

Arbejdsrapport fra DMU nr. 126

Scenarium om 100%
økologisk jordbrug
i Danmark

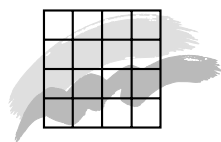
Vandløbsøkologi

Arbejdsrapport fra DMU nr. 126

Vandløbsøkologi

Scenarium om 100 % økologisk jordbrug i Danmark

Ruth Grant
Afdeling for Vandløbsøkologi



Miljø- og Energiministeriet
Danmarks Miljøundersøgelser
2000

Datablad

Titel:	Scenarium om 100 % økologisk jordbrug i Danmark
Forfatter:	Ruth Grant
Afdeling:	Afdeling for Vandløbsøkologi
Serietitel og nummer:	Arbejdsrapport fra DMU nr. 126
Udgiver:	Miljø- og Energiministeriet Danmarks Miljøundersøgelser©
URL:	http://www.dmu.dk
Udgivelsestidspunkt:	April 2000
Tekstbehandling:	Hanne Kjellerup Hansen
Bedes citeret:	Grant, R. (2000): Scenarium om 100% økologisk jordbrug i Danmark. Danmarks Miljøundersøgelser. 40 s – Arbejdsrapport fra DMU nr. 126 Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse.
Redaktionen afsluttet:	Februar 2000
ISSN:	1395-5675
Papirkvalitet: Tryk:	Cyclus Print Silkeborg Bogtryk EMAS registreret nr. DK-S-0084
Sideantal:	40
Oplag:	125
Pris:	kr. 40,- (inkl. 25% moms, ekskl. forsendelse)

Købes hos: Danmarks Miljøundersøgelser
Postboks 314
Vejløvej 25
DK-8600 Silkeborg
Tlf.: 89 20 14 00
Fax: 89 20 14 14

Indhold

Kvælstof og fosfor – balancer og miljømæssige konsekvenser 5

Sammenfatning 5

1 Indledning 7

2 Målsætning 9

3 Baggrundsmateriale 11

4 Balanceopgørelserne 13

4.1 Landbrugspraksis 1995/96 13

4.2 Landbrugspraksis efter VMP II og med nedsatte fosfornormer i foder 13

4.3 Økologiske scenarier 15

4.4 Sammenfatning vedrørende nettotilførsel af næringsstoffer 17

5 Miljøeffekter 21

5.1 Kvælstof 21

5.2 Fosfor 23

6 Referencer 27

Bilag 29

[Tom side]

Kvælstof og fosfor - balancer og miljømæssige konsekvenser

Sammenfatning

Opgørelser af næringsstofbalancer på landsplan er foretaget med henblik på at beskrive *tabspotentialer* af kvælstof (N) og fosfor (P). Opgørelserne er foretaget for aktuel landbrugspraksis (1995/96), ved fuld efterlevelse af VMP II samt ved 6 scenarier med 100% økologisk jordbrug - henholdsvis aktuel og forbedret udbyttensniveau ved 1) 100% selvforsyning med foder (ingen import til landet), 2) import af foder til landet (15% for drøvtyggere og 25% for enmavede dyr), 3) ubegrænset import af foder og fastholdelse af nuværende (1995/96) animalske produktion. I alle økologiske scenarier er der forudsat produktion af konsum til Danmarks hjem-forbrug, mælk i forhold til nuværende mælkekvote og kød i forhold til muligheder for foderproduktion og import. Der er ingen eksport af salgsafgrøder fra landet.

Næringsstofbalancerne er opgjort på baggrund af de samlede tilførsler til landbruget i form af handelsgødning, indkøbt foder, returprodukter, slam, atmosfærisk nedfald og kvælstoffiksering samt de samlede fraførsler i form af vegetabiliske og animalske produkter. Fastsættelse af de enkelte poster bygger på en lang række antagelser, forudsætninger og en forventet udvikling. Dette betyder, at der kan være meget store usikkerheder forbundet med de enkelte estimater, dette gælder i særlig høj grad kvælstoffikseringen. *Da kvælstoffiksering er en afgørende parameter i økologisk jordbrug, medfører dette, at balanceopgørelserne i de økologiske scenarier kan være meget usikre.*

Balancen (netto tilførslen) af N ved aktuel landbrugspraksis (1995/96) er beregnet til 154 kg N ha⁻¹ og ved fuld efterlevelse af VMP II til 112 kg N ha⁻¹. Balancen af N for de økologiske scenarier er beregnet til 88 - 91 kg N ha⁻¹ ved opretholdelse af nuværende animalske produktion, 77 - 84 kg N ha⁻¹ ved maksimal tilladelig import af foder og til 54 - 62 ved ingen import af foder. Ammoniakfordampning ved husdyrproduktion (beregnet med koefficienter fra DJF beretning 736, 1997) og ved planteproduktion skønnes at ligge i størrelsesordenen ca. 28 kg N ha⁻¹ ved aktuel landbrugspraksis og ca. 25 kg N ha⁻¹ ved VMP II scenariet, mens ammoniakfordampningen ved de økologiske scenarier skønnes at ligge i intervallet 16 - 25 kg N ha⁻¹. Det øvrige samlede kvælstoftab vil således udgøre 87 kg N ha⁻¹ ved VMP II og 38 - 66 kg N ha⁻¹ ved de økologiske scenarier. Resultaterne antyder, at omlægning til 100% økologisk drift i Danmark sandsynligvis vil medføre en reduktion i tabspotentialet mht. kvælstof. På grund af de betydelige usikkerheder, både ved vurdering af effekten af VMP II og ved fastsættelse af kvælstoffikseringen i de økologiske scenarier, er størrelsen af reduktionen usikker.

I de økologiske scenarier er afgræsning mere udbredt end ved nuværende praksis. Afsætning af gødning på mark ved afgræsning er 2,5 -

3,5 gange højere i de økologiske scenarier end ved aktuel landbrugspraksis (1995/96). Hvis risikoen for nitatudvaskning som følge heraf ønskes minimeret, skal der udarbejdes en græsningsstrategi. Dette gælder specielt med hensyn til udendørs sohold.

Ved nuværende landbrugspraksis er husdyrproduktionen overvejende koncentreret på de sandede jorde i Vestdanmark. I de økologiske scenarier er der forudsat en mere jævn fordeling af husdyrproduktionen. Dette medfører, at nettotilførslen af N til landbrugsjorden mindskes betydeligt i Vestdanmark. Nedsivning til grundvandet vil mindskes herved, mens effekten i vandløb vil være af mindre betydning. Det kan ikke afvises, at nettotilførslen af N vil stige i Østdanmark, og at kvælstoftilførslen til vandløb og marint miljø derfor også vil stige.

Ved aktuel landbrugspraksis i 1995/96 er der med indregning af nedsatte normer for P i foder til kvæg beregnet en nettotilførsel af P til landbruget på $12,6 \text{ kg P ha}^{-1}$. I de økologiske scenarier er nettotilførslen tilsvarende beregnet til $6,8 - 8,6 \text{ kg P ha}^{-1}$ ved opretholdelse af nuværende animalske produktion, $4,3 - 5,8 \text{ kg P ha}^{-1}$ ved maksimal tilladelig import af foder, mens der ved ingen import af foder (import af foderfosfater er dog medtaget) omtrent er balance mellem tilført og fraført P. Det skal dog understreges, at der ved opstilling af de økologiske scenarier ikke er gennemført en faglig optimering af foderbehov med hensyn til P. En sådan gennemgang kan medføre en mindre ændring i input af foderfosfater, og dermed en ændring i de beregnede nettotilførsler af P.

Det må konkluderes, at der er en mindre nettotilførsel af P og mere jævn fordeling af denne i de økologiske scenarier end ved nuværende landbrugspraksis. Dette vil i sig selv betinge en mindre ophobning af P i jorden og dermed en mindre udvaskningsrisiko. På den anden side kan der i de økologiske systemer være risiko for øget mobilitet af fosfor i jord på grund af større tilførsel af omsættelig organisk materiale i form af husdyrgødning, grøngødning, fangafgrøder, dyrkning af kløvergræs m.v. Der foreligger ikke tilstrækkelig forskningsresultater til at give en kvantitativ beskrivelse af risikoen for P tab som følge heraf. Samlet set vil det således være usikkert at udtale sig om effekten af 100% omlægning til økologi med hensyn til risiko for P tab til vandmiljøet.

1 Indledning

I denne delrapport foretages opgørelser af totalbalancer på landsplan med henblik på at beskrive *tabspotentialer* af kvælstof (N) og fosfor (P).

Balancerne opstilles for 6 scenarier ved 100% økologisk drift, og der foretages en sammenligning med aktuel landbrugspraksis for 1995/96. En række handlingsplaner omhandlende landbrugets kvælstofanvendelse har været gennemført siden 1986 med det formål at reducere N-udvaskningen. Senest i februar 1998 blev Vandmiljøplan II vedtaget; denne plan indeholder en bred vifte af virkemidler, som skal være implementeret senest ved udgangen af 2003. Vurderingerne, der blev lagt til grund for VMP II, vil derfor blive indarbejdet i et scenarium med udgangspunkt i aktuel landbrugspraksis men ved fuld efterlevelse af VMP II. Ved aktuel landbrugspraksis (1995/96) består husdyrholdet af 2.393.000 DE. Dette husdyrhold er antaget uændret i VMP II scenariet. Det skal bemærkes, at der ved aktuel landbrugspraksis indgår et økologisk dyrket areal på ca. 45.000 ha i 1996 og ca. 85.000 ha i 1998, samt at VMP II forudsætter at der i perioden 1999-2003 sker omlægning af yderligere 170.000 ha. Uafhængigt af VMP II er der siden 1996 sket ændringer i fodrings-normerne med hensyn til fosfor, hvilket medfører en forventet reduktion i fosfor forbruget i foder. Dette er indarbejdet i et scenarium for aktuel landbrugspraksis men med nedsatte fosfornormer i foder.

