



Analyse af kvælstofoverskud og -effektivitet på økologiske og konventionelle kvægbrug

*Analysis of Nitrogen Surplus and
Efficiency on Organic and
Conventional Dairy Farms*



Erik Steen Kristensen og
Ib Sillebak Kristensen

STATENS HUSDYRBRUGSFORSØG

Foulum, Postboks 39, 8830 Tjele. Telf.: 86 65 25 00. Fax: 86 65 24 97

Statens Husdyrbrugsforsøg, oprettet 1883, er en institution under Landbrugsministeriet.

Statens Husdyrbrugsforsøg har til formål at gennemføre forskning og forsøg og opbygge viden af betydning for erhvervsmæssig husdyrbrug i Danmark og bidrage til en hurtig og sikker formidling af resultater til brugerne.

Der skal i forsknings- og forsøgsarbejdet lægges vægt på ressourceudnyttelse, miljø og dyrevelfærd samt husdyrprodukternes kvalitet og konkurrenceevne.

Abonnement på Statens Husdyrbrugsforsøgs Beretninger og Meddelelser kan tegnes ved direkte henvendelse til Statens Husdyrbrugsforsøg på ovenstående adresse.

Der er følgende afdelinger:

Dyrefysiologi og Biokemi

Forsøg med Kvæg og Får

Forsøg med Svin og Heste

Administration

Forsøg med Fjerkræ og Kaniner

Forsøg med Pelsdyr

Centrallaboratorium

Landbrugsdrift

NATIONAL INSTITUTE OF ANIMAL SCIENCE

Foulum, P.O. Box 39, DK-8830 Tjele

Tel: +45 86 65 25 00. Fax: 86 65 24 97

The National Institute of Animal Science was founded in 1883 and is a governmental research institute under the Ministry of Agriculture.

The aim of the institute is to carry out research and accumulate knowledge of importance to Danish animal husbandry and contribute to an efficient implementation of the results to the producers.

The research work puts emphasis on utilization of resources, environment and animal welfare and on the quality and competitiveness of the agricultural products.

For subscription to reports and other publications please apply direct to the above address.

The institute consists of the below departments:

Animal Physiology and Biochemistry

Research in Cattle and Sheep

Research in Pigs and Horses

Administration

Research in Poultry and Rabbits

Research in Fur Animals

Central Laboratory

Farm Management & Services

710 Beretning fra Statens Husdyrbrugsforsøg

Report from the National Institute of Animal Science, Denmark

Erik Steen Kristensen og Ib Sillebak Kristensen

Analyse af kvælstofoverskud og -effektivitet på økologiske og konventionelle kvægbrug

*Analysis of Nitrogen Surplus and
-Efficiency on Organic and
Conventional Dairy Farms*

With English abstract

Manuskriptet afleveret maj 1992

Trykt i Frederiksberg Bogtrykkeri a/s 1992

FORORD

Nærværende beretning omhandler resultater vedrørende overskud af kvælstof på 30 udvalgte kvæggårde, idet overskuddet er defineret som forskellen mellem indsats og udbytte af kvælstof. Under antagelse af at kvælstofoverskuddet udviser en sammenhæng til tabet af kvælstof i omgivelserne, er det et udtryk for kvægbedriftens miljøbelastning.

Til forskel fra de fleste øvrige publikationer fra Statens Husdyrbrugsforsøg bygger resultatet på en analyse af ikke-eksperimentelle data. Disse data er registreret og indsamlet på 30 prøvekvæggårde af økologiske og konventionelle kvæggårde under aktiviteten "Helårsforsøg med kvæg".

Materialet, der danner grundlag for undersøgelsen, er data for perioden 1/5 1989 til 30/4 1990. Dataene stammer dels fra forskningsprogrammet "Reducerede omkostninger i Jordbruget", dels fra forskningsprojektet "Økologiske Jordbrugssystemer", der gennemføres med økonomisk støtte fra Jordbrugsdirektoratet. Hovedresultaterne herfra er publiceret i 681. og 699. Beretning fra Statens Husdyrbrugsforsøg.

Forsøgsværterne har velvilligt ladet deres landbrug indgå i en gennemgribende registrering, har således givet fundamentet for analysen. Til alle forsøgsværter, som er nævnt på efterfølgende side rettes en varm tak for dette værdifulde samarbejde.

Dataregistreringen er foretaget af forsøgsteknikerne Marianne Kreutzmann, Niels H. Thomsen, Henning Bjerre, Kjartan Poulsen, Kaj Lund Sørensen, Orla Nielsen, Helge Yde og Gunnar Grønning. Dataadministrationen er foretaget af Jytte Kristensen og Orla Nielsen under ledelse af Troels Kristensen. Manuskriptet er renskrevet af Birrit Stensgaard, Grethe Hansen og Lone Bech.

