dog med undtagelse af udbringning 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.

*Opfølgning på
Handlingsplanen for
Bæredygtigt Landbrug*

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 skal fastsættelsen af næringsstofindholdet i husdyrgødning ske på baggrund af normværdier med mulighed for korrektion for aktuel fodring. Desuden indebærer planen en gradvis stigning i kravet til udnyttelse af husdyrgødning; fra 1. august 1997 er udnyttelseskravet således øget til 50% for svinegylle, 45% for kvæggylle, 15% for dybstrøelse og 40% for anden husdyrgødning.

Vandmiljøplan II

I januar 1998 foretog Danmarks Miljøundersøgelser og Danmarks Jordbrugsforskning for Folketinget en evaluering af de hidtil iværksatte og aftalte styringsinstrumenters effektivitet. På baggrund heraf vedtog Folketinget i februar 1998 Vandmiljøplan II (VMPII). I planen er landbrugets reduktionskrav fastholdt, og initiativer til opfyldelse heraf skal være iværksat senest 2003. VMPII omfatter en bred vifte af virkemidler, disse er kort anført i afsnit 12.5.

12.2 Udviklingen i landbrugets kvælstofanvendelse frem til 1997

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 1997 udgjorde 77% af det dyrkede areal. Heraf udgør græs inklusiv brak, vinterraps og korn med udlæg 42%, vinterkorn 37% og rodfrugter, majs, halmnedmuldning og juletræer 21%. Kun førstnævnte gruppe samt rodfrugter (roer) kan forventes at optage store kvælstofmængder i efterårs- og vintermånederne.

I 1997 stod 84% af dyreenhederne på ejendomme med mindst 9 måneders opbevaringskapacitet til den flydende husdyrgødning. Dette er en forøgelse på 47%-point i forhold til 1991, den største stigning fandt sted fra 1993 til 1994 (21%-point). Samtidig er der sket en bety-

delig stigning i forårs/sommer udbringning af husdyrgødning. I 1997 blev 92% af den samlede kvælstofmængde i husdyrgødning udbragt om foråret/sommeren, hvilket er en forøgelse på 37%-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. Desuden fordrer kravet om øget udnyttelse af husdyrgødning, at denne udbringes på det mest optimale tidspunkt.

Udnyttelse af husdyrgødning steget til 66% i 1997, men overgødskning forekommer stadig på ca. 20% af arealet

Udnyttelsen af husdyrgødningen beregnet på baggrund af gødningstildeling til hele landbrugsarealet i landovervågningsoplandene er steget fra jævnt fra 35% i 1990 til 56% i 96, og yderligere til 66% i 1997. Der blev i 1997 stadig overgødet i forhold til kvælstofbehovet (fastsat ud fra økonomisk optimering) på ca. 20% af arealet, men overgødskningens størrelse var mindre end i 1994-96.

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 606 mio. kg N i 1997. Handelsgødningsforbruget udgjorde i 1985 96% af afgrødernes optimale kvælstofbehov, mens andelen i 1997 var faldet til 80%. Handelsgødningsforbruget er faldet fra 392 mio. kg N i 1985 til 282 mio. kg N i 1997.

Forskellen mellem det totale kvælstofinput og kvælstof fjernet ved høst med afgrøder har haft en faldende tendens i perioden 1985 til 1997. Således udgjorde kvælstofoverskuddet for det danske landbrugsareal 380 mio. kg N i 1985 og 243 mio. kg N i 1997. Set over hele perioden udgjorde reduktionen i kvælstofoverskud på landsplan 27%. En del af reduktionen i kvælstofoverskud skyldes, at landbrugsarealet er blevet mindre. Foretages opgørelsen pr arealenhed landbrugsjord (inklusive brak) udgjorde reduktionen i kvælstofoverskud 23%.

Der er altså sket betydelige forbedringer mht. gødningsanvendelsen siden Vandmiljøplanens vedtagelse; ændringerne har været særlig markante fra 1993 til 1994 og fra 1996 til 1997.

12.3 Udvikling i kvælstofudvaskning frem til 1997

Det er ikke muligt på et statistisk grundlag at vurdere udviklingen i den målte kvælstofudvaskning fra rodzonen på baggrund af de foreliggende otte års målinger, 1989-97, idet klimatisk betingede variationer overskygger driftbetingede ændringer.

23-25% reduktion i N udvaskning fra rodzonen

Modelberegninger udført med udvaskningsfunktioner ved normal-klima for perioden 1989-97 har vist et generelt fald i udvaskning gennem måleperioden, ca. 23-25% reduktion fra 1989/90 til 1996/97.

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 afstrømnings-korrigerede kvælstoftransport har været omtrent uændret fra

1989/90 og frem til 1992/93. I årene 1993/94 -1996/97 er der set et mindre fald i transporterne, mest markant i lerjordsoplandene. På sandjordene vil man ikke kunne forvente fuld 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 lavere kvælstoftransport i disse år kan være en effekt af reduceret kvælstofudvaskning fra rodzonen, men kan også være en effekt af de ekstreme afstrømningsforhold i denne periode. I 1997/98 er der igen målt en stigning i kvælstoftransporterne i lerjordsoplandene (Windolf *et al.*, 1998), sandsynligvis fordi der i jorden findes en pulje af overskudskvælstof, som ikke blev udvasket i de foregående tørre år. Som gennemsnit for årene 1993/94-1997/98 er transporten af kvælstof i vandløbene stadig lavere end i de forudgående fire år.

Tabel 12.1 Udvasning af kvælstof fra rodzonen som gennemsnit for tre sandede og tre lerede landovervågningsoplande i otte år frem til 1996/97, samt i danske vandløb, der afvander dyrkede henholdsvis sandede og lerede jorde frem til 1997/98.

	Udvasning fra rodzonen ¹		Tilførsel til vandløb ²	
	Sandjord (n=3)	Lerjord (n=3)	Sandjord (n=21)	Lerjord (n=18)
	kg N ha ⁻¹			
1989/90	78	50	15	21
1990/91	80	48	16	23
1991/92	80	43	16	19
1992/93	81	42	17	25
1993/94	75	38	13	19
1994/95	71	39	13	17
1995/96	71	35	15	11
1996/97	62	34	14	16
1997/98	-	-	15	21

¹⁾ Modelberegnet udvasning ved normal klima

²⁾ Beregnet afstrømningskorrigeret oplandstab af nitrat-kvælstof for danske vandløb

12.4 Forventet effekt af besluttede tiltag under Handlingsplanen for Bæredygtigt Landbrug

Ikke alle tiltag fuldt implementeret i 1996/97

De vedtagne reguleringer ifølge Handlingsplanen for et Bæredygtigt Landbrug var endnu ikke fuldt implementeret i 1997, bl.a. fordi det ikke var alle bedrifter der opfyldte kravet til udnyttelsen af deres husdyrgødning i 1997, og fordi ikke alle virkemidler var fuldt implementeret i 1997. Dette gælder en 5% stigning i udnyttelsen af både svine- og kvæggylle samt en stramning i fastsættelsen af næringsstofindhold i husdyrgødningen fra 1. august 1997.

Scenarie over forventet effekt af Handlingsplanen for Bæredygtig Landbrug

Forudsætninger for scenarieberegninger

Under evalueringen af Handlingsplanen for Bæredygtigt Landbrug i 1998 blev der foretaget en scenarieberegning af udvaskningsreduktionen som følge af fuld efterlevelse af reguleringerne (Iversen et al., 1998). Denne beregning er baseret på den udvaskning og landbrugspraksis, der var i de 6 landovervågningsoplande i 1995/96. De nuværende regler vedr. gødningsforbrug reguleres alene på bedriftsniveau og hindrer ikke en fortsat overgødsning på markniveau. Der er derfor i beregningerne taget højde for, at der fortsat overgødses på en del af landbrugsarealet, samtidig med at der undergødses på andre arealer. Forudsætningerne i øvrigt fremgår af Iversen et al., (1998).

26-27% reduktion i N-udvaskning når Handlingsplanen for Bæredygtigt Landbrug er fuldt implementeret

Under de angivne forudsætninger er det beregnet, at udvaskningen reduceres med 26-27%. Med udgangspunkt i et vurderet markbidrag for hele landet på 230.000 tons N, svarer det til en reduktion i udvaskningen på ca. 61.000 tons N. Handelsgødningsforbruget falder som følge heraf med i alt 136.000 tons N, fra 400.000 tons i 1990 til 264.000 tons når alle tiltag i Handlingsplanen for Bæredygtigt Landbrug er opfyldt (tabel 12.2).

I 1997 viste modelberegningerne for Landovervågningsoplandene, at der var opnået en reduktion i kvælstofudvaskning på 23-25%. Det skal dog understreges, at der kan være en vis variation fra år til år, idet beregningerne også indeholder en effekt af de årlige kvælstofprognoser i gødningstildelingene. I 1997 var ikke alle tiltag var endnu implementeret i Handlingsplanen for et Bæredygtigt Landbrug, idet kravet til udnyttelse af gylle blev øget med 5% pr 1. august 1997. En del ejendomme opfyldte dog allerede i 1997 disse krav.

Tabel 12.2. Oversigt over forbrug af gødning og kvælstofudvaskningen under aktuel landbrugspraksis i 1989/90, 1995/96 og 1996/97 og ved fuld efterlevelse af reguleringer under Handlingsplanen for Bæredygtigt Landbrug.