VMP II scenariet og scenariet med nedsatte fosfornormer i foder udtrykker en optimal driftsledelse ved aktuel landbrugspraksis og er derfor bedst mulig sammenlignelig med de opstillede økologiske scenarier. Opgørelserne foretages for følgende scenarier:

Aktuel landbrugspraksis:

- landbrugspraksis 1995/96
- fuld efterlevelse af VMP II (kun for kvælstof)
- nedsatte fosfornormer i foder (kun for fosfor)

Økologisk scenarium: *nuværende udbytteneiveau*:

- 100% selvforsyning med foder (ingen import til landet)
- import af foder til landet (15% for drøvtyggere og 25% for enmavede dyr)
ubegrænset import af foder og fastholdelse af nuværende (1995/96) animalske produktion

Økologisk scenarium: *forbedret udbytteneiveau*:

- 100% selvforsyning med foder (ingen import til landet)
- import af foder til landet (15% for drøvtyggere og 25% for enmavede dyr)
ubegrænset import af foder og fastholdelse af nuværende (1995/96) animalske produktion

I alle økologiske scenarier produceres konsum til Danmarks hjemforbrug, mælk i forhold til nuværende mælkekvote og kød i forhold

til muligheder for foderproduktion og import. Der er ingen eksport af salgsafgrøder fra landet.

2 Målsætning

Balanceopgørelser foretages ud fra de samlede tilførsler til jordbruget i form af handelsgødning, indkøbt foder, returprodukter, affald fra det øvrige samfund og atmosfærisk nedfald, og de samlede fraførsler i form af vegetabiliske og animalske produkter. De enkelte poster kan fastsættes med større eller mindre sikkerhed. Specielt for kvælstof indgår et estimat for kvælstoffiksering i jorden som en tilførsel til jordbruget. Fastsættelse af denne post indebærer en lang række antagelser og kan derfor være behæftet med meget stor usikkerhed. *Da kvælstoffiksering er en afgørende parameter i økologisk jordbrug, medfører dette at balanceopgørelserne i de økologiske scenarier kan være meget usikre.*

Som nævnt foretages balanceopgørelserne for kvælstof og fosfor med henblik på at beskrive *tabspotentialer*. Tabspostene for kvælstof består af ammoniakfordampning og denitrifiaktion i stald, lager og i jorden samt ved ophobning i jord og udvaskning fra jord. For fosfor sker tabene fortrinsvis ved erosion og nedvaskning i jord. Kvantificering af de enkelte poster er kompleks, og ved tidligere opgørelser har det ikke været muligt at gøre rede for hele balancen. Der fremkommer altid en rest, som må skyldes usikkerheder ved opgørelsen af en eller flere af tabsposterne. Denne usikkerhed benævnes i det følgende et *'resttab'*. Der vil i denne sammenstilling blive foretaget vurderinger over ammoniakfordampningen, mens de øvrige tabsposter ikke vil blive søgt kvantificeret.

Balanceopgørelserne for de økologiske scenarier vil også bidrage som vurderingsgrundlag med hensyn til *agronomiske aspekter*. Til dette formål er der yderligere foretaget opgørelser af kaliumbalancer.

[Tom side]

3 Baggrundsmateriale

Balancerne for landbrugspraksis for 1995/96 er udarbejdet på baggrund af materiale fra A. Kyllingsbæk (1998, pers. medd.) og Grant et al. (1998). Datagrundlaget er fra Danmarks Statistik.

Scenariet for landbrugspraksis ved fuld efterlevelse af VMP II tager udgangspunkt i 1995/96 scenariet og vurderingerne beskrevet af Iversen et al. (1998). Scenariet med nedsatte fosfornormer i foder tager ligeledes udgangspunkt i 1995/96 scenariet; størrelsen af reduceret P-foderimport er vurderet af Landbrugets Rådgivningscenter (pers. medd. fra Leif Knudsen, 1999).

Baggrundsmaterialet for de økologiske scenarier er hentet fra følgende delrapporter:

A1.1 Danmarks samlede produktion af indsats af hjælpestoffer ved I) 100% selvforsyning, II) 15-25% import af foder og III) ved fastholdelse af den animalske produktion (tager delvis udgangspunkt i "Landbrugsmodellen") (Alrøe et al., 1998a).

A1.2 Sædskiftemodeller - vurdering af udbytteændringer i landbrugsafgrøderne (Alrøe et al., 1998b).

A1.4 Samhørende værdier for foderforbrug og produktion i økologiske husdyrbrugssystemer (Hermansen, 1998).

Normer for næringsstofindhold i afgrøder og foder er fra Fodermiddeltabellen (1997), mens normer for næringsstofindhold i husdyrgødning for nuværende praksis er fra Poulsen og Kristensen (1997) og for økologiske scenarier fra delrapport A1.4. Der er regnet med samme næringsstofindhold i konventionelle og økologiske produkter.

Med hensyn til husdyrproduktionen er denne afstemt efter mængden af tilgængelig foderproduktion og import af foder for så vidt angår proteinbehov. Derimod er der ikke foretaget vurdering af P og K behov.

Et sammendrag af de forudsatte produktionsforhold er vist i bilag 1.

[Tom side]

4 Balanceopgørelserne

Totalbalancerne for hele landet er vist i *bilag 2*. Beregningsprincipperne er beskrevet nedenfor.

4.1 Landbrugspraksis 1995/96

Kvælstof

I 1995/96 scenariet for landbrugspraksis blev der på landsplan tilført 285.000 t N med handelsgødning, 204.900 t N med foder og returprodukter, 9.100 t N med affaldsprodukter og 57.000 t N fra atmosfærisk deposition samt 30.400 t N via fiksering, i alt 586.400 t N. Fra landbruget blev fjernet henholdsvis 62.800 t N og 105.400 t N med vegetabiliske og animalske produkter, i alt 168.200 t N. Dette medfører et overskud på 418.200 t N, svarende til 154 kg N ha⁻¹ (inkl. brakarealet).

Fosfor

I 1995/96 scenariet for landbrugspraksis blev der på landsplan tilført 20.500 t P med handelsgødning, 270 t P fra atmosfæren og 5.700 t P med slam og 42.650 med foder og returprodukter; af importeret foder udgjorde kød-benmel 6.300 t P og foderfosfater 14.500 t P. Tilførslen udgjorde i alt 69.400 t P. Fra landbruget blev fjernet henholdsvis 10.700 t P og 21.200 t P med vegetabiliske og animalske produkter, i alt 31.800 t P. Dette medfører et overskud på 37.600 t P, svarende til 13,8 kg P ha⁻¹ (inkl. brakarealet).

I opgørelserne er importeret foder, returprodukter, N eksport med vegetabilisk og animalsk produktion fra *Kyllingsbæk (1998, pers. medd.)*, øvrige data fra *Grant et al., (1998)*.

4.2 Landbrugspraksis efter VMP II og med nedsatte fosfornormer i foder

VMP II

Handlingsplanen for Bæredygtigt Landbrug blev vedtaget i 1991 og opfølgning herpå fandt sted i 1996. I 1995/96 var ikke alle vedtagne tiltag endnu fuldt implementeret, dette gælder en stigning i kravet til udnyttelse af kvæg- og svinegylle på 5%, samt stramning med hensyn til angivelse af næringsstofindhold i husdyrgødningen. Den forventede effekt af disse tiltag samt effekten af VMP II på landsbalancerne af kvælstof er beskrevet nedenfor og summeret i tabel 1. Der er i vurderingerne forudsat uændret landbrugsareal, brakareal, afgrødesammensætning og husdyrhold (*Iverson et al., 1998*). Der er ikke foretaget nogen vurdering med hensyn til fosfor.

Tabel 1. Virkemidler af handlingsplanen for Bæredygtig Landbrug og VMP II.

	Areal ha	Handelsgødn. t N	Husdyrgødn t N	Udbytte ¹⁾ mill. FE
<i>Status 1995/96</i>	2714.000	285.000	232.100	17.000
	Udtagne arealer ha	Reduktion i handelsgødn. t N	Reduktion i husdyrgødn. t N	Anslået udbytte- nedgang ¹⁾ mill. FE
<i>Bæredygtig Landbrug</i>		21.000		
<i>VMP II</i>				
Vådområder	16.000	1.100		100
SFL områder ²⁾	88.000	10.000		180
Skovrejsning	20.000	2.440		140
Bedre foderudnyttelse		-13.600	26.200	
Skærpede harmonikrav		6.000		
Skærpede krav til udnyt- telse af husdyrgødn., 10%		26.000		
Økologisk jordbrug	170.000	17.600		340
Efterafgrøder	120.000	3.000		100
Nedsat N-norm, 10%		40.000		375
<i>I alt</i>	<i>414.000</i>	<i>87.140</i>	<i>26.200</i>	<i>1235</i>

1) vurderet af Landbrugs- og Fiskeriministeriet i svar til Folketinget maj 1998

2) SFL betyder 'særligt følsomme landområder'

Ved fuld efterlevelse af planerne er det forudsat at handelsgødningsforbruget reduceres med 21.000 t N gennem Bæredygtigt Landbrug og med 87.140 t N gennem VMP II. Endvidere forudsættes, at udnyttelsen af foder forbedres, således at kvælstofudskillelsen i husdyrgødning reduceres med 5.200 t N i den faste gødning og 21.000 t N i urinen. Dette betyder, at foderforbruget må reduceres tilsvarende. Hvis det antages at denne reduktion alene berører import af foder, vil denne post mindskes med 26.200 t N. Udbyttene vil blive reduceret som følge af udtagning af arealer til vådområder, skovrejsning og SFL-områder (Særligt Følsomme Landbrugs-), herunder MVJ-ordninger (MiljøVenlige) samt som følge af reducerede gødningsnormer. Det er dog meget usikkert, hvorledes afgrødefordelingen udvikler sig, og hvorledes effekten af nedsatte gødningsnormer implementeres. Der kan således kun gives et meget overordnet skøn over nedgang i udbyttene. Landbrugs- og Fiskeriministeriet har i et svar til Folketinget i maj 1998 vurderet, at udbyttene vil udgøre i alt 1.235 mill. foderenheder (vist som anslåede værdier i tabel 1). Hvis det antages, at udbyttene alene berører salgsafgrøderne (korn), vil dette medføre en reduktion i fraførsel fra landbruget på ca. 21.000 t N.