Afdelingen retter en tak til alle, der har bidraget til denne publikations tilblivelse.

øgsværter, adresse (Driftsform: Ø = økologisk, K = konventionel).

s K. Andersen, Agervigvej 44, Agervig, 6800 Varde (K)
d Andersen, Krogsagervej 1, Assentoft, 8900 Randers (Ø)
mus K. Andersen, Kirkeløkke 8, Haundrup, 5750 Ringe (Ø)
r Andersen, Haurholmvej 380, Høgsted, 9760 Vrå (K)
er og Svend Andersen, Oddenvej 165, 4583 Sjællands Odde (Ø)
d Andreasen, Kalsmosevej 11, Yding, 8752 Østbirk (K)
r Erik Birkbak, Taffelgårdsvej 280, 9380 Vestbjerg (K)
s Erik Eriksen, Uldstrikkervej 3, 4583 Sjællands Odde (Ø)
lf Handrup, Møllevejen 53, 9690 Fjerritslev (Ø)
ger G. Hansen, Pengehøj 1, Pårup, 7441 Bording (K)
nnes W. Jakobsen, Hestkærvej 13, Finderup, 6900 Skjern (K)
t Juel, Vælding Bjergvej 21, 6650 Brørup (K)
r Kappel, Oddevej 150, Klim, 9690 Fjerritslev (K)
ik Kloppenborg, Havmarksvej 2, Harreby, 6510 Gram (Ø)
Krabbe, Sindrupvej 15, 7760 Hurup Thy (K)
ther Lorenzen, Nybjergvej 2, Jejsing, 6270 Tønder (Ø)
hardt Lyngs, Oddevej 2, Lyngs, 7790 Hvidbjerg (K)
e Moesgaard, Mosegårdsvej 1, 7323 Give (K)
. Moltesen, Skovgårdsvej 14, Tustrup, 8961 Allingåbro (Ø)
r Mortensen, Skærlund Skolevej 23, 7330 Brande (K)
n Sandby Nielsen og Aksel Simonsen, Nebblevej 15, 4720 Præstø (Ø)
Steffen og Erland Olsen, Hallenslevvej 22, 4281 Gørlev (Ø)
r Norsgård Pedersen, Rybjergvej 65, 7870 Roslev (Ø)
l Romme, Hedegårdvej 10, 9240 Nibe (Ø)
nd Otto Søgård, Skivevej 15, Tastum, 7850 Stoholm (K)
er Sønderby, Bredkjærvej 5, Skibbild, 7480 Vildbjerg (K)
d Sørensen, Knorborgvej 4, Sdr. Hygum, 6630 Rødding (K)
Sørensen, Kalvsømadevej 74, Gylling, 8300 Odder (Ø)
Toftdahl og Jørgen Kjeldsen, Iruplundvej 12, 7755 Bedsted (Ø)
Østergaard, Åsholmvej 145, Lørslev, 9800 Hjørring (K)

INDHOLDSFORTEGNELSE

SAMMENDRAG	
ABSTRACT	
1. INDLEDNING	
2. MATERIALER OG METODER	
2.1 Forsøgsgårde	
2.2 Principper for registreringernes gennemførelse	
2.3 Beregninger og præsentation af resultater	
2.3.1 Omsætningen på gårdniveau	
2.3.2 Omsætningen af kvælstof i besætningen og i de enkelte afgrøder	
2.4 Statistiske analyser	
3. KVÆLSTOFFIKSERINGEN I BÆLGPLANTER	
3.1 Fikseringen i kløvergræs	
3.1.1 Udenlandske undersøgelser	
3.1.2 Danske undersøgelser	
3.1.3 Fastlæggelse af fikseringen i kløvergræs.	
3.2 Fiksering i lucerne	
3.3 Fiksering i frøbælgplanter	
3.4 Fikseringen på helårsforsøgsbrugene	
4. RESULTATER	
4.1 Kvælstofomsætningen på gårdniveau	
4.2 Omsætningen af kvælstof i besætning og afgrøder	
4.2.1 Konventionelle gårde	
4.2.2 Økologiske gårde	
5. DISKUSSION	
5.1 Konventionelle gårde	
5.2 Økologiske gårde	
5.3 Økologiske gårde i forhold til konventionelle	
5.4 N-overskud som mål for kvælstofudledningen	
6. LITTERATURLISTE	

SAMMENDRAG

af kvælstof (N) fra et husdyrbrug kan ikke relateres direkte til et enkelt aktivitetsområde på gården. En stor del af tabet er knyttet til husdyrgødningen og vedrører derfor både husdyret og afgrødeproduktionen. I bestræbelserne på at forstå samspillet mellem driftsledelse, husdyrbrug og afgrødeproduktion er det derfor helt centralt, at der tages udgangspunkt i gården som en helhed.