	Handelsgødning ¹	Husdyrgødning	Førsteårsvirkning af husdyrgødning	Reduktion i udvaskning på landsplan	Udvaskning på landsplan	Handelsgødningsforbrug ²
	(%)	(%)	(%)	(t N)	(t N)	(t N)
1989/90	100	97	34,0		230.000 ³	400.000
1995/96	71	100	42,0	39.100	191.000	285.000
1996/97	70	93	45,5	55.200	174.800	282.000
Effekt af krav iflg. bæredygtigt landbrug per 1 aug., 1997	66	100	44,4	61.000	169.000	264.000

- 1) Handelsgødningsforbruget er opgjort i procent af forbruget sidst i 1980'erne på 400.000 tons kvælstof
- 2) Handelsgødningsforbruget er angivet ifølge Danmarks Statistik opgørelser fratrukket 5.800 tons kvælstof, som er forbruget til golfbaner, kommunale anlæg m.v.
- 3) Det er antaget, at udvaskningen i 1989/90 svarer til udvaskningsniveauet i begyndelsen af 80'erne, som var udgangspunkt for Vandmiljøplanen

12.5 Vandmiljøplan II

VMP II indeholder en bred vifte af virkemidler

Evalueringen af Handlingsplanen for Bæredygtigt Landbrug foretaget på baggrund af landbrugspraksis i 1995/96 og en forventet udvikling i landbruget i 1997 (Iversen et al., 1998) har dannet basis for Folketingets vedtagelse af Vandmiljøplan II. Planen omfatter en bred vifte af virkemidler som vist i tabel 12.3. Der forventes en reduktion i kvælstofudvaskningen på 37.100 tons som følge af de aftalte virkemidler. For at nå denne reduktion skal handelsgødningsforbruget reduceres med 87.000 tons N.

Tabel 12.3. Miljøeffekterne og reduktionen i handelsgødningsforbruget er vurderet af DMU/DJF.

	Effekt i 2003, mindre udvaskning tons/år	Udtagne arealer, hektar	Reduktion i handelsgødningsforbrug, tons
Vådområder	5.600	16.000	1.100
SFL områder	1.900	88.000	10.000
Skovrejsning	1.100	20.000	2.440
Bedre foderudnyttelse	2.400		-13.600
Skærpede harmonikrav 2,3/1,4 ¹	300		26.000
Skærpede krav til udnyttelse af N i husdyrgødning (5+5+X ²)%	10.600		26.000
Økologisk jordbrug	1.700	170.000	17.600
Efterafgrøder på yderligere 6% af arealet	3.000	120.000	3.000
Nedsat N-norm. 10%	10.500		40.000
I alt	37.100	414.000	87.140

¹ Harmonikrav på 1,4 til svinebruget opfyldes i dag af de fleste fedesvinproducenter. For so- og smågriseproducenter vil dette kunne nås gennem, forbedret fodereffektivitet.

² Fem procent i gødningsåret 1999/2000, samt yderligere fem procent i gødningsåret 2001/2002. Ved midtvejsvurderingen for så vidt det er teknisk gennemførligt sættes udnyttelsesprocenten i 2002/2003 yderligere i vejret for at nå udvaskningsreduktionen på 10.600 tons i det omfang det ikke er muligt at nå målet ved blandt andet halmnedmuldning, permanent brak og økologisk jordbrug.

Effekten for en del af virkemidlerne bygger på en forventet udvikling i landbrugspraksis, hvorfor Folketinget har vedtaget, at Danmarks Miljøundersøgelser og Danmarks Jordbrugsforskning skal foretage en evaluering i 1999/2000 og 2002/2003. Herunder skal bl.a. handelsgødningsforbruget bruges som en indikator for udviklingen. Virkemidlerne vil blive justeret i forhold resultatet af evalueringerne.

12.6 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 gradueret efter jordens fosfortilstand.

Nettoinput af fosfor til danske jorder faldet fra 15 til 11 kg P ha⁻¹ år⁻¹ i perioden 1985-1997

Tilførsel af fosfor til det danske landbrugsareal med handelsgødning er faldet fra 16,7 til 8,3 kg P ha⁻¹ år⁻¹ i perioden fra 1985 til 1997; beregnet husdyrgødningstilførsel er i samme periode ændret fra 16,8 til 20,2 kg P ha⁻¹ år⁻¹. Fosfor fjernet med afgrøderne har ligget på 16 - 22 kg P ha⁻¹ år⁻¹. Endvidere blev der i 1997 tilført 2,2 kg P ha⁻¹ år⁻¹ med slam og industriaffald. Der har således været en nettotilførsel af fosfor gennem hele perioden, denne er dog mindsket fra ca. 15 til 11 kg P ha⁻¹ år⁻¹ fra 1985 til 1997 (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. I Danmark har ca. 50% af jorderne 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 yderligere er behov for at nedbringe fosfortilførslen ved gødsning. Der bør fokuseres på følgende forhold og initiativer:

- 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.

Landbruget arbejder på at nedbringe overskudstilførslen af fosfor til landbrugsjord. I den forbindelse har Landbrugets Rådgivningscenter og Miljøstyrelsen udarbejdet en informativ pjece til konsulenter og landmænd "Pas på fosfor - gør ikke et vigtigt næringsstof til et miljøproblem". Herudover bør der sættes på at fremskaffe øget viden, f.eks. mht. fosfor i foder samt fosfors mobilitet i jord og ved overfladeprocesser.

13 Sammenfatning af Danmarks Miljøundersøgelses nationale rapporter vedrørende resultaterne af Vandmiljøplanens Overvågningsprogram 1997

Kvælstof

1997 var i lighed med 1996 et 'tørt' år med ringe nedbør og ferskvandsafstrømningen i vandløbene var derfor kun ca. 2/3 af gennemsnittet for perioden 1989-96. Kvælstoftransporten i vandløb er meget afhængig af vandafstrømningen, og den samlede kvælstoftilførsel med vandløb til de marine områder i 1997 var derfor kun 45.400 tons N mod gennemsnitlig 84.200 tons i perioden 1989-96. De marine områder tilførtes derudover 4.400 tons N via direkte spildevandsudledninger. Størstedelen af kvælstoftilførslen til vandløb og dermed den landbaserede kvælstoftilførsel til de marine områder kan stadig tilskrives dyrkningsbetingede tab fra landbrugsjord.

Der er gennemført en række tiltag for at mindske den landbrugsrelaterede kvælstofforurening.

Således er den samlede tilførsel af handelsgødning faldet fra 392 mill. kg N i 1985 til 282 mill. kg N i 1997. Tilførsel af husdyrgødning er faldet fra 260 mill. kg N til 228 mill. kg N i samme periode. Faldet skyldes bedre udnyttelse af foderet. Nettotilførslen af kvælstof, dvs. forskellen mellem tilført og høstet kvælstof, udgjorde 134 kg N/ha i 1985 og 90 kg N/ha i 1997 og er over hele perioden faldet med 23%.

Detaljerede undersøgelser i 6 landovervågningsoplande viser, at der i perioden 1990-97 er sket forbedringer i landbrugspraksis. Overgødskningen er mindsket, og handelsgødningsforbruget er reduceret, således at udnyttelsen af husdyrgødning er forbedret med ca. 31%-point. I 1997 blev minimumskravet til udnyttelse af husdyrgødning dog ikke opfyldt på ca. 12% af ejendommene, som anvendte husdyrgødning, og der blev overgødet på ca. 20% af arealet. Overgødskningens størrelse er dog reduceret væsentligt. Kvælstofudvaskningen fra rodzonen er beregnet med en empirisk model. En beregning for alle markerne i oplandene for de 8 driftsår ved normaliseret klima viser en reduktion i udvaskningen på ca. 23-25% fra 1989/90 til 1996/97.

I vandløbene ses ikke en reduktion af tilsvarende omfang. Når der søges taget højde for den naturligt klimatisk betingede variation, vurderes kvælstoftransporten i vandløb, der afvander dyrkede områder uden spildevandsudledninger, kun at være faldet med i gennemsnit ca. 7% siden 1989. De gennemførte forbedringer på landbrugsområdet og den reducerede udvaskning fra rodzonen har dermed endnu ikke ført til en markant generel reduktion i den landbase-rede tilførsel af kvælstof til de marine områder.

Fosfor

Den samlede landbaserede tilførsel af fosfor med vandløb og via direkte spildevandsudledninger var i 1997 1820 t P og dermed den lavest målte siden midten af 1980'erne, hvor tilførslerne var ca. 10.000 tons P. Reduktionen kan tilskrives den forbedrede spildevandsrensning.

De marine områder

Åbne farvande

Omsætningen af næringsstoffer i store lukkede fjorde har stor betydning for, hvor stor en andel af den landbaserede næringsstofftilførsel der når frem til de åbne farvande. Tilbageholdelsen af kvælstof i Limfjorden, Ringkøbing, Nissum og Mariager fjorde var i gennemsnit for perioden 1990-96 af størrelsesordenen 40% af tilførslen fra land til fjordene, mens fjordene eksporterede omtrent dobbelt så meget fosfor til de åbne farvande, som de fik tilført fra land. Eksporten af fosfor fra fjordenes sedimenter medfører, at fosforbelastningen til Kattegat ikke, som i andre farvande, er reduceret signifikant.

Kvælstofdepositionen fra atmosfæren udgør i gennemsnit for perioden 1990-96 ca. 30% af den samlede kvælstoftilførsel til Kattegat og Bælthavet og 13% af den samlede kvælstoftilførsel til Øresund. Atmosfæredepositionen af kvælstof er i sommerperioden maj-september af samme størrelse eller større end tilførslen fra land i Kattegat og Bælthavet og får derved stor betydning for primærproduktionen.

Fosforkoncentrationerne i overfladen i de danske farvande er faldet signifikant i perioden 1989-97 i takt med udbygningen af spildevandsrensningen. I de indre farvande ses i samme periode et fald i kvælstofkoncentrationerne svarende til udviklingen i nedbør og afstrømning. Endelig er silikatkoncentrationerne faldet over en længere periode. I overensstemmelse med de faldende næringsstoffkoncentrationer viser udviklingen i alge- og dyreplanktonbiomassen og primærproduktionen en klar nedgang i de frie vandmassers biologiske aktivitet.