De forventede ændringer af VMP II betyder, at kvælstofoverskuddet på landsplan vil reduceres til 305.000 t N, svarende til 112 kg N ha⁻¹ (inkl. brakarealet).

Aktuel landbrugspraksis men med nedsatte fosfornormer i foder

Siden 1996 er fosfornormerne i foder til kvæg nedsat med ca. 5 kg P pr. malkeko pr år. Landbrugets Rådgivningscenter forventer, at dette på landsplan vil medføre en reduktion i forbrug af fosfor i foder på 3-3.500 t P (Leif Knudsen, pers. medd., 1999). Vi antager i denne sammenstilling, at reduktionen sker i foderfosfaterne. Dette vil medføre, at fosforoverskuddet i gennemsnit reduceres fra ca. 13,8 til 12,6 kg P ha⁻¹.

4.3 Økologiske scenarier

I økologiske scenarier anvendes ikke kvælstofgødning; kvælstofforsyningen til afgrøderne søges opretholdt ved tilførsel af organiske gødninger, hensigtsmæssige sædskifter, herunder dyrkning af kvælstoffikserende afgrøder og ved optimerede kulturtekniske foranstaltninger. I balanceberegningerne er opgørelse af kvælstoffiksering derfor af størst betydning, og kan være behæftet med meget stor usikkerhed. Det er i økologisk jordbrug tilladt at anvende fosfor og kalium gødninger, f.eks. råfosfat og råkali, men det er i denne sammenstilling antaget, at disse stoffer ikke anvendes. Behovet herfor er nærmere beskrevet i delrapport A.1.6 "Notat vedr. forsyningen af fosfor, kalium og svovl i økologisk jordbrug".

Kvælstoffiksering

Til beregning af kvælstoffikseringen er anvendt en empirisk model af Høgh-Jensen et al. (1998):

$$N_{\text{fix}} = TS_{\text{bælgplante}} * N\% * P_{\text{fix}} * (1 + P_{\text{rod+stub}})$$

hvor

N_{fix} = kvælstoffikseringen

$TS_{\text{bælgplante}}$ = høstet mængde tørstof i bælgplanten, opgjort ved slutningen af vækstsæsonen

$N\%$ = koncentration af kvælstof i bælgplantens tørstof (kg / kg)

P_{fix} = andel fikseret kvælstof i bælgplantens bladmasse

$P_{\text{rod+stub}}$ = andel af den totale mængde fikseret kvælstof i systemet, som findes i bælgplantens rod+stub

Modellens parametre for ært og kløvergræs (modificeret af A. Kyllingsbæk og I.S.Kristensen, 1998, pers. medd) er

	tørstof %	Bælgplantedelen		
		N%	P _{fix}	P _{rod+stub}
Ærter til modenhed (frø)	85	0,038	0,75	0,25
(halm - 42% af frøudbytte)	87	0,0115		
Afhugget hvidkløvergræs ¹⁾ , 1-2 år	13	0,04	0,9	0,6
Afhugget rødkløvergræs ¹⁾ , 1-2 år	15	0,0272	0,9	0,55

1) afgræsset: 80% af fikseringen ved afhugning

Ærter

1 FE er lig 0,78 kg ts ærter

1000 FE = 780 kg ts frø + 335 kg ts halm, $N_{\text{fix}} = 31,4 \text{ kg N}$

Ved de økologiske scenarier er der forudsat et total udbytte af ærter på henholdsvis 549 mio. FE og 773 mio. FE ved nuværende og forbedret udbyttensniveau (bilag 1.3). Dette medfører en N-fiksering på henholdsvis 17,2 mio. kg N og 24,3 mio. kg N ved nuværende og forbedret udbyttensniveau.

Udlæg

Ved dyrkning af vårbyg med udlæg i økologiske sædskifter produceres ifølge *Hansen og Kristensen (1998)* ca. 7 hkg kløvertørstof. Idet der fortrinsvis vil være tale om hvidkløver, vil dette betyde en N-fiksering på $40,3 \text{ kg N ha}^{-1}$. I de økologiske scenarier er der antaget et 5 marks sædskifte:

korn m. udlæg - kløvergræs - kløvergræs - korn -
korn/rækkeafgrøder

dvs. at arealet af korn med udlæg vil udgøre halvdelen af arealet med kløvergræs. Idet der er antaget et kløvergræsareal på 1.000.000 ha (bilag 1.1), vil arealet med udlæg udgøre 500.000 ha. N-fikseringen fra udlæg vil da udgøre 20,2 mio. kg N.

Kløvergræs

For kløvergræs vil N-fikseringen ifølge ovennævnte model afhænge af kløvertype (hvidkløver/rødkløver), kløveprocent, kløvers vækststadium ved høst, samt kløvergræssets anvendelse (slet/afgræsning). Sådanne vurderinger vil være yderst usikre, hvorfor der i denne sammenstilling anvendes samme fikseringer, dog korrigeret for udbyttensniveau, som angivet i *Hansen og Kristensen (1998)* for kløvergræs i økologiske kvægbrug:

Nuværende udbyttensniveau (5200 FE ha^{-1}): $N_{\text{fix}} = 121,2 \text{ kg N ha}^{-1}$

Forbedret udbyttensniveau (5700 FE ha^{-1}): $N_{\text{fix}} = 132,8 \text{ kg N ha}^{-1}$

Idet der forudsættes et kløvergræsareal på 1.000.000 ha (bilag 1.1) kan N-fikseringen beregnes til henholdsvis 121,3 mio. kg N og 132,8 mio. kg N for nuværende og forbedret udbyttensniveau.

Der er i beregningerne forudsat et kløverindhold på 40% af kløvergræstørstoffet. Det bør iagttages, at der er stor sammenhæng mellem fikseringen og udbyttensniveauet. Hvis det f.eks. antages, at andelen af kløver i kløvergræsset ændres med +/- 10% -enheder (30-50%), svarer det til at kvælstoffikseringen ændres med ca. +/- 37.000 t N, svarende til +/- 14 kg pr. ha.

Total N-fiksering

I de økologiske scenarier kan total N-fikseringen herefter opgøres til 158.700 t N og 177.300 t N for henholdsvis nuværende og forbedret udbyttensniveau. Det skal dog igen jævnfør ovenstående understreges, at der er tale om stor usikkerhed i antagelserne for denne beregning.

Deposition og tilførsel med slam

Med hensyn til deposition anvendes samme størrelser som for landbrugspraksis i 1995/96. Der er med hensyn til N-deposition ikke taget hensyn til, at ammoniakemissionen evt. er ændret som følge af ændret husdyrproduktion. Der anvendes ikke affaldsprodukter fra byer i økologisk jordbrug.

Foderimport og returprodukter

Foderimport: For scenarie 1 og 4 er der ingen import af proteinfoder eller korn, derimod er der medtaget import af foderfosfater. For de øvrige scenarier er import af foder afstemt efter den i scenariet tilladte mængde (scenarie 2 og 5) og således at husdyrproduktionens proteinbehov bliver opfyldt (scenarie 2 - 3 og 5 - 6). *Der er ikke gennemført en faglig optimering af behovet for fosfor og kalium forsyning i husdyrproduktionen.* Import af foderfosfater i disse scenarier er derfor overslagsmæssigt beregnet ud fra importen ved nuværende landbrugspraksis (1995/96) og i forhold til husdyrproduktionen i dette scenarium og i de økologiske scenarier. Det antages endvidere, at de nedsatte fosfornormer i foder til malkekvæg også vil blive implementeret i økologisk drift (tabel 1.4).

Returprodukter fra konsum er ifølge 'Landbrugsmodellen'.