Den nærværende beretning er gårdens potentielle kvælstoftab (N-overskud) defineret som forskellen mellem den samlede mængde indsatte N og udbyttet i N. Indsat N består af indkøbte foderer, strøelse, husdyrgødning, udsæd og mineralsk gødning samt atmosfærisk nedfald og N-overskud afledt via bælplanter. Udbyttet består af animalske produkter (mælk og kød) og salgsafgrøder. På husdyrbrug er der typisk en nettoimport af kvælstof i form af foder og afgrøder, fordi husdyrholdet ofte konsumerer mere foderprotein end gårdens jordtilliggende kan producere. I forlængelse heraf er N-effektiviteten på gårdniveau defineret som nettosalget af animalsk kvælstof divideret med nettoimporten af N i form af foder og afgrøder samt de indførte indsatsskudstoffer.

Formålet med nærværende beretning er at beskrive og analysere N-overskud og N-effektivitet på 14 økologiske og 16 konventionelle kvægbrug. N-overskud og N-effektivitet er på disse gårde beregnet for 2 driftsår på grundlag af detaljerede registreringer under aktiviteten "Helårsdrift med kvæg".

Indsatsen i form af N fikseret via bælplanter er, ud fra andre undersøgelser, beregnet til 42 kg N pr. ton høstet kerner i frøbælplanter; 25 kg N pr. ton tørstof i høstet bælghelsæd; 20% over N-nettoudbyttet i lucerne; 18, 78, 156 og 248 kg N/ha i kløvergræs ved henholdsvis 10%, 10-29%, 30-49% og over 49% kløver. Det atmosfæriske N-nedfald er sat til 21 kg N/ha. Den samlede N-tilførsel til hele gården fra atmosfæren blev fundet til at variere fra 21 til 177 kg N/ha/år mellem de 30 gårde. Niveauet var ca. dobbelt så stort ved økologisk drift (108 kg N/ha) som ved konventionel drift (50 kg/ha).

N-overskud blev på de konventionelle gårde beregnet til at variere fra 156-387 kg N/ha/år (i gennemsnit 240 kg) og på de økologiske gårde fra 88-158 kg N/ha/år (gns. 124 kg). N-effektiviteten blev på de konventionelle gårde 13-20% (gns. 16,4) og 14-30% (gns. 20,7) på de økologiske gårde.

Den statistiske analyse viste, at jordtypen (sand- eller lerblandet) ikke havde signifikant tydning ($P > 0,2$). Derimod var N-overskud signifikant ($P < 0,0001$) positivt påvirket af belægningsgraden (antal dyreenheder (DE) pr. ha) ved konventionel drift i intervallet 1,08 - 2 DE/ha (i gennemsnit 1,50 DE). På de økologiske brug var spredningen i belægningsgrad mindre (0,8 - 1,5 DE/ha i gennemsnit 1,06), og der var tilsyneladende ingen sammenhang mellem N-overskuddet og belægningsgraden.

Korrigeret til samme belægningsgrad (1,28 DE/ha) var N-overskuddet 217 ± 9 kg/ha/år og effektiviteten $16,2 \pm 0,7\%$ på de konventionelle helårsforsøgsbrug. På de økologiske helårsforsøgsbrug var N-overskud 132 ± 13 kg N/ha/år og N-effektiviteten $23,5 \pm 0,9\%$. Disse skelle på henholdsvis 85 kg N/ha/år og 7,3 %-enheder var signifikant forskellige ($P < 0,001$). En nærmere analyse af den statistiske tests følsomhed over for forudsætningerne med henblik på N-fikseringen viste, at selv om N-fikseringen antages at være 50% større end beregnet, forskellen mellem de to driftsformer fortsat signifikant ($P < 0,01$).

Omsætningen af N i besætningen og i de enkelte afgrøder blev detaljeret gennemgået på 4 konventionelle og 6 økologiske brug, hvor den væsentligste forskel inden for driftsformer var belægningsgraden. Heraf kunne det udledes, at i de økologisk dyrkede afgrøder var gødskningsniveauet lavere og N-udnyttelsen højere end i de konventionelt dyrkede afgrøder, hvilket var den væsentligste forklaring på, at N-overskud var mindre og N-effektiviteten større på de økologiske end på de konventionelle helårsforsøgsbrug.