I 1997 var iltforholdene ligesom i 1996 relativt gode i de åbne farvande. Trend analyser af udviklingen i sensommer-efterår viser et fald i iltindholdet fra 1970erne til slutningen af 1980erne. Derefter er der observeret en signifikant stigning i perioden 1989-97 i efterårets iltkoncentration i det sydlige Kattegat og Øresund, mens dette ikke er tilfældet i det sydlige Bælthav. I forårsperioden er iltindholdet steget signifikant i Bælthavet i perioden 1989-97. Modelberegninger viser, at en vedvarende reduktion i den direkte kvælstoftilførsel til de indre farvande vil forbedre iltforholdene markant, men vil ikke forhindre, at der stadig kan optræde iltsvind i udsatte områder, især i ugunstige år. Vindblandingen i efteråret har stor indflydelse på, hvor lave iltkoncentrationerne når at blive i det enkelte år.

Udbredelsen af ålegræs er kraftigt reduceret siden 1900 som følge af øget næringsstofftilførsel. Ålegræssets dybdegrænse i de enkelte farvandsområder har ikke udvist generelle tendenser til stigning eller fald gennem perioden 1989-97. I 1997 steg ålegræssets maksimale dybdegrænse dog i mange kystområder, og det var ofte nyspirede planter, der udgjorde dybdegrænsen.

Det generelle mønster i udviklingen i bundfaunaens individtæthed og biomasse er to-toppet med høje værdier først i 1980'erne og først i 1990'erne. Det observerede mønster er en kombination af variation i primærproduktionen og begrænsninger som følge af arternes livshistorier, f.eks. levealder. Iltmangel kunne på de 4 analyserede stationer med lange tidsserier forklare reduktioner efter 1988 og 1992 i Arkona Havet og efter 1988 i det sydøstlige Kattegat.

De danske fjorde

De danske fjordes miljøtilstand udviste i 1997 et positivt respons på den reducerede næringsstofftilførsel, forårsaget af udbygget spildevandsrensning i kombination med meget lav afstrømning og dermed lav diffus tilførsel i 1996 og 1997. Sammenfaldende med lave næringsstofkoncentrationer blev der således frem til sensommeren 1997 i de fleste fjorde registreret mindre planteplankton, større sigtdybde, større dybdeudbredelse af bundvegetation og færre enårige alger end i årene før 1996.

Den usædvanligt varme og stille sensommer 1997 betød til gengæld udbredt iltsvind i mange fjorde. Dette medførte stor frigivelse af næringsstoffer fra bunden og i mange fjorde en kraftig opblomstring af planteplankton og enårige alger. De udbredte iltsvind medførte også, at bunddyrene gik tilbage i mange fjordområder.

Ingen af de danske fjordområder opfylder de målsætninger, der er fastsat i amternes planer for vandområdernes miljøtilstand. Målsætningerne kan først forventes opfyldt ved en vedvarende reduktion i de diffuse kilder, samtidig med at de interne næringsstoffpuljer i sedimenterne efterhånden reduceres.

Vandløbenes miljøtilstand

Vandløbenes miljøtilstand i 1997 var, bedømt ud fra sammensætningen af smådyr, ikke signifikant forskellig fra tidligere år.

Søernes miljøtilstand

I 19 af de 37 søer, der overvåges, er der siden 1989 konstateret et signifikant fald i fosforkoncentrationen. Denne forbedring kan forklares ved en mindre fosfortilførsel til søerne, specielt er fosfortilførslen fra spildevand reduceret markant til mange af søerne. Faldet i fosforkoncentrationer kan nu også i de fleste af disse søer registreres i et tilsvarende fald i mængden af planteplankton. Vandets klarhed er således også øget i 10 af de 37 søer. Sammensætningen af planteplanktonet er tilsvarende ændret mod typer, der er knapt så fosfor-

krævende i flere af søerne. Blågrønalgerne er således forsvundet fra en række søer. I andre søer er blågrønalgerne dog tiltaget i mængde. Dette er dog en naturlig følge af, at reduktionen i fosforkoncentrationen i disse søer endnu ikke er tilstrækkelig til, at blågrønalgerne ikke kan klare sig. I flere af søerne har ændringer i den biologiske struktur (bl.a. fiskesammensætningen) også haft afgørende indflydelse på stofomsætningen og vandkvaliteten.

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., 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.

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).

Colorado State University, (1988): WQStat II. A Water Quality Statistics Program. Colorado.

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

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 Amtskommune (1998): Vandmiljøovervågning - Landovervågning 1997.*
- GEUS (1995): Grundvandsovervågning 1995. Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse. Særudgivelse. København.*
- GEUS (1998): Grundvandsovervågning 1998. 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 G., Andersen, H.E., Laubel, A.R., Jensen P.G. & Rasmussen, P. (1997): Landovervågningsoplande. Vandmiljøplanens Overvågningsprogram 1996. Danmarks Miljøundersøgelser. Faglig rapport fra DMU nr. 210.*
- 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. (1997): Nedvaskning af fosfor til dræn. Vand og Jord 4, 169-172.*
- 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.*
- Hansen, B. (1986): Tilførsel af kvælstof, fosfor og organisk stof til vandløb fra landbrugsområder: Gjelbæk og Rabis Bæk. Rapport til Miljøstyrelsens Ferskvandslaboratorium.*
- Hansen, B. (1990b): Landbrugets gødnings- og arealanvendelse i 1993 og 1989. Npo-forskning fra Miljøstyrelsen nr. A2.*
- Hansen, E. (1990a): Normtal for økonomisk optimale N-mængder til landbrugsafgrøder. Miljøstyrelsen. 4 pp.*
- 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.

Hedeselskabet (1998). Jordbrugsmæssig anvendelse af affaldsprodukter fra industrien 1996. Hedeselskabet, Miljø og Energi Divisionen. April 1998.

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.

Iversen, T.M., Grant, R., Blicher-Mathiesen, G., Andersen, H.E., Skop, E., Jensen, J.J., Hasler, B., Andersen, J., Hoffmann, C.C., Kronvang, B., Mikkelsen, H.E., Waagepetersen, J., Kyllingsbæk, A., Poulsen H.D. & Kristensen, V. F. (1998). Vandmiljøplan II - faglig vurdering. Danmarks Miljøundersøgelser, januar 1998.

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. Danish Institute of Agricultural Sciences, Foulum, Denmark.

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 Planteavlsforsøg. Afd. for Arealdata for Kortlægning, 17 pp + bilag.

Johnston, A.E. (1998). Phosphorus: essential plant nutrient, possible pollutant. I "Phosphorus balance and utilization - towards sustainability". Nordisk Jordbrugsforskere Forening, Seminar 17-19 marts 1997, Stockholm. Kungl. Skogs- och Lantbruksakademiens Tidsskrift 135 (7), 11-22.

Kristensen, I.S. (1997). Regn med kløvergræssets eftervirkning. Forskningsnytt, nr. 10, 6-7.

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.

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. (1996). En statistisk testprocedure til analyse af udviklingstendenser i tidsserier af vandkvalitetsdata. Upubliceret notat fra Danmarks Miljøundersøgelser. Afd. for Vandløbsøkologi.

Larsen, S.E., Erfurt, J., Græsbøll, P., Kronvang, B., Mortensen, E., Nielsen, C.A., Ovesen, N.B., Paludan, C., Rebsdorf, Aa., Svendsen, L.M. & Nyegaard, P. (1995): Vandmiljøplanens Overvågningsprogram 1994. Vandløb og kilder. Danmarks Miljøundersøgelser. - Faglig rapport fra DMU nr. 140.

Laursen B. (1994): Normtal for husdyrgødning - revideret udgave af rapport nr. 28. Statens Jordbrugsøkonomiske Institut, rapport nr. 82.

Laursen, B. (1987): Normtal for husdyrgødning. Statens Jordbrugsøkonomiske Institut, rapport nr. 28.

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 (1994): Vandmiljø-94. Redegørelse fra Miljøstyrelsen, nr. 2.

Miljøstyrelsen (1995): Jordbrugsmæssig anvendelse af affaldsprodukter i 1993. 7 sider.

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

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

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

Miljøstyrelsen (1996): Kortlægning af visse pesticider i grundvand. Bekæmpelsesmiddelforskning fra Miljøstyrelsen, nr. 21.

Miljøstyrelsen (1998): Kortlægning af visse pesticider i grundvand - 2. Bekæmpelsesmiddelforskning fra Miljøstyrelsen, nr. 48.

Nordjyllands Amtskommune (1998): Vandmiljøovervågning. Landovervågning 1997. Landbrugsdrift. Udvaskning fra rodzonen. Stoftransport i dræn og vandløb.

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.

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

Simmelsgaard, S.E. (1991): Estimering af funktioner for kvælstofudvaskning. In: Rude, S.: Kvælstofgødning i landbruget - behov og udvaskning nu og i fremtiden. Rapport nr. 62. Statens Jordbrugsøkonomiske Institut.

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

Sønderjyllands Amtskommune (1998): Vandmiljøovervågning - Landovervågning. Teknisk rapport.

Vejle/Århus Amtskommune (1998): Landovervågning 1996. Horndrup Bæk (LOOP 3). Landbrugsdrift - Næringsudvaskning - stoftransport.

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

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

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

Windolf, J., Svendsen L.M, Ovesen N.B., Iversen H.L., Larsen S.E., Skriver J. & Erfurt J. (1998): Ferske vandområder - Vandløb og kilder. Vandmiljøplanens Overvågningsprogram 1997. Danmarks Miljøundersøgelser. Faglig rapport fra DMU nr. 253.