Vegetabilsk produktion

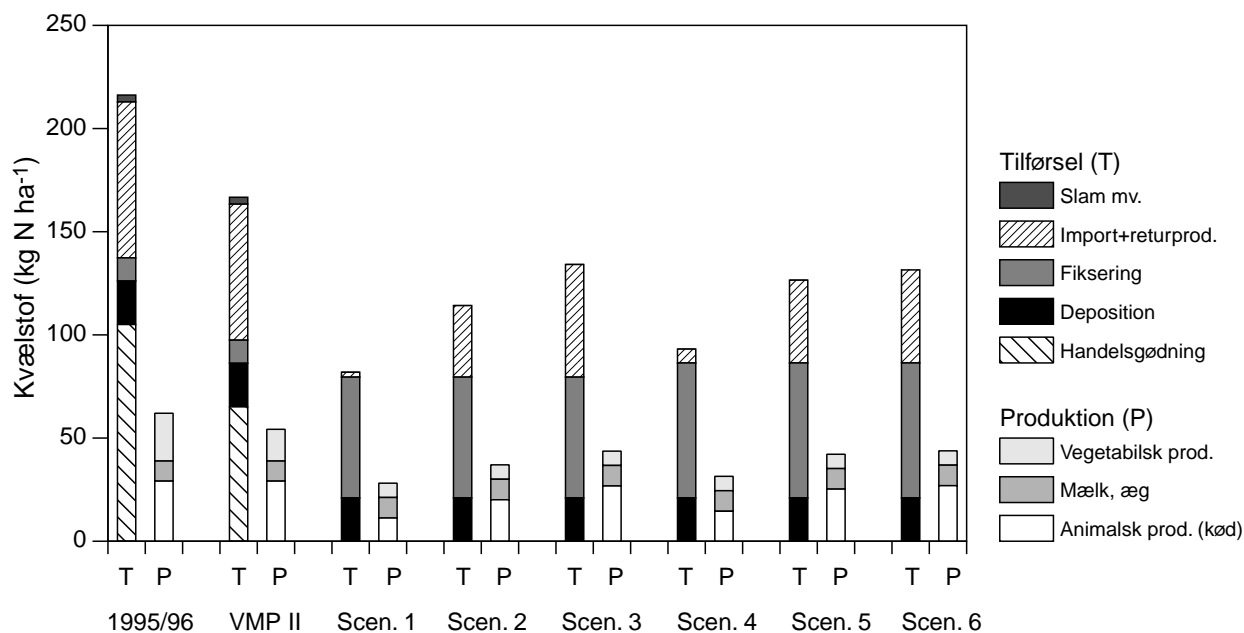
Vegetabilsk produktion er bestemt ud fra de opstillede sædskifter og den tilgængelige kvælstof i husdyrgødningen (bilag 1.5). Fraførsel fra landbruget udgøres alene af afgrøder til konsum til Danmarks hjemforbrug. Der er ingen eksport af salgsafgrøder fra landet, idet al øvrig vegetabilsk produktion anvendes som foder til egen husdyrproduktion (bilag 1.3).

Animalsk produktion

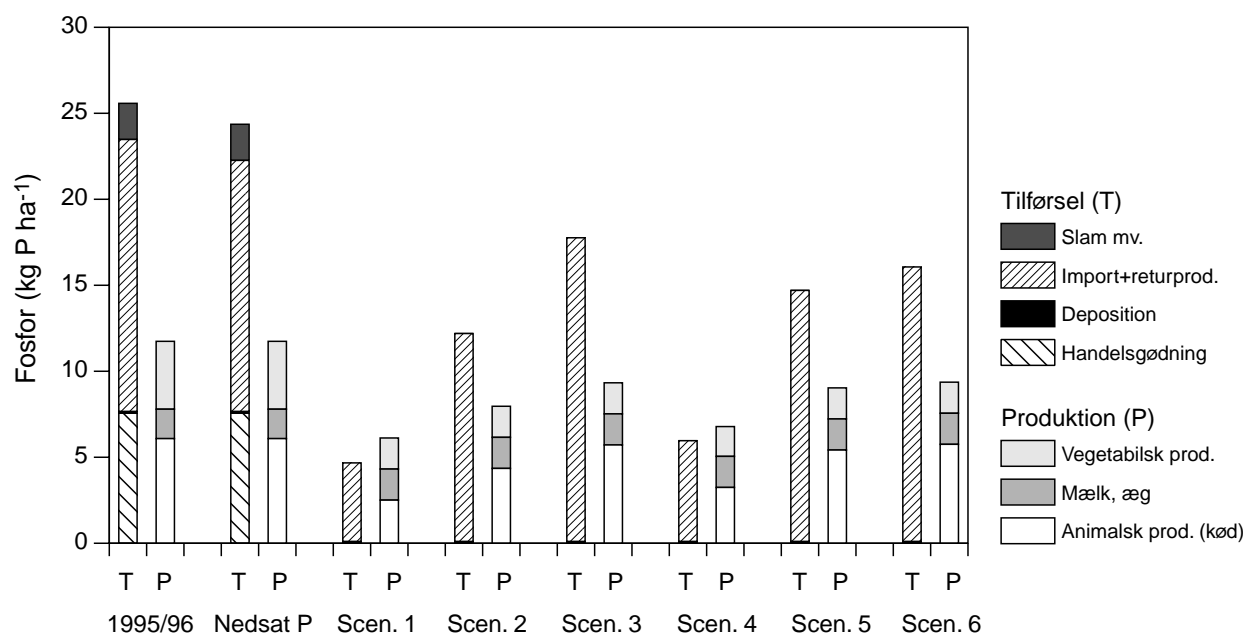
Produktionen af æg er alene til nuværende nationalt forbrug og produktionen af mælk er ifølge nuværende mælkekvote. Kvægproduktionen er således afstemt efter mælkekvoten, mens svineproduktionen er afstemt efter den vurderede tilgængelige fodermængde.

4.4 Sammenfatning vedrørende nettotilførsel af næringsstoffer

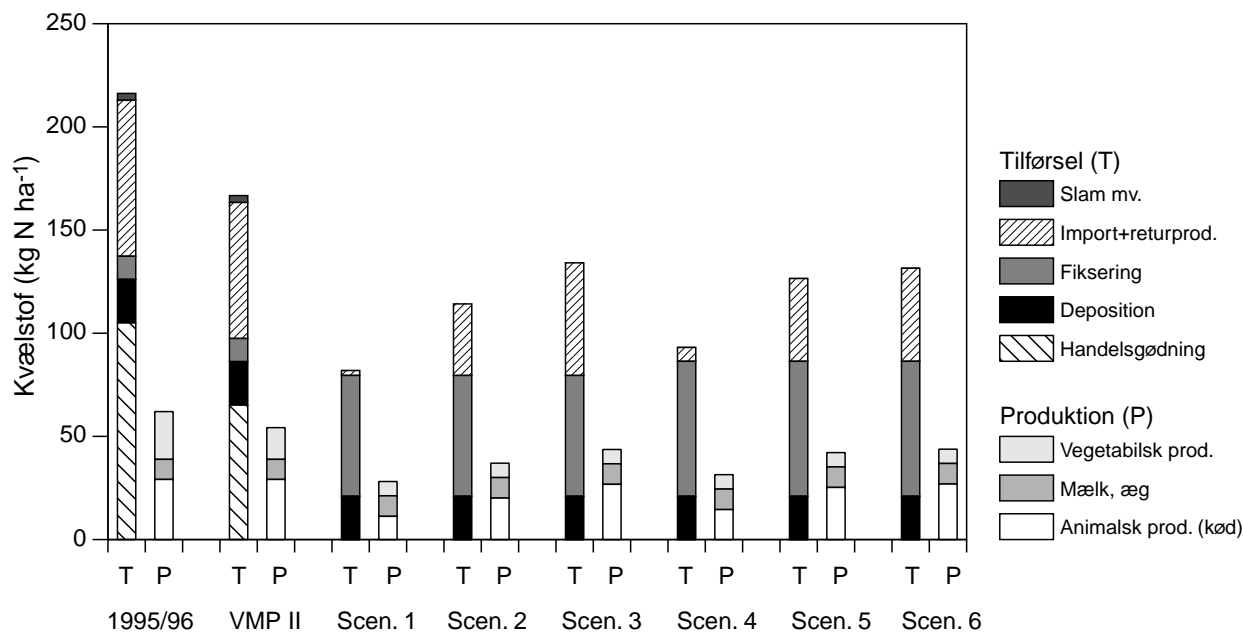
På baggrund af ovennævnte antagelser og beregninger er næringsstofbalancerne total for landet som tidligere nævnt præsenteret i bilag 2. Balancerne opgjort pr. arealenhed landbrugsjord er vist i figur 1 - 3, og en sammenfatning af balancerne er givet nedenfor i tabel 2. En positiv balance betyder, at der er en nettotilførsel af næringsstoffer til landbruget (overskud); og en negativ balance, at der er en nettobortførsel af næringsstoffer fra landbruget (underskud).



Figur 1. N- tilførsel (In) og fraførsel (out) ved nuværende landbrugspraksis (1995/96 og VMP II) samt ved de 6 økologiske scenarier, opgjort i kg N ha⁻¹ landbrugsjord.



Figur 2. P- tilførsel (In) og fraførsel (out) ved nuværende landbrugspraksis (1995/96) samt ved de 6 økologiske scenarier, opgjort i kg P ha⁻¹ landbrugsjord.



Figur 3. K- tilførsel (In) og fraførsel (out) ved de 6 økologiske scenarier, opgjort i kg K ha⁻¹ landbrugsjord.

Tabel 2. Nettotilførsel af næringsstoffer ved nuværende landbrugspraksis og økologiske scenarier

	Nuværende landbrugspraksis			Økologisk scenarium nuværende udbyttensniveau			Økologisk scenarium forbedret udbyttensniveau		
	1995/96	VMPII	Nedsat P- norm i foder	1	2	3	4	5	6
N (kg ha ⁻¹)	154	112	-	54	77	91	62	84	88
P (kg ha ⁻¹)	13,8		12,6	-1,5	4,3	8,6	-0,8	5,8	6,8
K (kg ha ⁻¹)	-		-	-3,6	3,0	7,4	-3,6	3,8	4,8

Følgende konklusioner kan drages:

Kvælstof:

Input

- Implementering af VMP II vil medføre et betydeligt fald i N-forbrug og -nettotilførsel i forhold til 1995/96 scenariet.
- I de økologiske scenarier erstattes N i handelsgødning delvist ved dyrkning af N-fikserende afgrøder. I VMP II scenariet udgør handelsgødningsforbruget og N-fikseringen tilsammen 76 kg N ha⁻¹, og i de økologiske scenarier er N-fikseringen beregnet til 58 - 62 kg N ha⁻¹ (med en meget sandsynlig variation på +/- 14 kg N ha⁻¹).