Abstract: Kristensen, E. Steen & Kristensen, I. Sillebak, 1992. Analysis of Nitrogen surplus-efficiency on organic and conventional dairy farms. Report 710. National Institute of Agricultural Science, Foulum, 8830 Tjele, Denmark.

Loss of Nitrogen (N) from a livestock farm can not be related to a single activity on the farm. N-loss is mainly related to the animal manure and involves both animal production and crop production. In order to get a better understanding of the interaction between management of crop production and N-loss, it is important to consider the farm as a unit.

Potential N-loss (N-surplus) from a livestock farm can be defined as the difference between N-input and N-output. N-input is purchased feed, straw, animal manure, seed, mineral fertilizer, and N-input from the atmosphere (fallout + N-fixation). At a livestock farm the amount of N in crops (feed, straw, and seed) typically exceeds the crop production from the farm. The N-efficiency then can be defined as the production of animal products divided by the net import in crops, manure, and fertilizer. N-surplus and N-efficiency were calculated annually over 2 years in 14 organic and 16 conventional dairy farms. N-atmosphere was estimated on the basis of amount and species of legumes.

N-surplus was at the conventional farms from 156-387 kg N/ha/year (mean 240) and on the organic farms 88-158 kg N/ha/year (mean 124). N-efficiency was at the conventional farms 10-20% (mean 16.4) and 14-30% (mean 20.7) at the organic farms. The statistical analysis (multiple linear regression) showed that the soil type had no significant effect ($P > 0.2$). N-surplus was significant ($P < 0.0001$) positively affected by the stocking rate at conventional farming, but not at organic farming. Corrected for the same stocking rate (mean ≈ 1 cow + 0.5 permanent heifers per ha) N-surplus was 217 ± 9 kg/ha/year and N-efficiency was $16.2 \pm 0.9\%$ on the conventional farms. On the organic farms N-surplus was 132 ± 13 kg N/ha/year and N-efficiency was $23.5 \pm 0.9\%$. The differences of 85 kg/ha/year and 7.3% units were highly significant ($P < 0.0004$).

Turnover in the herd and in the individual crops was detailed analyzed on 10 farms. This analysis showed that in the organic grown crops the N-input was lower and N-utilization was higher than in the conventional grown crops, which was the main explanation why N-surplus was lower and N-efficiency higher at the organic farms compared to the conventional dairy farms.

1. INDLEDNING

Udledning af kvælstof fra de enkelte landbrug til det omgivende miljø har gennem de seneste år været genstand for megen opmærksomhed. Dette skyldes, at udledningen betragtes som en af de alvorligste danske miljøproblemer. Miljøstyrelsen (1990) har beregnet, at det samlede kvælstoftab i 1988/89 var 380.000 ton - svarende til 137 kg pr. ha landbrugsjord.

De forskellige tabsprocesser kan inddeles i nitratudvaskning, gårdbidrag, ammoniakfordampning og denitrifikation. Nitratudvaskningen og gårdbidraget, som udgør ca. 2/3 af tabet (Miljøstyrelsen, 1990), har hidtil været genstand for størst opmærksomhed. Dette skyldes først og fremmest, at miljøvirkningen her er mere lokal, idet ammoniakfordampningen og denitrifikationen kan have en negativ miljøvirkning, dog typisk noget længere væk fra udledningsstedet (Hansen, 1991a).

Der er næppe tvivl om, at der er meget stor variation i tabets størrelse og sammensætning mellem forskellige klimatiske betingelser, jordtyper og driftssystemer. Risikoen for kvælstoftab fra landbrug med husdyr er større end fra planteavlbrug uden tilførsel af husdyrgødning, dels fordi ammoniaktabet især er knyttet til husdyrgødningen (Sommer, 1989), dels fordi koncentrationen af mineralisk kvælstof i jorden tilsyneladende er størst på arealer gødet med husdyrgødning (Pedersen & Østergaard, 1990). Art, mængde, vejrforhold og henliggetid af husdyrgødningen på marken er afgørende for ammoniakfordampningen (Sommer, 1989 og Sommer & Christensen, 1989). Art, mængde, sædskefte og tidspunkt for udbringning af husdyrgødning er afgørende for nitratudvaskningen (Hansen, 1991b; Østergaard & Mamsen, 1990; Kjellerup, 1989). Risikoen for nitratudvaskning er generelt mindre på bevokset jord i forhold til sort jord (Pedersen & Østergaard, 1990). Specielt i etablerede græsarealer er risikoen for nitratudvaskning (Hansen, 1991b og Østergaard & Mamsen, 1990).