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

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

Bilag

Bilag 4.1

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

Analyseparametre	Jordvand ¹⁾ (Fællesprøve)	Jordvand ²⁾ (Enkeltcelle)	Drænvand ³⁾	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 ⁴⁾			(x)	x	x
Alkalinitet ⁵⁾			(x)	x	x
Aciditet ⁵⁾			(x)	(x)	
Organisk stof COD ⁶⁾			(x)		x
Na				x	x
CL				x	
SO ₄				x	
Ca				x	
Mg				x	
Fe				x	
Pesticider ⁷⁾				x	

¹⁾ 1-6 gange årligt er foretaget et udvidet analyseprogram (grundvandsprogram)

²⁾ Udført 2 gange årligt

³⁾ (x) kun udført på automatiske stationer

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

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

⁶⁾ Målt hvor det er relevant

⁷⁾ 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 alle afgrødegrupper med et kvælstofbehov i perioden 1990 og 1994 til 1997.

	1990	1994	1995	1996	1997
Handelsgødning (kg N ha ⁻¹)	142	121	113	103	104
Husdyrgødning (kg N ha ⁻¹)	82	100	101	92	85
Udbinding (kg N ha ⁻¹)	11	22	21	25	23
Effektiv N i husdyrgødning (kg N ha ⁻¹)	28	54	43	38	38
Total tildelt (kg N ha ⁻¹)	235	243	235	220	212
Effektiv tildelt, i alt (kg N ha ⁻¹)	170	175	156	141	142
Anbefalet (kg N ha ⁻¹)	171	167	170	150	160
Nyttevirkning (%)	34	54	42	41	44
Udnyttelsesgraden af husdyrgød. (%)	35	46	56	51	66

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 driftstyper i 1997. Opgørelsen er foretaget i henhold til gældende lovgivning.

	Husdyrtæthed				Bedrifter			
	0 DE	0-1.69 DE ha ⁻¹	1.69-2.0 DE ha ⁻¹	>2.0 DE ha ⁻¹	Plante- brug	Kvæg + svin	Kvæg- brug	Svine- brug
Areal (ha)	1091	2445	346	568	1153	302	2004	986
Antal brug	48	57	10	11	52	5	47	18
Dyreenheder	0	3331	1151	1107	1	616	3384	1572
Handelsgødning (kg N ha ⁻¹)	123	105	97	82	124	82	104	98
Husdyrgødning (kg N ha ⁻¹)	33	87	132	153	31	141	103	98
Udbinding (kg N ha ⁻¹)	2	26	55	31	2	15	46	0
Effektiv husdyrgødning (kg N ha ⁻¹)	17	41	59	70	16	64	44	54
Anbefalet behov (kg N ha ⁻¹)	149	167	179	165	149	155	178	151
Eff. tildelt gødning - anbf. (kg N ha ⁻¹)	-10	-20	-22	-13	-9	-9	-29	2
Udnyttelse af Husdyrgødning (%)	80	71	62	54	80	56	71	54

Markbalance for kvælstof i 1000 tons for hele landet fra 1985 til 1997.

Markbalance for kvælstof i 1000 tons for hele landet fra 1985 til 1997													
Tilført	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
Handelsgødning	392,3	376,3	375,5	361,2	371,2	394,6	389,1	363,7	327,1	320	310,1	285	281,8
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	227,5
Slam							6,1	7,1	9,7	4,6	5,3	4,7	4,71
Affald fra industri												4,36	4,36
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	30,71
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	56,4
Ialt	749,65	731,3	719,8	700,8	707,25	732,56	733,27	712,6	687,48	669,49	655,46	635,20	605,51
Kvælstofbehov	408,4	401,4	393,9	390,6	405,4	421,8	421,1	406,2	384,1	372,1 ²	370,2 ²	332,3 ²	352,8
Fraført													
Høstet	369,7	360,1	339,9	357,6	369,4	407,7	380,4	307,7	357,1	341,4	359,7	343,6	362,7
Balance	379,9	371,2	379,9	343,2	337,9	324,9	352,84	404,9	330,43	328,08	295,7	291,6	242,81
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	270,6
NH ₃ -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	43,1
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	227,5
Dyrket areal (1000ha)	2847	2830	2814	2800	2786	2798	2776	2760	2750	2706	2744	2716	2688

¹ Handelsgødningsforbruget (*Danmarks Statistik*) er fratrukket 5,8 mio. kg N, som er forbrugt til golfbaner, kommunale anlæg m.v.

² 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).

Markbalancer for kvælstof i kg N/ha for hele landet fra 1985 til 1997.

	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
Markbalancer for kvælstof i kg N/ha for hele landet fra 1985 til 1997													
Tilført													
Handelsgødning	137,8	133,0	133,4	129,0	133,2	141,0	140,2	131,8	118,9	118,3	113,0	104,9	104,8
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	84,6
Slam	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,2	2,6	3,5	1,7	1,9	1,7	1,8
Affald fra industri												1,6	1,6
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	11,4
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	21,0
Ialt	263,3	258,4	255,8	250,3	253,9	261,8	264,1	258,2	249,9	247,5	238,9	233,9	225,3
Fraført													
Høstet	129,9	127,3	120,8	127,7	132,6	145,7	137,0	111,5	129,8	126,2	131,1	126,51	134,93
Balance	133,5	131,2	135,0	122,6	121,3	116,1	127,1	146,8	120,1	121,3	107,8	107,36	90,333

Markbalance for fosfor i 1000 tons for hele landet fra 1980 til 1997

Markbalance for fosfor i 1000 tons P for hele landet fra 1980 til 1997																		
	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
Tilført																		
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	22,3
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	49,9
Slam												3,4	4,6	5,8	3,2	3,8	3,4	3,4
Affald fra industri																		
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	87,9	85,2	82,4	75,5	74,1	75,3	77,9
Fraført																		
Høstet	48,8	51,6	54,7	44,5	60,9	53,7	53,0	48,4	54,1	54,5	62,6	59,2	46,9	53,6	51,1	55,4	53,1	53,6
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	18,7	22,3	24,3
Dyrket areal (1000ha)	2896	2890	2879	2832	2844	2847	2830	2814	2800	2786	2798	2776	2760	2750	2706	2744	2716	2688

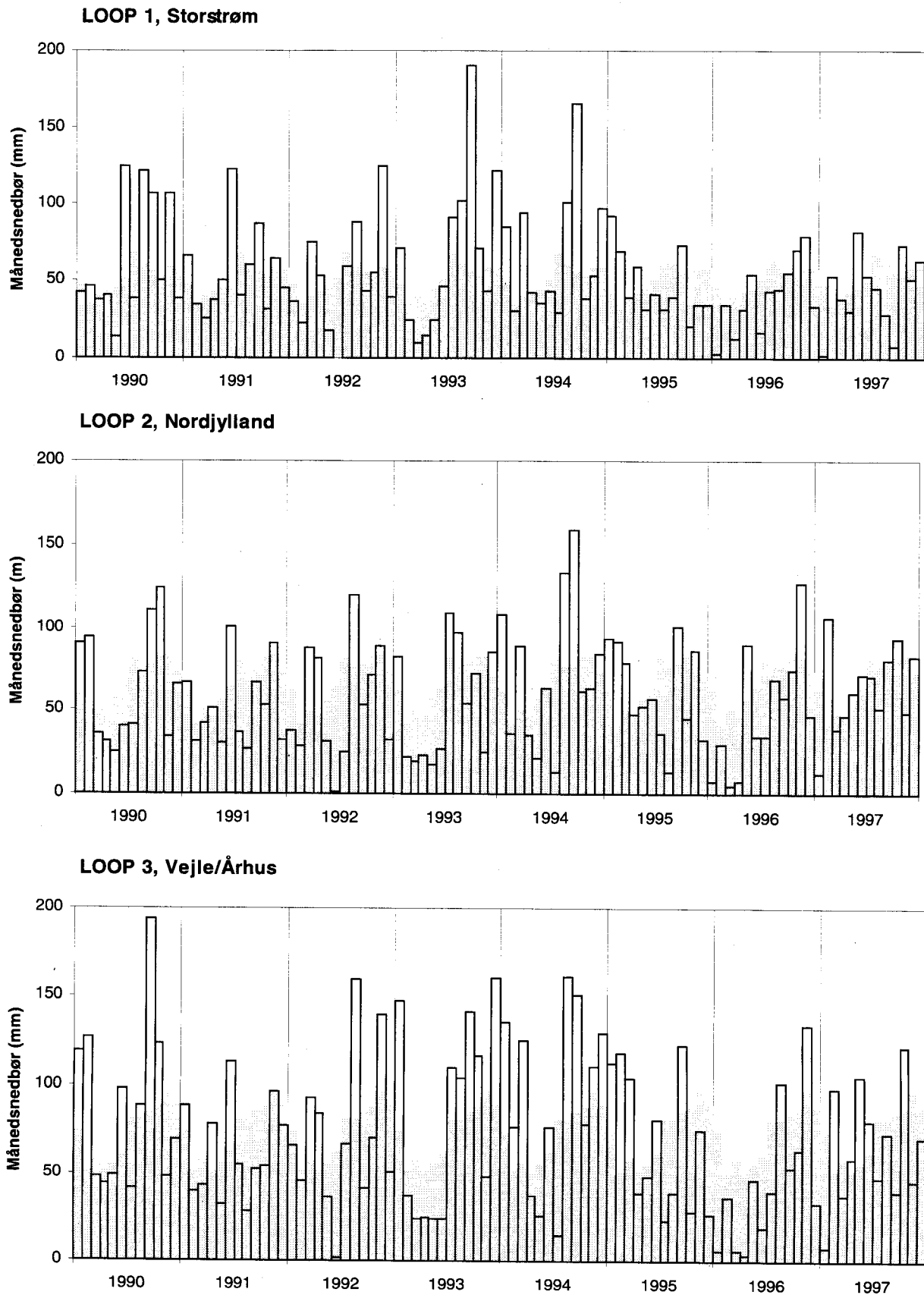
Handelsgødningsforbruget er fratrukket 1 mio. kg P, som er forbrugt til golfbaner offentlige anlæg