Nettotilførsel

- I VMP II scenariet er N-nettotilførslen 112 kg N ha⁻¹. I de økologiske scenarier med fastholdelse af nuværende husdyrproduktion er N-nettotilførslen lidt lavere (88 - 91 kg N ha⁻¹) end i VMP II scenariet, i takt med at der ikke produceres salgsafgrøder til eksport.
- I de økologiske scenarier med begrænsning i import og scenarier med ingen import er N-nettotilførslen aftagende i takt med aftagende husdyrproduktion.

Fosfor:

Input

- I de økologiske scenarier med foderimport er der et øget input af kød-benmel, fiskemel mv. i forhold til aktuel praksis (1995/96). På input-siden vil dette i nogen grad opveje, at der ikke anvendes P i handelsgødning. Handelsgødningsforbruget i 1995/96 scenariet er 7,6 kg P ha⁻¹ og input af kød-benmel mv. 2,3 kg P ha⁻¹, mens input af kød-benmel mv. i de økologiske scenarier er beregnet til 4,7-6,6 kg P ha⁻¹.
- I de økologiske scenarier uden foderimport udgør kød-benmel mv. (2,4 til 3,2 kg P ha⁻¹) en væsentlig mindre kilde til P-input

Nettotilførsel

- I 1995/96 scenariet med nedsatte P normer i foder er P-nettotilførsel 12,6 kg P ha⁻¹. I de økologiske scenarier med fastholdelse af nuværende husdyrproduktion er P-nettotilførslen noget lavere (6,8 - 8,6 kg P ha⁻¹) i takt med at der ikke produceres salgsafgrøder til eksport.
- I de økologiske scenarier med begrænsning i import er P-nettotilførslen igen lavere (4,3 - 5,8 kg P ha⁻¹) i takt med lavere husdyrproduktion.
- I de økologiske scenarier uden foderimport, er der omtrent balance mellem tilført og fraført P.

Kalium:

Input

- I de økologiske scenarier med import stammer K forsyningen fra importeret foder (soyakage, rapskage, ærter og korn) og returprodukter (8,8 - 13,8 kg K ha⁻¹). Uden import af foder er K-input således temmelig lav (ca. 1,5 kg K ha⁻¹). Hertil kommer en deposition fra atmosfæren på ca. 3 kg K ha⁻¹.

Nettotilførsel

- I de økologiske scenarier med fastholdelse af nuværende husdyrproduktion er K-nettotilførslen 4,8 - 7,4 kg K ha⁻¹
- I de økologiske scenarier med begrænsning i import er der kun en ganske lille K-nettotilførsel
- De økologiske scenarier uden import har negativ K-balance

5 Miljøeffekter

5.1 Kvælstof

Forskel mellem input af næringsstoffer til landbruget og fraførsel med afgrøder og animalske produkter vil være et potentielt tab. Tabsposterne for kvælstof består af ammoniakfordampning og denitrifikation i stald, lager og i jorden samt ved ophobning i jord og udvaskning fra jord. Herudover vil der formodentlig være et resttab, som der vanskeligt kan gøres rede for. Der vil blive foretaget vurderinger over ammoniakfordampningen, mens de øvrige tabsposter på grund af kompleksiteten ikke vil blive søgt kvantificeret i denne sammenstilling.

Ammoniakfordampning

Der er foretaget en foreløbig opgørelse over NH_3 -fordampningen i forbindelse med husdyrproduktion i de 6 økologiske scenarier ud fra gødningsproduktionsforhold beskrevet i delrapport 1.4 og antal husdyr fra delrapport A1.1. Desuden er NH_3 -fordampningen ved nuværende landbrugspraksis anført. Tab fra stald og lager er opgjort i forhold til gødningstype og stalddtype (Poulsen og Kristensen, 1997), mens tab i forbindelse med udbringning af husdyrgødning og tab ved gødningsafsætning under afgræsning er fra S. Sommer og J. Andersen (1998, pers. medd.). Ammoniakfordampning ved VMP II scenariet er antaget at blive reduceret med ca. 7.000 t N i forhold til fordampningen i 1996 ifølge Iversen et al. (1998). Opgørelserne må betragtes som foreløbige, idet der arbejdes på revidering af NH_3 -fordampningenprocenterne i forbindelse Ammoniakhandlingsplanen.

Det ses, at NH_3 -fordampningen i de økologiske scenarier med fastholdelse af nuværende husdyrproduktion er af samme størrelsesorden som ved nuværende landbrugspraksis (1995/96), og at NH_3 -fordampningen i de økologiske scenarier aftager i scenarierne med begrænset import og ingen import (dvs. med aftagende husdyrproduktion).

Tabel 3. Husdyrgødningsproduktion og NH_3 -fordampning i forbindelser hermed ved actual landbrugspraksis (1995/96 / VMP II) og i de 6 økologiske scenarier totalt for landet

	1995/96	VMP II	1000 t N					
			1	2	3	4	5	6
Husdyrgødningsproduktion								
Ab dyr, stald	238	212	143	179	206	161	202	209
Ab lager	201	-	125	152	171	139	169	174
Afgræsning	31	31	78	95	107	83	105	107
Ammoniakfordampning								
Fra stald og lager	37	-	18	27	35	22	33	35
Udbringning ¹⁾	15	-	10	12	14	11	13	14
Afgræsning ²⁾	2	-	6	7	8	6	7	8
I alt	54	47	34	46	56	39	54	56

1) tab ved udbringning: fast gødning og dybstrøelse 5,3%, ajle 8,4% og gylle 8,0% (foreløbig antagelse)

2) tab ved afgræsning 7%

Ud over ammoniakfordampning ved husdyrproduktion er der en fordampning i forbindelse med anvendelse af handelsgødning, halmludning og fra afgrøder. Disse poster vurderes for 1995/96 scenariet at udgøre henholdsvis 7.000, 4.000 og 11.000 t N, i alt 22.000 t N (Johnny Andersen, DMU, pers. medd. 1999). Det må antages, at ammoniakfordampningen fra afgrøderne i de økologiske scenarier er af sammen størrelsesorden, dvs. i alt ca. 11.000 t N, mens der ikke er nogen indsats og derfor heller ingen fordampning fra handelsgødning og urea til halmludning.

N-tab til jordpulje, denitrifikation, udvaskning og resttab

På baggrund af ovennævnte tabel kan beregnes hvor meget af N-nettotilførslen, der transporteres ned i jorden og medgår til denitrifikation, opbygning af jordpuljen og til udvaskning, samt til et resttab. En oversigt opgjort pr arealenhed landbrugsjord er vist i tabel 4.

I VMP II scenariet er N-tab til 'jordpulje, denitrifikation og udvaskning' samt 'rest' beregnet til 87 kg N ha⁻¹, mens det tilsvarende tab i de økologiske scenarierne varierer fra 38 - 44 kg N ha⁻¹ uden foderimport til 64-66 kg N ha⁻¹ ved opretholdelse af nuværende animalske produktion. Resultaterne indikerer, at der er mindre tabspotentiale ved de økologiske scenarier end ved VMP II scenariet. Da der imidlertid er meget stor usikkerhed, både ved fastsættelse af effekten af VMP II og ved fastsættelsen af kvælstoffiksering i de økologiske scenarier, vil det være meget usikkert at udtale sig om størrelsen heraf.

Afgræsning

I de økologiske scenarier er afgræsning langt mere udbredt end ved nuværende landbrugspraksis, 1995/96. Afsætning af gødning på mark ved afgræsning er 2,5 - 3,5 gange højere i de økologiske scenarier end i 1995/96 scenariet. Særlig opmærksomhed bør rettes mod søerne. I delrapport A1.4 angives, at en årssø har behov for 0,074 ha græsningsareal, at græsfoder produktionen på dette areal er 141 FE, samt at gødningsproduktionen er 38 kg N. Søerne er ude hele året. Hvis søerne kun får tildelt det angivne minimumsareal, vil det betyde at der afsættes 514 kg gødnings-N pr ha græsningsareal. Foderproduktionen ved afgræsning svarer til, at der fjernes 60 kg N ha⁻¹, dvs. der er en nettotilførsel på 454 kg N ha⁻¹. Dette regnestykke understreger behovet for en græsningsstrategi for søer, som medfører at disse får større areal til rådighed (ved samgræsning eller i kombination med slet).

Tabel 4. N-nettotilførsel, ammoniakfordampning og N-tab til 'jordpulje, denitrifikation og udvaskning' ved nuværende landbrugspraksis (1995/95 / VMP II) og i de 6 økologiske scenarier, opgjort pr arealenhed landbrugsjord.

	kg N ha ⁻¹							
	1995/96	VMP II	1	2	3	4	5	6
N-nettotilførsel	154	112	54	77	91	62	84	88
NH ₃ -tab (husdyrprod.)	20	17	12	17	21	14	20	20
NH ₃ -tab (andet)	8	8	4	4	4	4	4	4
N-tab til 'jordpulje, denitrifikat. og udvaskn.' + 'rest'	126	87	38	56	66	44	60	64

Husdyrproduktionens regionale fordeling

Det hydrologiske kredsløb er væsentlig forskellig fra de lerede områder i Østdanmark til de sandede jorde i Vestdanmark. Afstrømning og stoftransport i lerede områder sker for en stor del via overfladenære jordlag, hvorfor afstrømningsvandet hurtigt når ud til vandløbene. I de sandede områder sker afstrømningen fortrinsvis via grundvandet. Opholdstiden af afstrømningsvandet er således væsentlig længere, inden det når ud til vandløbene. Det betyder, at der er større mulighed for kvælstofreduktionsprocesser i sandede områder end i lerede områder.