Som følge af at landbrugets tab af kvælstof påvirkes af mange forskellige faktorer i et driftssystem, kan det være meget vanskeligt at kvantificere tabet i de forskellige driftssystemer. I driftssystemer med husdyrgødning og et alsidigt sædskefte, hvor bælgeplanter, roer og græs indgår og hvor der samtidig anvendes afgræsning, kan det især være vanskeligt at kvantificere N-tabet, fordi flere faktorer varieres samtidig. F.eks. antallet af dyr (mængden af husdyrgødning), andelen af græs og roer i kombination med forskellig mængde indkøbt mineralgødning og foder. Disse driftssystemer - som udgør ca. 1/3 af de danske bedrifter - er domineret af malkekvægsbrug.

ragtes gården som en enhed, er det imidlertid forholdsvis enkelt at beregne et udtryk for potentielle tab på gårdniveau (N-overskud). N-overskud kan defineres som forskellen mellem den samlede mængde indsatte kvælstof og udbyttet i kvælstof. Denne størrelse kan beregnes ud fra et kendskab til mængde og N-indhold i indsats og udbytte på gården. På husdyrbrug er der typisk en nettoimport af kvælstof i form af foder og afgrøder, fordi husdyrslættet oftest konsumerer mere foderprotein, end gårdens jordareal kan producere. I forlængelse heraf kan gårdens udnyttelse af kvælstof til animalsk produktion (N-effektiviteten) defineres som nettoomsætning af animalsk kvælstof divideret med nettoimporten af kvælstof i form af foder og afgrøder samt andre hjælpestoffer.

I forbindelse med Helårsforsøg med kvæg under Statens Husdyrbrugsforsøg er der siden 1988 foretaget systematiske registreringer af indsats, udbytte og omsætning af kvælstof i 30 malkekvægsbrug. I ca. halvdelen af disse gårde gennemføres produktionen som økologisk godkendt drift.

Økologisk drift udgør et undersystem af den før nævnte kategori af driftssystemer baseret på husdyrgødning og et alsidigt sædskifte. Ved økologisk drift anvendes ikke kemisk fremstillede næringsstoffer og mineralisk gødning. Der er endvidere restriktioner på både mængden af indkøbt organisk kvælstof og mængden af foder (Anonym, 1987 og Anonym, 1991a). Begge dele kan forventes at påvirke såvel indsats som udbytte og overskud af kvælstof.

De 30 malkekvægsbrug, som er beliggende over hele landet, repræsenterer en stor spredning i håndteringen og omsætningen af kvælstof, hvilket gør det muligt at foretage en nærmere statistisk analyse af eventuelle sammenhænge.

Formålet med nærværende beretning er at beskrive kvælstofoverskud og -effektivitet på ovennævnte kvægsbrug og om muligt at forklare eventuelle forskelle ud fra driftsformen og omsætningen af kvælstof på gården. I forbindelse hermed er der udarbejdet en model til bestemmelse af kvælstoffikseringen i bælglplanteafgrøderne. Desuden gennemgås og eksemplificeres modellen til beskrivelse af kvælstofomsætningen i besætningen og afgrøderne.

2. MATERIALER OG METODER

2.1 Forsøgsgårde

De registrerede data stammer udelukkende fra kredsen af malkekvægsbrug tilsluttet "Helårsforsøg med kvæg". Opgørelsesperioden omfatter perioden fra 1/5 1989 til 30/4 1991, dvs. driftsår. Som følge af bl.a. forskelligt tidspunkt for påbegyndelse af de nødvendige registreringer indgår nogle gårde dog kun med 1 driftsår. Adresserne på de kvægbrug, som indgår i analysen, er vist på side 3.

Nogle væsentlige karakteristika for henholdsvis de konventionelle og de økologiske gårde er vist i tabel 1. Det ses, at der inden for de to hovedgrupper er forskellig fordeling på jordbrugstypen, stald- og kvægtype. Fordelingen på henholdsvis sandblandet eller lerblandet jord afspejles ud fra den dominerende jordtype (JB-nr.) på gården. Sandblandet: JB-nr. 1 og 2. Lerblandet: JB-nr. 5, 6 og 7. Kvægbrug med overvejende JB-nr. 3, 4 og/eller 11 er klassificeret som enten sandblandet eller lerblandet ud fra den dominerende jordart (ler eller sand) i 1 m dybde. Den dominerende jordart i 1 m dybde er fastsat ud fra JORDKLASSIFICERING DANMARK (Anonym, 1977).