Markbalance for fosfor i kg P/ha for hele landet fra 1980 til 1997

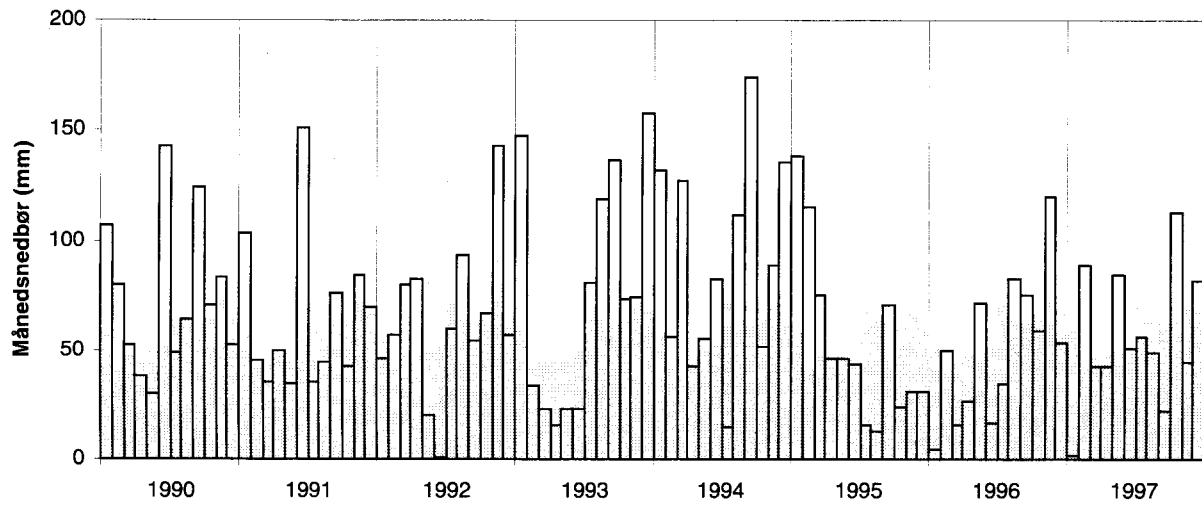
		Markbalance for P 1980-1997																	
		1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
Tilført																			
Handelsgødning		19,7	16,4	15,6	17,1	17,8	16,7	15,9	16,3	14,5	14,1	14,4	13,6	11,7	9,9	8,5	7,8	7,6	8,3
Husdyrgødning		17,4	17,2	17,1	17,6	16,9	16,9	17,1	16,6	16,7	16,7	16,5	16,9	17,5	18,0	18,3	17,8	18,1	18,6
Slam													1,2	1,6	2,1	1,2	1,4	1,3	1,3
Affald fra industri																		0,9	0,9
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	27,0	27,7	29,0
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	19,5	19,9
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	6,8	8,2	9,1
Dyrket areal (1000 ha)		2896	2892	2879	2832	2844	2847	2830	2814	2800	2786	2798	2776	2760	2750	2706	2744	2716	2688

Bilag 6.1

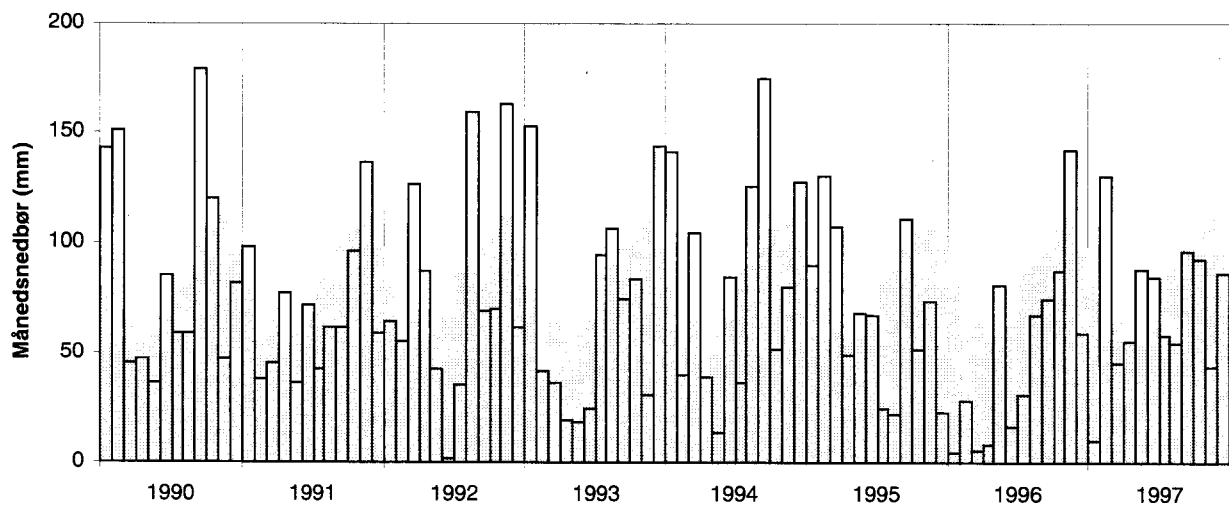
Månedsnedbør for LOOP 1-6, inkl. normalnedbør for oplandet.



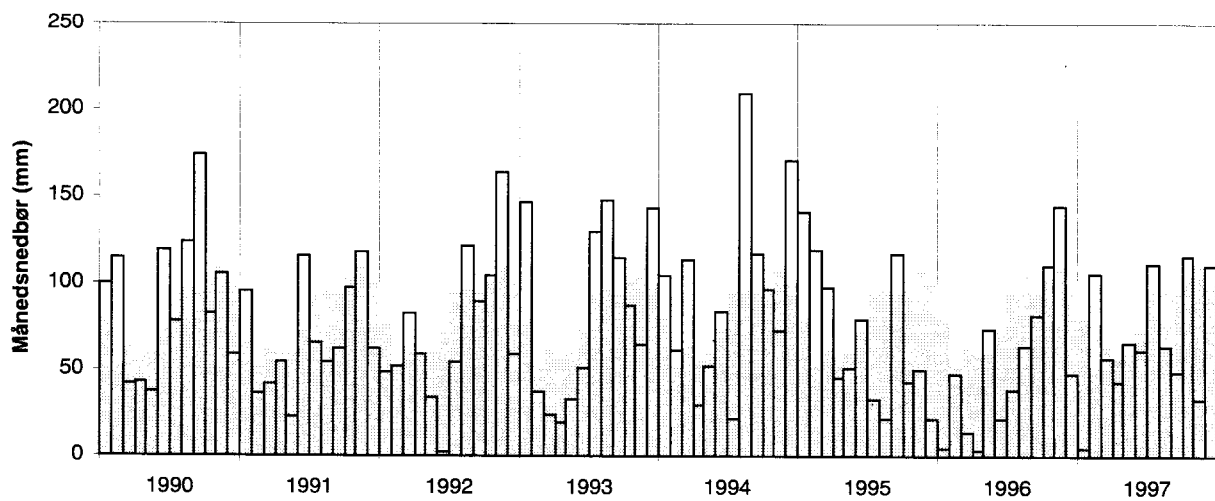
LOOP 4, Fyn



LOOP 5, Ringkøbing/Viborg



LOOP 6, Sønderjylland



Afstrømning, N-udvaskning og vandføret ringssvævede N (NO₃-N) koncentrationer som gennemsnit for stationer i oplandene.

Opgørte hydrologiske r.

	Afsrømning (mm år ⁻¹)						N udvaskning (kg N ha ⁻¹ år ⁻¹)						N koncentration (mg N l ⁻¹)											
	89/90	90/91	91/92	92/93	93/94	94/95	95/96	96/97	89/90	90/91	91/92	92/93	93/94	94/95	95/96	96/97	89/90	90/91	91/92	92/93	93/94	94/95	95/96	96/97
Lerjorde																								
LOOP 1	90	316	219	121	466	333	0	92	21	52	40	46	32	67	0	11	24	17	18	35	7	21	-	12
LOOP 4	247	369	351	327	597	609	5	247	53	50	63	85	92	75	2	56	22	14	18	26	15	12	-	23
LOOP 3	298	496	429	437	723	680	130	311	139	129	109	134	169	137	15	66	45	26	27	30	23	20	12	22
Sandjorde																								
LOOP 2	273	322	290	262	393	523	135	296	104	105	148	126	113	102	47	92	39	32	51	48	29	19	36	32
LOOP 5	515	582	646	660	635	672	220	220	112	123	187	153	103	139	69	109	22	21	28	23	16	18	31	22
LOOP 6	292	592	519	574	737	816	172	172	96	94	189	208	194	135	35	126	34	16	36	36	26	17	20	29

Bilag 7.2

Ejendoms- og markoplysning for stationsmarkerne

HA = handelgødning, HU = husdyrgødning + udbinding, N-fix = kvælstoffixering
 DE ha⁻¹: baseret på areal med gødningsbehov; dvs. bark undtagen non-food afgrøder fraregnet
 År: henviser til driftår

LOOP 1

St.	Jb nr	År	Brugs-type	DE ha ⁻¹	Afgrøde	N-tilf. (kg ha ⁻¹)		P-tilf. (kg ha ⁻¹)		N-fjernet (kg ha ⁻¹)	N-fix (kg ha ⁻¹)
						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
102	7	1997	plante	.	Vårbyg, malt	90.4	.	0.0	.	127.6	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
103	6	1997	plante	.	Vårbyg, malt	98.6	.	0.0	.	110.2	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	.	34.2	.	109.4	2.0
104	5	1997	plante	.	Vårbyg, malt	92.7	.	11.7	.	155.1	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	.	Fabriksroer	110.5	.	28.0	.	97.8	2.0
105	6	1997	plante	.	Vårbyg, malt	81.6	.	0.0	.	125.9	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
106	6	1997	plante	.	Vinterhvede, brød	191.6	.	285.9	.	183.2	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
107	7	1997	plante	.	Vinterhvede, brød	178.4	.	13.0	.	210.8	2.0