Ved aktuel landbrugspraksis forekommer langt den største husdyrproduktion på de sandede jorde i Vestdanmark, og nettotilførslerne af N er langt større i disse egne end i Østdanmark (Grant *et al.*, 1998). Men som følge af strømningsforholdene i det hydrologiske kredsløb er vandløbene i Østdanmark mere belastede end i Vestdanmark. I de økologiske scenarier antages det, at der er husdyr på samtlige brug, hvorfor husdyrproduktionen må formodes at være mere jævnt fordelt i landet. Dette medfører, at nettotilførslen af N til landbrugsjorden mindskes betydeligt i Vestdanmark. Nedsivning til grundvandet vil mindskes herved, mens effekten i vandløb vil være af mindre betydning. Det kan ikke afvises, at nettotilførslen vil stige i Østdanmark, og at kvælstoftilførslen til vandløb og marint miljø derfor også vil stige.

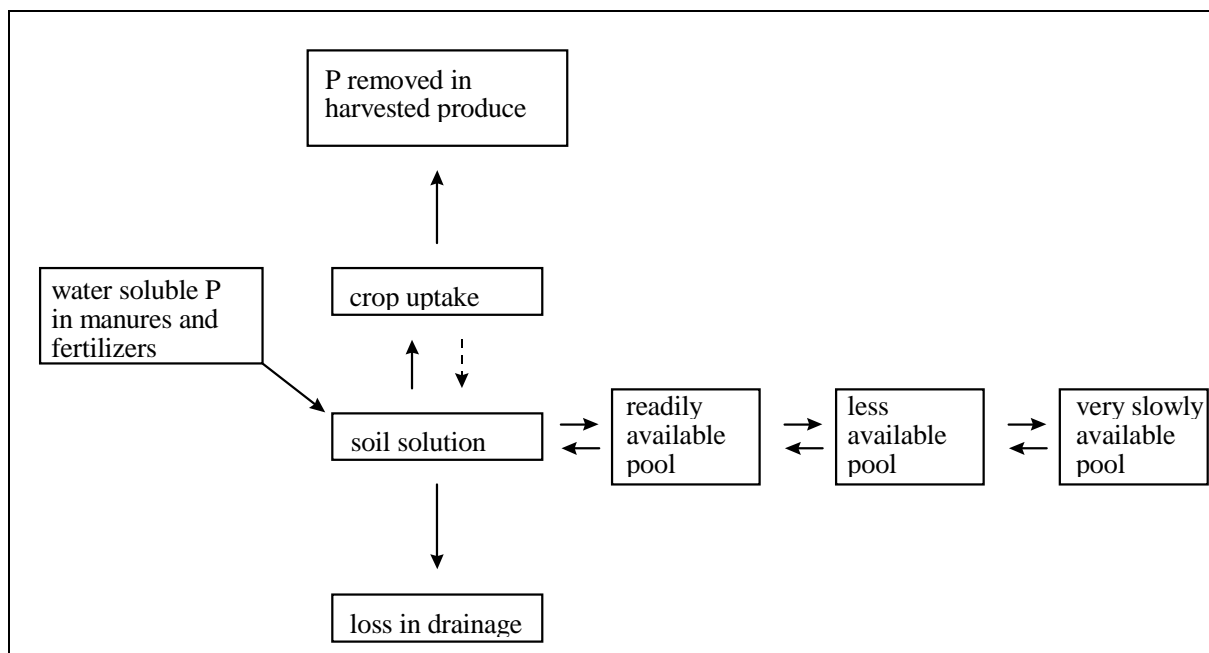
5.2 Fosfor

Tab af fosfor fra landbrugsdrift ved stald og lager må antages at være ubetydelig, idet der gennem lovgivningen er sat en stopper for gårdbidrag (NPO-handlingsplanen 1986). Tabet til omgivelserne sker derfor fortrinsvis via jorderosion og transport af fosfor ned gennem jordprofilen. Når miljøeffekter skal vurderes er det således jordens fosforindhold, der er af betydning, snarere end P tilførslen det enkelte år. Nedenfor gives en kort gennemgang.

Fosfor i jord

Fosforindholdet i rodzonen af de danske jorde ligger ofte på 3 - 5000 t P ha⁻¹, heraf er mindre end 0,01% på opløst form, mens resten forefindes på bunden form enten som organisk fosfor bundet til jorden organiske stoffer eller som tungtopløselige eller adsorberet fosfat.

Når fosfor tilføres jorden med handelsgødning eller husdyrgødning vil den opløselige del opløses i jordvæsken, reagere med jordens adsorptionskompleks og følgelig indgå i en ligevægtsproces med jordens mere tungtopløselige adsorptionsformer/udfældninger. Det vil sige tilført gødnings-fosfor immobiliseres. Fosfor i gødningernes organiske fraktion skal undergå en mineralisering før end dette indgår i ligevægtsprocesserne. Omvendt når afgrøderne optager fosfor fra jordvæsken, eller hvis fosfor udvaskes fra jordvæsken, sker der en reaktion fra tungtopløselige til lettere opløselige former, dvs. fosfor mobiliseres (figur 4). Afgrøderne optager normalt mindre end 10% af den gødning, der tilføres det enkelte år; den øvrige mængde forsynes fra jordpuljen.



Figur 4.. Simpel skitse af P kredsløbet i jord-plantesystemet (efter Johnston, 1998)

Mobilitet af fosfor i jord og tab til vandmiljøet

Danske jorde har sædvanligvis en stor kapacitet til at binde fosfor i tungtopløselige former, men ved fortsat nettotilførsel af fosfor, som har været praksis i landbruget igennem en lang årrække (Grant *et al.*, 1998), vil der ske en ophobning i jorden. Herved vil der forekomme en øget mætning af de tungtopløselige fraktioner, og ligevægtssystemet vist i figur 4 vil forskubbes mod lettere tilgængelige former. Fosforindholdet i jordvæsken og dermed fosfors mobilitet i jorden øges. Fosfors mobilitet afhænger også af gødningsformen og dyrkningen i øvrigt. Således fandt Johnston (1998) for engelske jorde, at fosfors mobilitet var større, når gødningen tilførtes som organisk gødning frem for handelsgødning, samt at fosfor blev transporteret dybere ned i jorden under permanent græs end ved omdrift. Dette antyder, at *mobiliteten af fosfor øges ved tilstedeværelse af frisk organisk materiale fra tilført naturgødning eller omsætning under permanent græs*. Effekten af organisk materiale kan være, at fosfor transporteres bundet i organiske kolloider og/eller at det organiske materiale medfører 'lav energi bindings-sites', hvorfra fosfor lettere mobiliseres.

Tab af fosfor til vandmiljøet udgør oftest kun en meget lille del af nettotilførslen af fosfor; den resterende del ophobes i jorden. I Vandmiljøplanens Overvågningsprogram er der fra landbrugsdominerede oplande målt transporter i vandløbene på gennemsnitlig $0,35 \text{ kg P ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$ for perioden 1989 - 95 (Windolf *et al.*, 1997). Dette skal ses i forhold til nettotilførslen i 1995/96 scenariet for landbrugspraksis på $13,8 \text{ kg P ha}^{-1}$. Ikke desto mindre er tabene til vandmiljøet så høje, at det kan give anledning til eutrofiering i en række lavvandede søer og fjorde.

Risiko for fosfortab i økologiske scenarier

Det fremgår af ovennævnte, at bindingsformen og mængden af letopløseligt fosfor i jord er afgørende for risikoen for tab til omgivelserne. Som tidligere nævnt har der i Danmark igennem flere årtier været overskudstilførsel af fosfor til jordene, dette har medført en langvarig ophobning af fosfor. Danske jordes har således et højt indhold af letopløseligt fosfor. Fosfortallet (Pt) er et udtryk for jordens evne til at stille P til rådighed for plantevækst. I 1997 havde 2 - 7% af jordene et Pt mindre end 2,0, mens mere end 50% havde Pt større end 4,0. For optimal planteproduktion anbefales Pt 2,0 - 3,5/4,0. Når jordenes fosforindhold stiger yderligere, formodentlig ved Pt omkring 6, vil risikoen for udvaskning af P stige drastisk (*Heckrath et al., 1995*). Ca. 15% af de danske jorde har Pt over 6,0.

Af miljømæssige hensyn vil det være ønskeligt med en lav Pt værdi. Af hensyn til landbrugsproduktion vil der imidlertid være behov for en Pt værdi på 2 - 4. På sigt bør det ved en bæredygtig landbrugsdrift tilstræbes, at der opnås en ligevægtssituation, dvs. at der er balance mellem tilført og fraført fosfor.

Ved aktuel landbrugsdrift med nedsatte P normer i foder indregnet er der i gennemsnit for landet en nettotilførsel på 12,6 kg P ha⁻¹; denne er dog meget ujævnt fordelt, med store nettotilførsler på husdyrbrugene og omtrent balance mellem tilført og fraført P på planteavlbrugene (*Grant et al., 1998*). Ophobning af P i jord og udvaskningsrisikoen er således større på husdyrbrugene end på planteavlbrugene.