Antal årskøer er i gennemsnit næsten ens, men som følge af at de økologiske gårde har en større jordtilliggende, større andel af Jersey og stort set ingen produktion af fedekalve er antallet af køer pr. ha (belægningsgraden) 40% større på de konventionelle end på de økologiske gårde. Arealandelen af vedvarende græs og sædskiftekløvergræs er i gennemsnit ens for de to driftssystemer. Arealandelen med lucerne er 9% ved økologisk drift mod 0 ved konventionel drift. Til gengæld er arealet med roer og helsæd, som langt overvejende består af vårsæd med kløvergræsudlæg, dobbelt så stort ved konventionel som ved økologisk drift. Ved begge driftssystemer dyrkes der udlæg eller anden efterafgrøde efter korn til modenhed i yderligere ca. 10% af arealet. Vintersæd, fortrinsvis hvede, udgør også ca. 10% af arealet ved begge driftssystemer. Den samlede arealandel af afgrøder med lang vækstsæson bliver således 80 - 85% ved begge driftsformer.

En nærmere beskrivelse af de enkelte gårdes produktionssystem og udbyttelniveau i de enkelte driftsår fremgår af Helårsforsøgenes årsberetninger nr. 681 og 699 (Hermansen & Kristensen, 1990; Kristensen et al., 1990; Kristensen et al., 1991 og Kristensen & Kristensen, 1992). Heraf kan det bl.a. beregnes, at i gennemsnit var udbyttelniveauet pr. ha i vårsæd, roer og græsmarksfoder 20-30% lavere ved økologisk drift i forhold til konventionel.

Tabel 1 Nogle karakteristika for de analyserede kvægbrug.

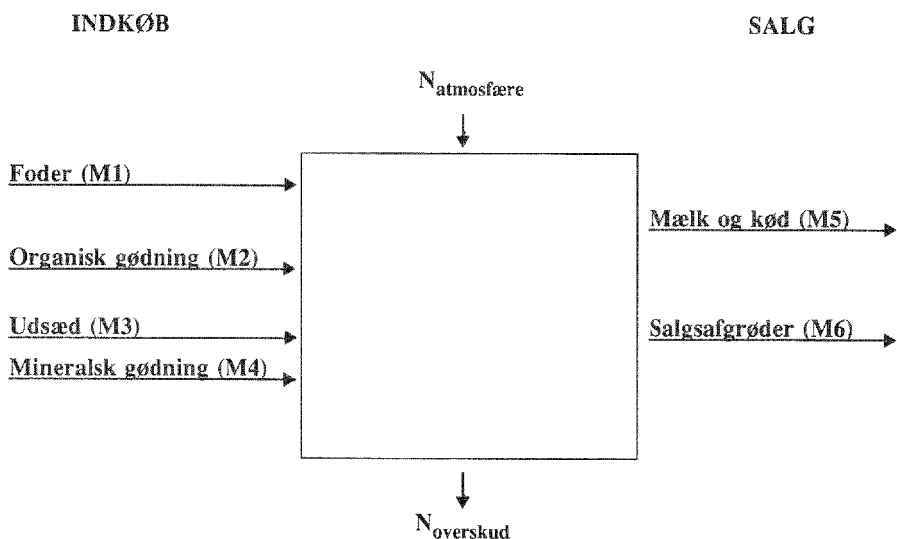
Driftsform	Økologisk ¹⁾	Konventionel
Antal gårde: I alt	14	16
Fordeling på:		
Jordtype: Sandblandet + lerblandet	4 + 10	12 + 4
Gødningstype: Gylle + Fast/ajle + Dybstr./gylle	2 + 6 + 6	12 + 2 + 2
Fodringsystem: Afgræsning + staldfodring hele året	12 + 2	13 + 3
Staldtype: Binde + løsdrift	7 + 7	12 + 4
Kvægtype: Tunge + lette	7 + 7	11 + 5

	Gns. (min.-maks.)		Gns. (min.-maks.)	
Jordareal, ha i alt	67	(21 - 114)	53	(27 - 80)
- % vedvarende græs	11	(0 - 32)	12	(0 - 57)
- % sædskifte græs/kløver	28	(0 - 65)	26	(0 - 60)
- % lucerne	9	(0 - 38)	0	
- % helsæd	9	(0 - 37)	17	(17 - 58)
- % roer	4	(0 - 11)	10	(0 - 25)
Antal årskøer pr. bedrift	56	(24 - 100)	58	(35 - 88)
Antal dyreenheder ²⁾ pr. ha	1,06	(0,8 - 1,5)	1,50	(1,07 - 2,26)

Økologisk drift anvendes som en fællesbetegnelse for såvel økologisk som biodynamisk godkendt produktion.
Efter Miljøministeriets bekendtgørelse nr. 568, 1988.