LOOP 2

St.	Jb nr	År	Brugs-type	DE ha ⁻¹	Afgørde	N-tilf. (kg ha ⁻¹)		P-tilf. (kg ha ⁻¹)		N-fjernet (kg ha ⁻¹)	N-fix (kg ha ⁻¹)
						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
201	4	1997	kvæg	1.6	Markært	0.0	.	8.8	.	0.0	79.0
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	Vårbyg, ærtehelsæd	0.0	92.3	0.0	14.5	118.7	62.1
202	1	1997	kvæg	1.6	Vinterhvede, foderkorn	57.6	104.5	0.0	15.2	149.0	2.0
203	1	1990	svin	1.0	Vårbyg, foderkorn	74.0	.	0.0	.	129.0	2.0
203	1	1991	svin	1.1	Vårraps, 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
203	1	1997	svin	1.6	Vinterhvede, foderkorn	49.4	210.9	0.0	45.6	77.0	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
204	1	1997	kvæg	1.5	Græs til afgræsning+slet, 0-10	160.2	203.0	4.4	14.4	283.5	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
205	3	1997	kvæg	1.2	Vinterhvede, foderkorn	120.0	96.3	0.0	14.8	154.8	2.0
206	1	1990	kvæg	1.7	Vinterhvede, foderkorn	183.6	.	5.6	.	111.9	2.0
206	1	1991	kvæg	1.6	Vårraps, 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, ærtehelsæd	96.0	105.2	0.0	16.4	152.9	64.4
206	1	1997	kvæg	1.4	Vårbyg + udlæg, helsæd	144.0	320.7	0.0	48.2	194.5	4.0

LOOP 3

St.	Jb nr	År	Brugs-type	DE ha ⁻¹	Afgørde	N-tilf. (kg ha ⁻¹)		P-tilf. (kg ha ⁻¹)		N-fjernet (kg ha ⁻¹)	N-fix (kg ha ⁻¹)
						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
301	6	1997	kvæg	1.1	Vinterbyg + udlæg, foderkorn	121.5	145.0	0.0	19.4	175.2	4.0
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
302	6	1997	kvæg	1.0	Vinterbyg, foderkorn	119.4	.	0.0	.	132.9	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	Rent græs	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	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
303	6	1997	Svin	1.4	Vinterhvede, foderkorn	121.5	138.8	0.0	30.0	133.8	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
304	7	1997	plante	.	Vinterbyg, foderkorn	129.4	.	16.3	.	67.5	2.0
304	7	1997	plante	.	Vinterbyg, foderkorn	129.4	.	16.3	.	67.5	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	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	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
305	6	1996	kvæg	1.0	Vårhvede, brød	0.0	81.8	0.0	29.5	63.2	2.0
305	6	1997	kvæg	0.7	Græs til afgræsning+slet, 11-3	0.0	166.4	0.0	42.3	189.0	71.4
306	6				Skov						

LOOP 4

St.	Jb nr	År	Brugs-type	DE ha ⁻¹	Afgørde	N-tilf. (kg ha ⁻¹)		P-tilf. (kg ha ⁻¹)		N-fjernet (kg ha ⁻¹)	N-fix (kg ha ⁻¹)
						Ha	Hu	Ha	Hu		
401	7	1990	plante	.	Foderroer	122.4	.	33.3	.	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
401	7	1997	plante	.	Vinterhvede, foderkorn	107.5	174.3	0.0	24.8	199.0	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	.	91.2	2.0
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
402	6	1997	svin	0.9	Vinterbyg, malt	137.1	.	21.5	.	131.3	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
403	6	1997	svin	0.9	Vinterhvede, foderkorn	123.0	114.0	0.0	93.6	177.1	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
404	6	1997	plante	.							
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
405	6	1997	plante	.	Vinterhvede, foderkorn	166.6	.	16.3	.	186.9	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	1.2	Vinterhvede, foderkorn	117.5	99.4	0.0	12.4	154.8	2.0
406	6	1997	kvæg	1.3	Vinterhvede, foderkorn	133.8	89.5	0.0	11.2	175.7	2.0

LOOP 5

St.	Jb nr	År	Brugs-type	DE ha ⁻¹	Afgrøde	N-tilf. (kg ha ⁻¹)		P-tilf. (kg ha ⁻¹)		N-fjernet (kg ha ⁻¹)	N-fix (kg ha ⁻¹)
						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	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, 11-30 pct	174.2	140.5	14.3	17.8	238.3	76.3
501	1	1996	kvæg	0.7	Græs til afgræsning, 0-10 pct.	164.7	215.8	9.9	22.2	159.0	2.0
501	1	1997	kvæg	0.7	Græs til afgræsning, 0-10 pct.	164.7	223.5	9.9	23.0	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	Majs	106.8	203.9	20.0	33.3	258.9	2.0
502	1	1994	kvæg	0.8	Majs	106.8	203.9	20.0	33.3	258.9	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, ærtehelsæd	189.0	108.4	8.0	15.8	121.2	61.2
502	1	1996	kvæg	0.7	Vårbyg, ærtehelsæd	189.0	108.4	8.0	15.8	121.2	61.2
502	1	1997	kvæg	0.7	Majs	135.5	85.6	20.0	12.5	242.8	2.0
502	1	1997	kvæg	0.7	Majs	135.5	85.6	20.0	12.5	242.8	2.0
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	2.0
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
504	1	1997	plante	.	Vårbyg, foderkorn	65.8	148.5	0.0	14.4	111.7	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
505	1	1997	kvæg	0.4	Kartofler, industri	210.2	.	38.1	.	114.4	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
506	1	1997	plante	.	Kartofler, industri	226.7	.	22.5	.	176.5	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
507	1	1997	plante	.	Kartofler, spise	139.7	.	24.0	.	130.6	2.0

St.	Jb nr	År	Brugs- type	DE ha ⁻¹	Afgrøde	N-tilf. (kg ha ⁻¹)		P-tilf. (kg ha ⁻¹)		N- fjernet (kg ha ⁻¹)	N-fix (kg ha ⁻¹)
						Ha	Hu	Ha	Hu		
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	.	Udyrket Brak	0.0	.	0.0	.	0.0	2.0
508	1	1996	plante	.	Kartofler, industri	156.2	.	21.0	.	52.9	2.0
508	1	1997	plante	.	Kartofler, spise	143.5	.	30.0	.	88.2	2.0

LOOP 6

St.	Jb nr	År	Brugs-type	DE ha ⁻¹	Afgrøde	N-tilf. (kg ha ⁻¹)		P-tilf. (kg ha ⁻¹)		N-fjernet (kg ha ⁻¹)	N-fix (kg ha ⁻¹)
						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	Vårrops, 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
601	1	1997	kvæg+svin	1.4	Vinterraps, industri	62.5	112.2	0.0	27.5	45.1	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
602	5	1997	kvæg	1.4	Vinterhvede, foderkorn	137.5	143.6	0.0	22.3	166.5	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, 11-30 pct	223.5	340.2	16.5	35.1	204.2	71.4
603	1	1997	kvæg	1.4	Græs til afgræsning, 11-30 pct	207.4	287.8	16.5	29.7	221.3	73.9
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	113.9	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, 0-10 pct.	145.8	216.6	0.0	22.3	190.8	2.0
604	1	1997	kvæg	1.5	Grønkorn	128.3	243.5	0.0	29.3	198.8	4.0
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, 0-10 pct. 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
605	1	1997	kvæg	2.0	Vårbyg + udlæg, helsæd	54.0	69.5	0.0	10.6	130.9	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	Vårrops, 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
606	1	1997	plante	.	Grønkorn	196.4	.	29.5	.	153.1	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	.	3.3	.	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, 0-10 pct.	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
607	1	1997	kvæg	1.2	Vårbyg, foderkorn	4.0	92.1	15.9	18.8	95.1	2.0

St.	Jb nr	År	Brugs- type	DE ha ⁻¹	Afgrøde	N-tilf. (kg ha ⁻¹)		P-tilf. (kg ha ⁻¹)		N- fjernet (kg ha ⁻¹)	N-fix (kg ha ⁻¹)
						Ha	Hu	Ha	Hu		
608	1	1990	kvæg	3.3	Vinterbyg, foderkorn	121.5	213.8	0.0	127.7	253.9	62.8
608	1	1991	kvæg	2.8	Markært	0.0	24.2	0.0	3.5	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
608	1	1997	kvæg	1.6	Græs til afgræsning+slet, 0-10	204.0	265.1	0.0	34.6	236.3	2.0

Bilag 7.3

Nedbør, vanding, afstrømning samt N (NO₃-N) og P (PO₄-P) udvaskning fra rodzonen for 1989/90 - 1996/97. 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	9091	799	317	.	61	1.037
101	9192	656	230	.	42	0.758
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
102	9697	547	104	.	10	0.000
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
103	9697	547	0	.	1	0.000
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
104	9697	547	64	.	6	0.000
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
105	9697	547	184	.	23	0.001
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
106	9697	547	3	.	0	0.001
107	9495	971	480	.	71	0.049
107	9596	411	10	.	2	0.000
107	9697	547	200	.	30	0.015