I de økologiske scenarier med import af foder og foderfosfater (scenarie 2 - 4 og 5 - 6) forekommer også nettotilførsel af fosfor til landbruget (4,3 - 8,6 kg P ha⁻¹); overskuddet er dog noget lavere end ved 1995/96 scenariet med nedsatte P normer i foder. Da husdyrproduktionen i de økologiske scenarier antages at være jævnt fordelt over landet, vil overskuddet således også være mere jævnt fordelt end aktuel praksis. For de økologiske scenarier uden import af foder (scenarie 1 og 4) er der omtrent balance mellem tilført og fraført P*. Mindre nettotilførsel af P og mere jævn fordeling af denne i de økologiske scenarier vil i sig selv betinge en mindre ophobning af P i jorden og dermed en mindre udvaskningsrisiko. På den anden side kan der i de økologiske systemer være risiko for øget mobilitet af fosfor i jord på grund af større tilførsel af omsættelig organisk materiale i form af husdyrgødning, grøngødning, fangafgrøder, dyrkning af kløvergræs m.v. (jf. *Johnston, 1998*). Der foreligger ikke tilstrækkelig forskningsresultater til at give en kvantitativ beskrivelse af risikoen for P tab som følge heraf. Samlet set vil det således være usikkert at udtale om effekten af 100% omlægning til økologi med hensyn til risiko for P tab til vandmiljøet.

*(Det skal dog understreges, at en faglig gennemgang af P behovet i foder og dermed af behovet for import af foderfosfater, kan medføre mindre ændringer i de beregnede balancerne for de økologiske scenarier).

[Tom side]

6 Referencer

Alrøe H.F., Kristensen E.S. & Hansen B. (1998a): Danmarks samlede produktion og indsats af hjælpestoffer. Delrapport A1.1. I 'Scenarium om 100% økologisk jordbrug i Danmark'.

Alrøe H.F., Kristensen I.S., Mikkelsen G., Tersbøl M. & Jørgensen L.N. (1998b): Sædskiftemodeller - vurdering af udbytteændinger i landbrugsafgrøder. Delrapport A1.2. I 'Scenarium om 100% økologisk jordbrug i Danmark'.

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. - Faglig rapport fra DMU, nr. 252.

Hansen B. & Kristensen E.S. (1998): N-udvaskning og -balancer ved omlægning fra konventionelt til økologisk jordbrug. I 'Kvælstofudvaskning og -balancer i konventionelle og økologiske produktionssystemer' (red. Kristensen E.S & Olesen J.E.). Forskningscenter for Økologisk Jordbrug.

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.

Hermansen J.E. (1998): Samhørende værdier for foderforbrug og produktion i økologiske husdyrbrugssystemer. Delrapport 1.4. I 'Scenarium om 100% økologisk jordbrug i Danmark'.

Høgh-Jensen H., Loges R., Jensen E.S., Jørgensen F.V. & Vinter F.P., (1998): Empirisk model til kvantificering af symbiotisk kvælstoffiksering i bælgplanter. I 'Kvælstofudvaskning og -balancer i konventionelle og økologiske produktionssystemer' (red. Kristensen E.S & Olesen J.E.). Forskningscenter for Økologisk Jordbrug.

Iversen T.M., Grant R.G., 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.

Johnston A.E. (1998): Phosphorus: essential plant nutrient, possible pollutant. I 'Phosphorus balance and utilization in agriculture - towards sustainability'. *Kungl. Skogs- och Lantbruksakademiens tidskrift* 135 (7): 11-22.

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.

Windolf J., Svendsen L.M., Kronvang B., Skriver J., Ovesen N.B., Larsen S.E., Baattrup-Pedersen A., Iversen H.L., Erfurt J., Müller-Wohlfrei D. & Jensen J.P. (1997): Ferske Vandområder. Vandløb og kilder. Vandmiljøplanens Overvågningsprogram 1996. Faglig rapport fra DMU, nr. 214.

Bilag 1

Forudsætninger. Nuværende landbrugspraksis fra Danmarks Statistik, økologiske scenarier fra delrapport A1.1, A1.2 og A1.4.

Bilag 1.1

Arealfordeling (1000 ha)

Scenarie	1995/96	Øko-1	Øko-2	Øko-3	Øko-4	Øko-5	Øko-6
Korn							
<i>foder</i>		796	930	941	827	939	941
<i>udsæd</i>		70	62	59	58	52	52
<i>konsum</i>		217	217	217	189	189	189
i alt	1523	1083	1209	1217	1074	1180	1182
Foderroer	41	55	55	55	45	55	55
Sukker roer	70	45	45	45	45	45	45
Kartofler (+læggek.)	44	13	13	13	13	13	13
Frøafgrøder	106	106			97		
Bælgsæd	69	186	166	158	215	195	193
Kløvergræs*	357	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Majs	42						
græs u.f. omdrift	200	200	200	200	200	200	200
Grønt+frugt	24	23	23	23	23	23	23
Brak	216						
I alt	2692	2711	2711	2711	2712	2711	2711

* for konventionelt brug indeholder denne gruppe kl.græs, lucerne og helsæd for økologisk brug anvendes de 27.000 ha til udsæd

Bilag 1.2

Udbytte pr arealenhed (FE ha⁻¹)

Scenarie	1995/96	Øko-1	Øko-2	Øko-3	Øko-4	Øko-5	Øko-6
Korn	6290	2948	3309	3480	3604	3962	4004
Raps	3900	3920	3920	3920	3920	3920	3920
Foderroer (rod+top)**	13990	9700	9700	9700	9700	9700	9700
Kløvergræs	6100	5200	5200	5200	5700	5700	5700
Vedv. græs	3610	1800	1800	1800	1800	1800	1800

** for konventionelt brug 10.610 fe ha⁻¹ for rod og 1.380 fe ha⁻¹ for roetop

Bilag 1.3

Total udbytter

Scenarie	1995/96	Øko-1	Øko-2	Øko-3	Øko-4	Øko-5	Øko-6
	mio FE						
Korn (kerne)							
<i>foder</i>		2346	3076	3275	2980	3718	3769
<i>konsum</i>		758	758	758	758	758	758
<i>ialt</i>	9496	3104	3834	4033	3738	4476	4527
Bælgsæd	267	549	549	549	773	773	773
Raps	411	222	0	0	202	0	0
Foderroer (rod+top)	495	537	537	537	440	537	537
Kløvergræs	3071	5307	5165	5060	5717	5525	5495
Majs	309						
	1000 t						
Halm	3740	1339	1889	2291	1499	2132	2232
Sukker roer	3064	1850	1850	1850	1850	1850	1850
Kartofler	1441	297	297	297	297	297	297

Bilag 1.4

Import af foder (mio FE)

Scenarie	1995/96	Øko-1	Øko-2	Øko-3	Øko-4	Øko-5	Øko-6
<i>Soyaskrå</i>		0	318	443	0	412	443
<i>Ærter</i>		0	578	1020	0	686	796
<i>Rapskager</i>		0	247	363	0	166	196
<i>Korn</i>		0	1157	2331	0	1451	1741
i Alt, foder	4060	0	2300	4157	0	2715	3176
Kødbemmel m.v. til foder	96	93	196	271	131	252	271
Foderfosf. (mio kg P)	14,5 (12,2)*	4,8	8,1	10,6	6,0	10,1	10,7

* ved nedsatte P normer i foder til kvæg

Bilag 1.5

N-gødskning (1000 t) til økologisk drift

	kg N ha ⁻¹	Øko-1	Øko-2	Øko-3	Øko-4	Øko-5	Øko-6
Korn	62-109*	78,7	126,5	147,1	96,7	144,4	149,9
Raps	200	21,2			19,4		
Foderroer	200	11	11	11	9	11	11
Kløvergræs	0	3	3	3	3	3	3
Sukkerroer	130	5,9	5,9	5,9	5,9	5,9	5,9
Kartofler	140	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8
Grøntsager (11.000 ha)	170	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9
Frugt (12.000 ha)	100	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
I alt		124	152	171	138	169	174

* gødsningen er afpasset efter husdyrgødningsmængden:
scenarie 1-6 henholdsvis 60, 92, 107, 74, 105 og 109 kg N ha⁻¹

Bilag 1.6

Animalsk produktion (1000 t)

	1995/96	Øko-1	Øko-2	Øko-3	Øko-4	Øko-5	Øko-6
Kød							
kvæg, ialt	198	202	195	190	207	199	197
svin og fjerkræ*	1774	547	1255	1773	810	1645	1773
Mælk	4690	4650	4650	4650	4650	4650	4650
Æg	88	88	88	88	88	88	88

* i konventionelt brug udgør fjerkræ 182 mio. kg

Bilag 1.7

Husdyrhold (antal)

	1995/96	Øko-1	Øko-2	Øko-3	Øko-4	Øko-5	Øko-6
Malkekøer (1000)*	827	793	765	745	813	779	774
Søer (1000)	1038	347	796	1125	514	1044	1125
Høns (100 årshøner)	48583	52071	52071	52071	52071	52071	52071