2 Principper for registreringernes gennemførelse

et overordnede mål med registreringerne på helårsforsøgsbrugene er at kunne beskrive omætningen eller strømmen af energi, næringsstoffer og penge igennem gården. Registreringen regår på flere niveauer - dels gårdniveauet, dels de enkelte dyregrupper og afgrøder. På egge niveauer omfatter registreringen dels en karakteristik af produktionsapparatet, altså ammerne" for produktionen, dels selve mængdeomsætningen, altså indsats og udbytte pr. dsenhed - typisk et år. I figur 1 og 2 er detaljeringsgraden i de forskellige registreringsniveauer illustreret med udgangspunkt i en beskrivelse af kvælstofstrømmen.



Figur. 1 Omsætning af kvælstof på gårdniveau (M=målt - se afsnit 2.3.1 for yderligere forklaring).

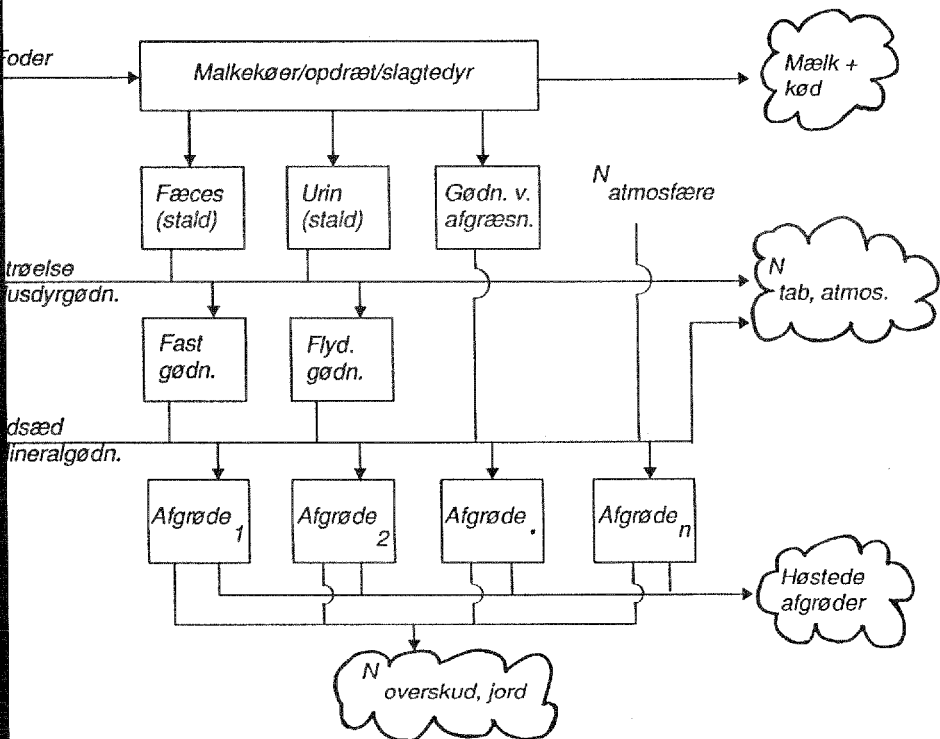
Registreringerne på gårdniveau (figur 1) svarer i princippet til registreringerne i et driftsregnskab, blot med den udvidelse at ikke kun penge, men også næringsstoffer og energi, der veksles med omverdenen, indgår i "regnskabet".

Registreringerne i enkelte dyregrupper og afgrøder omfatter karakteristik samt indsat og udbytte i de enkelte "kasser" vist i figur 2. I praksis sker der ikke en total måling af strømme vist i figur 2. Registreringerne er bygget op omkring besøg på gårdene hver 2. uge. Besøget omfatter dels en stikprøvemåling over 1 døgn af foderforbruget i de enkelte dyregrupper, dels opmålinger af lagre og/eller indsamling af oplysninger vedrørende køb, salg til gården og indsats af hjælpepestoffer i de enkelte afgrøder.

Samspillet mellem de forskellige "kasser" udnyttes dels til kontrol af stikprøvere registreringer og dels til kvantificering af ikke direkte målte strømme. F.eks. kontrolleres og justeres det samlede stikprøvere registrerede forbrug af kraftfoder med indkøb og lagerforskydning i indkøbt kraftfoder i en given periode (hvert halve år). På samme måde sammenholdes det registrerede forbrug af

brug af korn og grovfoder med indkøb, salg, hjemmeproduktion og lagerforskydning i korn-
grovfoderbeholdningerne.

Quantificeringen af næringsstofstrømmen gennem gården bygger således i høj grad på et kendt
spil mellem de enkelte "kasser" og niveauer af registreringer. De forskellige niveauer af
registreringer er derfor komplementære og ikke substituerende. En mere detaljeret beskrivelse
af registreringernes gennemførelse fremgår af Hindhede (1989).