LOOP 2

St.	År	Nedbør mm	Afst. mm	Vand mm	N-udv. kg N/ha	P-udv. kg P/ha
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	0.026
201	9596	507	82	.	33	0.006
201	9697	704	272	.	188	0.017
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
202	9697	704	300	.	75	0.045
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
203	9697	704	295	.	106	0.038
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
204	9697	704	292	.	70	0.045
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
205	9697	704	319	.	91	0.028
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
206	9697	704	300	.	21	0.029

LOOP 3

St.	År	Nedbør mm	Afst. mm	Vand mm	N-udv. kg N/ha	P-udv. kg P/ha
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
301	9697	750	286	.	146	0.019
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
302	9697	750	329	.	94	0.044
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
303	9697	750	328	.	36	0.042
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
304	9697	750	314	.	41	0.061
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
305	9697	750	299	.	15	0.034

LOOP 4

St.	År	Nedbør mm	Afst. mm	Vand mm	N-udv. kg N/ha	P-udv. kg P/ha
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
401	9697	703	277	.	51	0.084
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	0.000
402	9697	703	251	.	33	0.022
403	9091	857	372	.	34	0.047
403	9192	789	332	.	24	0.020
403	9293	718	314	.	52	0.030
403	9293	718	314	.	52	0.030
403	9394	1078	573	.	112	0.039
403	9394	1078	573	.	112	0.039
403	9495	1103	617	.	134	0.033
403	9495	1103	617	.	134	0.033
403	9596	396	0	.	7	0.002
403	9697	703	219	.	37	0.011
404	9091	857	322	.	63	0.027
404	9192	789	333	.	46	0.019
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
404	9697	703	237	.	124	0.033
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	0.030
405	9596	396	18	.	3	0.001
405	9697	703	256	.	40	0.011
406	9091	857	380	.	85	0.047
406	9192	789	359	.	138	0.027
406	9293	718	320	.	174	0.023
406	9394	1078	599	.	91	0.043
406	9495	1103	588	.	91	0.038
406	9596	396	0	.	0	0.000
406	9697	703	243	.	48	0.012

LOOP 5

St.	År	Nedbør mm	Afst. mm	Vand mm	N-udv. kg N/ha	P-udv. kg P/ha
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	9495	1124	756	80	231	0.000
501	9596	498	196	198	59	0.000
501	9697	806	537	200	281	0.000
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	40	108	0.000
502	9495	1124	729	40	108	0.000
502	9596	498	196	110	48	0.000
502	9697	806	187	100	5	0.000
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	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
504	9697	806	491	125	99	0.000
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
505	9697	806	493	120	78	0.000
506	9091	928	578	80	74	0.099
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
506	9697	806	517	132	82	0.000
507	9091	928	558	81	61	0.092
507	9192	907	640	120	207	0.032
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	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
601	9697	782	489	.	197	0.214
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	0.125
602	9495	1225	764	.	182	0.078
602	9596	512	137	.	41	0.047
602	9697	782	392	.	242	0.039
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
603	9697	782	429	60	36	0.106
604	9091	994	605	30	165	0.060
604	9192	855	510	30	339	0.052
604	9293	854	594	120	287	0.065
604	9394	1100	736	40	194	0.123
604	9495	1225	836	40	236	0.092
604	9596	512	221	30	76	0.043
604	9697	782	448	120	99	0.054
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
605	9697	782	456	.	171	0.055
606	9091	994	605	.	67	0.060
606	9192	855	510	.	52	0.051
606	9293	854	582	.	77	0.071
606	9394	1100	744	.	88	0.129
606	9495	1225	834	.	46	0.190
606	9596	512	148	.	13	0.031
606	9697	782	435	.	76	0.042
607	9091	994	617	70	237	0.063
607	9192	855	546	105	440	0.058
607	9293	854	585	90	296	1.362
607	9394	1100	733	50	133	1.975
607	9495	1225	818	.	87	0.288
607	9596	512	169	80	71	0.194
607	9697	782	436	90	71	0.086

St.	År	Nedbør mm	Afst. mm	Vand mm	N-udv. kg N/ha	P-udv. kg P/ha
608	9091	994	626	90	76	0.063
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
608	9697	782	436	90	71	0.086

Bilag 9.1

Gennemsnitlige koncentrationer af de enkelte hovedkomponenter i det øvre grundvand i hvert LOOP for overvågningsperioden 1990-1997 (almindeligt gennemsnit af alle analyser).

		LOOP	1	2	3	4	5	6
		DYBDE						
NO ₃	(mg/l)	1.5	58.82	112.39	64.49	62.08	63.87	87.86
		3	20.54	64.72	38.62	31.92	58.14	47.95
		5	11.41	66.53	33.42	28.12	.	.
NH ₄	(mg/l)	1.5	0.17	0.12	0.27	0.29	0.02	0.05
		3	0.5	0.82	0.19	0.54	0.02	0.07
		5	0.84	0.8	0.2	0.76	.	.
PO ₄ -P	(mg/l)	1.5	0.13	0.01	0.06	0.67 ¹⁾	0.01	0.03
		3	0.01	0.01	0.02	0.05 ¹⁾	0.01	0.03
		5	0.01	0.03	0.01	0.01 ¹⁾	.	.
pH		1.5	7.69	6.31	7.38	7.55	5.06	5.89
		3	7.48	6.39	7.66	7.56	4.94	6.05
		5	7.56	7.46	7.63	7.59	.	.
Konduktivitet	(mS/l)	1.5	73.58	65.3	39.1	58.93	30.83	35.8
		3	72.06	49.63	51.42	57.15	31.62	37.09
		5	63.26	47.44	53.33	56.55	.	.
Alkalinitet	(mg/l)	1.5	6.5	1.91	0.73	3.7	0.04	0.63
		3	6.32	2.52	3.04	3.85	0.03	1.09
		5	6.48	2.51	3.25	3.9	.	.
K	(mg/l)	1.5	3.11	17.79	2.28	4.16	11.29	9.17
		3	8.98	5.02	1.09	1.41	10.18	7.05
		5	7.23	2.7	1.36	1.33	.	.
Cl	(mg/l)	1.5	47.16	38.88	19.6	31.2	28.43	28.34
		3	43.43	36.35	20.84	28.24	32.96	29.8
		5	44.88	29.56	22.46	24.81	.	.
SO ₄	(mg/l)	1.5	55.81	78.64	15.48	25.06	33.44	52.35
		3	82.25	55.18	22.76	34.06	33.29	71
		5	59.68	34.38	33.04	41.28	.	.
Ca	(mg/l)	1.5	174.25	83.05	54.7	83	29.14	55.16
		3	135.38	66.87	79.5	96.75	26.62	59.95
		5	113.8	69.78	90.39	96.59	.	.
Mg	(mg/l)	1.5	18.79	5.6	6.67	6.38	3.54	3.96
		3	16.46	8.03	4.92	6.05	3.77	4.16
		5	15.54	6.68	4.8	6.79	.	.
Na	(mg/l)	1.5	19.04	19.24	12.51	17.86	11.58	13.19
		3	29.84	19.4	13.42	14.68	14	14.12
		5	29.88	15.19	13.23	14.74	.	.
Fe	(mg/l)	1.5	1.04	0.17	1.09	0.92	0.56	2.8
		3	1.96	2.48	0.29	1.55	1.12	2.59
		5	4.63	1.17	0.28	2	.	.

1) Ingen analyser for PO₄-P i perioden 1990-1992.

Bilag 10.1

Hydrografopsplitning

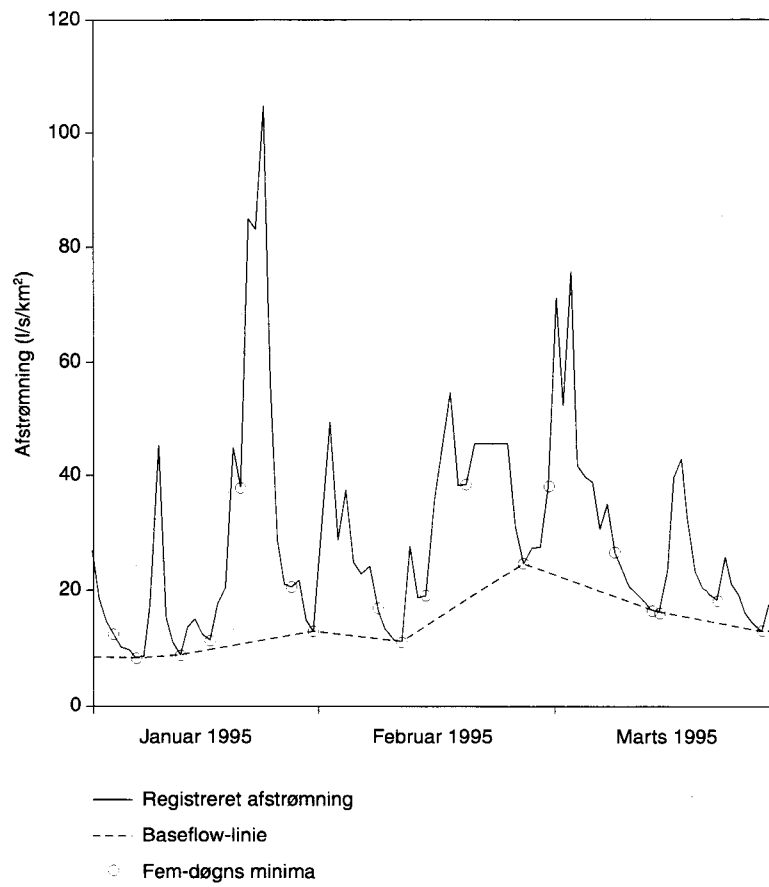
Hydrografopsplitning er foretaget efter en metode beskrevet af *Institute of Hydrology (1993)*. Afstrømningen opdeles for hvert enkelt døgn i en overfladenær og en grundvandsnær afstrømningsdel. Det såkaldte baseflow-indeks angiver for en længere måleperiode, typisk et år, forholdet mellem grundvands-andelen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

Bestemmelse af baseflow-indekset 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.