* stor race+jersey+ammekøer; 1 årsopdræt + 1 antal årsstude = 1 årsko

*' slagtesvin i økologisk drift = antal søer*187

Bilag 2

N,P og K balancer på landsplan

Nuværende landbrugspraksis, 1995/96 og ved fuld efterlevelse af VMP II

	1996		VMP II	Forbedret P fodring
	N 1000 t	P 1000 t	N 1000 t	P 1000 t
Tilførsel				
Handelsgødning	285	20,5	176,9	20,5
Fra atmosfæren	57	0,27	57	0,27
N-fiksering	30,4	0	30,4	0
Indkøbt foder+returprod.	204,9	42,9	178,7	39,6
Slam, m.v.	9,1	5,7	9,1	5,7
<i>I alt</i>	586,4	69,4	452,1	66,1
Fraførsel (salg)				
Korn	43,9	8,8	22,8	8,8
Frø til udsæd	1,9	0,25	1,9	0,25
Industrifrø	-4,6	-1,18	-4,6	-1,18
Sukkerroer og kartofler	9,7	1,46	9,7	1,46
Andre vegetabiliske prod.	10,3	1,1	10,3	1,1
Frilandsgrøntsager	1,6	0,23	1,6	0,23
<i>I alt</i>	62,8	10,66	41,7	10,66
Æg	1,4	0,17	1,4	0,17
Mælk	25	4,47	25	4,47
Kød	73,5	15,45	73,5	15,45
Eksport af levende dyr	0,3	0,04	0,3	0,04
Dyr til destruktion	5,2	1,09	5,2	1,09
Besætningsforskydning	0	-0,06	0	-0,06
<i>I alt</i>	105	21,2	105	21,2
Balance, total				
Tilførsel i alt	586	69,4	452	66,1
Fraførsel i alt	168	31,8	147	31,8
Balance, i alt	418	37,6	305	34,3
Balance, kg pr. ha				
Landbrugsareal, 1000 ha	2714	2714	2714	2714
Balance, kg pr. ha	154	13,8	112	12,6

Økologisk scenarie 1

	N 1000 t	P 1000 t	K 1000 t
Tilførsel			
Handelsgødning	0	0	0
Fra atmosfæren	57	0,27	8,2
N-fiksering	158,7	0	0
Indkøbt foder+returprod.	6,4	12,4	4,1
Slam, m.v.			
<i>I alt</i>	222,1	12,7	12,3
Fraførsel (salg)			
Korn	12,3	2,4	3,2
Frø til udsæd			
Industrifrø			
Sukkerroer og kartofler	5,0	2,2	5,6
Andre vegetab. prod.			
Frilandsgrøntsager	1,6	0,2	1,1
<i>I alt</i>	18,9	4,9	9,9
Æg	1,6	0,2	0,1
Mælk	25,4	4,7	9,3
Kød	30,5	6,9	2,6
Eksport af levende dyr			
Dyr til destruktion			
Besætningsforskydning			
<i>I alt</i>	57,5	11,8	12,0
Balance, total			
Tilførsel i alt	222,1	12,7	12,3
Fraførsel i alt	76,4	16,6	22,0
Balance, i alt	145,8	-4,0	-9,7
Balance, kg pr. ha			
Landbr.areal, 1000 ha	2712,0	2712,0	2712,0
Balance, kg pr. ha	53,7	-1,5	-3,6

Økologisk scenarie 2

	N 1000 t	P 1000 t	K 1000 t
Tilførsel			
Handelsgødning	0	0	0
Fra atmosfæren	57	0,27	8,2
N-fiksering	158,7	0	0
Indkøbt foder+returprod.	94,0	32,8	24,1
Slam, m.v.			
<i>I alt</i>	309,7	33,1	32,3
Fraførsel (salg)			
Korn	12,3	2,4	3,2
Frø til udsæd			
Industrifrø			
Sukkerroer og kartofler	5,0	2,2	5,6
Andre vegetab. prod.			
Frilandsgrøntsager	1,6	0,2	1,1
<i>I alt</i>	18,9	4,9	9,9
Æg	1,6	0,2	0,1
Mælk	25,4	4,7	9,3
Kød	54,5	11,8	4,8
Eksport af levende dyr			
Dyr til destruktion			
Besætningsforskydning			
<i>I alt</i>	81,5	16,6	14,2
Balance			
Tilførsel i alt	309,7	33,1	32,3
Fraførsel i alt	100,4	21,5	24,1
Balance, i alt	209,3	11,5	8,1
Total balance			
Landbr.areal, 1000 ha	2712,0	2712,0	2712,0
Balance, kg pr. ha	77,2	4,3	3,0

Økologisk scenarie 3

	N 1000 t	P 1000 t	K 1000 t
Tilførsel			
Handelsgødning	0	0	0
Fra atmosfæren	57	0,27	8,2
N-fiksering	158,7	0	0
Indkøbt foder+returprod.	148,0	47,9	37,4
Slam, m.v.			
<i>I alt</i>	363,7	48,2	45,6
Fraførsel (salg)			
Korn	12,3	2,4	3,2
Frø til udsæd			
Industrifrø			
Sukkerroer og kartofler	4,9	2,1	5,5
Andre vegetab. prod.			
Frilandsgrøntsager	1,6	0,2	1,1
<i>I alt</i>	18,8	4,7	9,8
Æg	1,6	0,2	0,1
Mælk	25,4	4,7	9,3
Kød	72,6	15,5	6,5
Eksport af levende dyr			
Dyr til destruktion			
Besætningsforskydning			
<i>I alt</i>	99,6	20,3	15,9
Balance, total			
Tilførsel i alt	363,7	48,2	45,6
Fraførsel i alt	118,4	25,0	25,6
Balance, i alt	245,3	23,2	19,9
Balance			
Landbr. areal, 1000 ha	2712,0	2712,0	2712,0
Balance, kg pr. ha	90,5	8,6	7,4

Økologisk scenarie 4

	N 1000 t	P 1000 t	K 1000 t
Tilførsel			
Handelsgødning	0	0	0
Fra atmosfæren	57	0,27	8,2
N-fiksering	177,3	0	0
Indkøbt foder+returprod.	18,2	15,9	4,8
Slam, m.v.			
<i>I alt</i>	252,5	16,2	13,0
Fraførsel (salg)			
Korn	12,3	2,4	3,2
Frø til udsæd			
Industrifrø			
Sukkerroer og kartofler	5,0	2,2	5,6
Andre vegetab. prod.			
Frilandsgrøntsager	1,6	0,2	1,1
<i>I alt</i>	18,9	4,9	9,9
Æg	1,6	0,2	0,1
Mælk	25,4	4,7	9,3
Kød	39,4	8,8	3,4
Eksport af levende dyr			
Dyr til destruktion			
Besætningsforskydning			
<i>I alt</i>	66,4	13,6	12,8
Balance, total			
Tilførsel i alt	252,5	16,2	13,0
Fraførsel i alt	85,3	18,5	22,8
Balance, i alt	167,2	-2,3	-9,8
Balance, kg pr. ha			
Landbr. areal, 1000 ha	2712,0	2712,0	2712,0
Balance, kg pr. ha	61,7	-0,8	-3,6

Økologisk scenarie 5

	N 1000 t	P 1000 t	K 1000 t
Tilførsel			
Handelsgødning	0	0	0
Fra atmosfæren	57	0,27	8,2
N-fiksering	177,3	0	0
Indkøbt foder+returprod.	108,8	39,6	27,3
Slam, m.v.			
<i>I alt</i>	343,1	39,8	35,5
Fraførsel (salg)			
Korn	12,3	2,4	3,2
Frø til udsæd			
Industrifrø			
Sukkerroer og kartofler	4,9	2,1	5,5
Andre vegetab. prod.			
Frilandsgrøntsager	1,6	0,2	1,1
<i>I alt</i>	18,8	4,7	9,8
Æg	1,6	0,2	0,1
Mælk	25,4	4,7	9,3
Kød	68,5	14,7	6,1
Eksport af levende dyr			
Dyr til destruktion			
Besætningsforskydning			
<i>I alt</i>	95,5	19,5	15,5
Balance, total			
Tilførsel i alt	343,1	39,8	35,5
Fraførsel i alt	114,3	24,2	25,3
Balance, i alt	228,8	15,6	10,2
Balance, kg pr. ha			
Landbr.areal, 1000 ha	2712,0	2712,0	2712,0
Balance, kg pr. ha	84,4	5,8	3,8

Økologisk scenarie 6

	N 1000 t	P 1000 t	K 1000 t
Tilførsel			
Handelsgødning	0	0	0
Fra atmosfæren	57	0,27	8,2
N-fiksering	177,3	0	0
Indkøbt foder+returprod.	122,3	43,3	30,6
Slam, m.v.			
<i>I alt</i>	356,6	43,6	38,8
Fraførsel (salg)			
Korn	12,3	2,4	3,2
Frø til udsæd			
Industrifrø			
Sukkerroer og kartofler	4,9	2,1	5,5
Andre vegetab. prod.			
Frilandsgrøntsager	1,6	0,2	1,1
<i>I alt</i>	18,8	4,7	9,8
Æg	1,6	0,2	0,1
Mælk	25,4	4,7	9,3
Kød	73,0	15,6	6,5
Eksport af levende dyr			
Dyr til destruktion			
Besætningsforskydning			
<i>I alt</i>	99,9	20,4	15,9
Balance, total			
Tilførsel i alt	356,6	43,6	38,8
Fraførsel i alt	118,7	25,1	25,7
Balance, i alt	237,9	18,5	13,1
Balance, kg pr. ha			
Landbr. areal, 1000 ha	2712,0	2712,0	2712,0
Balance, kg pr. ha	87,7	6,8	4,8

[Tom side]

Danmarks Miljøundersøgelser

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

Henvendelser kan rettes til:

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

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

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

Danmarks Miljøundersøgelser
Vejlsovej 25
Postboks 314
8600 Silkeborg
Tlf.: 89 20 14 00
Fax: 89 20 14 14

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

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

*Afd. for Landskabsøkologi
Afd. for Kystzoneøkologi*

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

Afd. for Arktisk Miljø

Publikationer:

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

I årsberetningen findes en oversigt over det pågældende års publikationer.