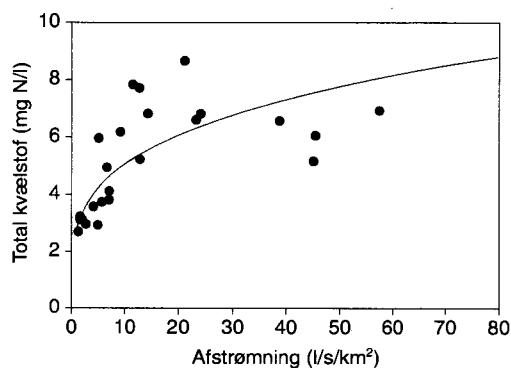
Bilag 10.2

Overfladenært kvælstoftab til vandløb.

Det overfladenære kvælstoftab findes som forskellen mellem det samlede kvælstoftab og det kvælstoftab, der stammer fra grundvandstilstrømning.

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

Beregningen af det kvælstoftab, der stammer fra grundvandstilstrømning, bygger dels på estimering af daglige baseflow værdier, fundet ved hydrografopsplitning, dels på estimerede døgnkoncentrationer af kvælstof i det vand, som kommer ved grundvandstilstrømning. Sidstnævnte døgnkoncentrationer findes ved, at der på hydrologiske år for hver enkelt vandløb etableres en sammenhæng mellem registrerede kvælstofkoncentrationer og tilhørende registrerede døgnmiddelafløbstrømninger. 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%.

Man kan alternativt vælge at etablere sammenhængen alene på baggrund af de dage, der domineres af grundvandstilstrømning. Eksempelvis kan registrerede kvælstofkoncentrationer sorteres fra, hvis de er målt på dage, hvor afstrømningen ifølge hydrografopsplitningen består af mere end 10% overfladenær afstrømning. Estimeringen af kvælstoftab, der strømmer til fra grundvandet, kan eventuelt forbedres på den måde.

Men hvorfor estimere *det samlede kvælstoftab* med lineær interpolationsmetoden fremfor at benytte samme metode ("regressionsmetoden") som er brugt ved estimering af det tab, der stammer fra grundvandstilstrømning? 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 udtømmning 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 regressionsmetoder, 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 Gjærn 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).

Bilag 10.3.

Opgørelse af kvælstof og fosfor tab

Det samlede tab af hhv. kvælstof og fosfor fra et opland findes på baggrund af målinger i oplandets hovedvandløbet (*oplandstabet*). Døgnmiddelvandføringer registreres, og døgnkoncentrationer estimeres ved lineær interpolation (*Kronvang og Bruhn, 1990*). For fosfors vedkommende kan man alternativt estimere tabet på baggrund af prøver, der tages hyppigere vha. automatisk prøvetager. Døgntransporter kan summeres op på måneder og år, og det samlede tab (kg ha^{-1}) fås ved, at man dividerer transporten med oplandsarealet.

Tabet fra dyrkede arealer i oplandet beregnes her i rapporten på denne måde: Bidrag fra punktkilder, naturarealer, og eventuel deposition direkte på ferskvand trækkes fra den samlede transport, som derpå divideres med oplandsarealet fratrukket naturarealer. I princippet bør man også fratække bidraget fra spredt bebyggelse, når tabet fra dyrkede arealer gøres op. Det er ikke gjort her i rapporten. Der er nemlig væsentlig usikkerhed forbundet med at estimere det faktiske bidrag fra spredt bebyggelse. Specielt i tørre år er det usikkert, hvor stor en andel af det potentielle bidrag fra spredt bebyggelse, der når ud til vandløbet.

For kvælstof udgør bidraget fra spredt bebyggelse kun en meget lille andel, typisk mindre end 2% af tabet fra dyrkede arealer (jvf. Windolf et al., 1998). For fosfors vedkommende betyder bidraget fra spredt bebyggelse derimod mere, ofte ca. 20-30% af det diffuse fosfortab fra et opland.

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
Vejløvej 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 Rørde
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

1997

- Nr. 219: Kragefuglejagt i Danmark. Reguleringen af krage, husskade, skovskade, råge og allike i sæsonen 1990/91 og jagtudbyttet i perioden 1943-1993. Af Asferg, T. & Prang, A. 58 s., 80,00 kr.
- Nr. 220: Interkalibrering af bundvegetationsundersøgelser. Af Middelboe, A.L., Krause-Jensen, D., Nielsen, K. & Sand-Jensen, K. 34 s., 100,00 kr.

1998

- Nr. 221: Pollution of the Arctic Troposphere. Northeast Greenland 1990-1996. By Heidam, N.Z., Christensen, J., Wåhlin, P. & Skov, H. 58 pp., 80,00 DKK.
- Nr. 222: Sustainable Agriculture and Nature Values - using Vejle County as a Study Area. By Hald, A.B. 93 pp., 100,00 DKK.
- Nr. 223: Ændringer i bekæmpelsesmidlernes egenskaber fra 1981-1985 frem til 1996. Af Clausen, H. 61 s., 45,00 kr.
- Nr. 224: Natur og Miljø 1997. Påvirkninger og tilstand. Red. Holten-Andersen, J., Christensen, N., Kristiansen, L.W., Kristensen, P. & Emborg, L. 288 s., 190,00 kr.
- Nr. 225: Sources of Phthalates and Nonylphenoles in Municipal Waste Water. A Study in a Local Environment. By Vikelsøe, J., Thomsen, M. & Johansen, E. 50 pp., 45,00 kr.
- Nr. 226: Miljøundersøgelser ved Maarmorilik 1997. Af Johansen, P., Riget, F. & Asmund, G. 35 s., 50,00 kr.
- Nr. 227: Impact Assessment of an Off-Shore Wind Park on Sea Ducks. By Guillemette, M., Kyed Larsen, J. & Clausager, I. 61 pp., 60,00 kr.
- Nr. 228: Trafikdræbte dyr i landskabsøkologisk planlægning og forskning. Af Madsen, A.B., Fyhn, H.W. & Prang, A. 40 s., 60,00 kr.
- Nr. 229: Ynglefugle i Vadehavet 1996. Af Rasmussen, L.M. & Thorup, O. 101 s., 90,00 kr.
- Nr. 230: On the Fetch Dependent Drag Coefficient over Coastal and Inland Seas. By Geernaert, G.L. & Smith, J.A. 20 pp., 35,00 DKK.
- Nr. 231: Mere brændstoffeffektive køretøjer. CO₂-konsekvenser og samfundsøkonomi. Af Møller, F. & Winther, M. 74 s., 100,00 kr.
- Nr. 232: Fragmentering og korridorer i landskabet - en litteraturudredning. Af Hammershøj, M & Madsen, A.B. 110 s., 100,00 kr.
- Nr. 233: Anskydning af vildt. Status for undersøgelser 1997-1998. Af Noer, H., Madsen, J., Hartmann, J., Kanstrup, N. & Kjær, T. 61 s., 60,00 kr.
- Nr. 234: Background Concentrations for Use in the Operational Street Pollution Model (OSPM). By Jensen, S.S. 107 pp., 125 DKK.
- Nr. 235: Effekten på sangsvane ved etablering af en vindmøllepark ved Overgaard gods. Af Larsen, J.K. & Clausen, P. 25 s., 35,00 kr.
- Nr. 236: The Marine Environment in Southwest Greenland. Biological Resources, Ressource Use and Sensitivity to Oil Spill. By Mosbech, A., Boertmann, D., Nymand, J., Riget, F. & Acquarone, M. 202 pp., 250,00 DKK (out of print).
- Nr. 237: Råvildt og forstyrrelser. Af Olesen, C.R., Theil, P.K. & Coutant, A.E. 53 s., 60,00 kr.
- Nr. 238: Indikatorer for naturkvalitet i søer. Af Jensen, J.P. & Søndergaard, M. 39 s., 50,00 kr.
- Nr. 239: Aromater i spildevand. Præstationsprøvning. Af Nyeland, B.A. & Hansen, A.B. 64 s., 60,00 kr.
- Nr. 240: Beregning af rejsetider for rejser med bil og kollektiv trafik. ALTRANS. Af Thorlacius, P. 54 s., 74,00 kr.
- Nr. 241: Control of Pesticides 1997. Chemical Substances and Chemical Preparations. By Krongaard, T., Køppen, B. & Petersen, K.K. 24 pp., 50,00 DKK.
- Nr. 242: Vingeindsamling fra jagtsæsonen 1997/98 i Danmark. Af Clausager, I. 50 pp., 45,00 kr.
- Nr. 243: The State of the Environment in Denmark 1997. By Holten-Andersen, J., Christensen, N., Kristensen, L.W., Kristensen, P. & Emborg, L. (eds.). 288 pp., 190,00 DKK.
- Nr. 244: Miljøforholdene i Tange Sø og Gudenåen. Af Nielsen, K., Jensen, J.P. & Skriver, J. 63 s., 50,00 kr.
- Nr. 245: The Danish Air Quality Monitoring Programme. Annual Report 1997. By Kemp, K., Palmgren, F. & Mancher, O.H. 57 pp., 80,00 DDK.
- Nr. 247: The Ecology of Shallow Lakes - Trophic Interactions in the Pelagial. Doctor's dissertation (DSc). By Jeppesen, E. 358 pp., 200,00 DKK.
- Nr. 248: Lavvandede søers økologi - Biologiske samspil i de frie vandmasser. Doktordisputats. Af Jeppesen, E. 59 s., 100,00 kr.
- Nr. 250: Faunapassager i forbindelse med større vejanlæg, III. Feltundersøgelser og litteraturudredning. Af Jeppesen, J.L., Madsen, A.B., Mathiasen, R. & Gaardmand, B. 69 s., 60,00 kr.