Figur 2 Omsætning af kvælstof i besætning og afgrøder (se afsnit 2.3.2 for en detal-
jeret forklaring).

2.3 Beregninger og præsentation af resultater

2.3.1 Omsætningen på gårdniveau

Indsats og udbytte af kvælstof er beregnet på gårdniveau som illustreret i figur 1 for hver gård i de 2 driftsår. Beregningerne for de målte størrelser (betegnet med M i figur 1) er foretaget ved at multiplicere de målte mængder med indholdet af N. Mængderne er herefter summeret.

I tilfælde af at der er anvendt kendte typer foderblandinger, hvor kvælstofindholdet jo er angivet i en tabel, er indholdet fastlagt ud fra fodermiddeltabellen (Anonym 1991b). I de økologiske besætninger anvendes ofte indkøbte "rene" fodermidler (f.eks. råvarer), hvor der kan være nogen variation i næringsindholdet. I de økologiske brug er der derfor altid udtaget en prøve til analyse som grundlag for beregningen.

Indholdet i gødningsskudene er fastlagt ud fra typen. Indhold af kvælstof i mælk er angivet i tabel 1. Produktionen af kød er beregnet ud fra dyreomsætningen og ændringer i dyrenes vægt (alle dyr vejes 2 gange årligt samt ved ind- og afgang fra besætningen). Indholdet af N i korn er fastsat ud fra Sibbesen et al. (1989). Indholdet af N i grønsager er fastsat ud fra Hagelskud (1990). Indholdet i salgsafgrøder er analyseret ved de økologiske gårde og fastlagt ud fra Anonym (1991b) ved de konventionelle.

Andelen af hjemmeavlet foder og dermed niveauet af indkøbt foder og salgsafgrøder varierer meget mellem gårdene imellem. På gårdniveauet er det imidlertid nettoændringen i afgrøderne, altså den samlede sum af indkøbt foder (M1), udsæd (M3) minus salgsafgrøder (M6) der er af størst interesse. Derfor er det ved præsentationen af resultaterne valgt at vise disse kategorier under ét som $N_{\text{nettofoder}}$ (ligning 1).

$$N_{\text{nettofoder}} = M1 + M3 - M6$$

Gårdens forbrug af kvælstof fra atmosfæren ($N_{\text{atmosfære}}$) er ikke målt direkte. $N_{\text{atmosfære}}$ omfatter dels kvælstof tilført i forbindelse med nedbør ($N_{\text{nedbør}}$), dels kvælstof fikseret via bælgplanter ($N_{\text{fiksering}}$). $N_{\text{nedbør}}$ er - ifølge Miljøstyrelsen (1990) - fastsat til 21 kg N/ha. $N_{\text{fiksering}}$ er beregnet ud fra arealet med bælgplanteafgrøder under hensyn til type og andel af bælgplanter. Beregningsgrundlaget er nærmere beskrevet i afsnit 3. Andelen af bælgplanter i blandinger af afgrøder er fastsat ud fra en visuel bedømmelse (Hindhede, 1989). I bælgplanteafgrøder (ærter, hestebønner, vikke) blev andelen bedømt ultimo juni. I kløvergræs blev andelen af kløver typisk bedømt 2 gange i løbet af sommeren. Hele kløvergræsarealet blev herefter

lt i 4 klasser (1-9%, 10-29%, 30-49% og over 50% kløver) på baggrund af fordelingen af enkelte stikprøver på de 4 klasser. Gårdens kvælstofoverskud (N_{overskud}) og udnyttelse af kvælstof til mælk og kød ($N_{\text{effektivitet}}$) kan herefter beregnes ved følgende ligninger.

$$N_{\text{overskud}} = N_{\text{nettofoder}} + M2 + M4 + N_{\text{atmosfære}} \div M5 \quad (2)$$

$$N_{\text{effektivitet}} = M5 / (N_{\text{nettofoder}} + M2 + M4 + N_{\text{atmosfære}}) \quad (3)$$

.2 Omsætningen af kvælstof i besætningen og i de enkelte afgrøder

for at opnå en større forståelse af kvælstofomsætningen på gårdniveau er der på 10 gårde gennemført en beskrivelse af kvælstofstrømmen efter modellen vist i figur 2. Gårdene er udvalgt således, at de repræsenterer henholdsvis konventionel og økologisk drift ved især stort og lille antal dyreenheder pr. ha.

Beregningerne gælder for vækståret 1990, men omfatter registreringer for perioden 1/11 1989 til 30/4 1991, for på den måde at kunne inkludere såvel gødningsproduktion i vinteren 1989/90, som opfodringen i vinteren 1990/91.

Gårdens kvælstofomsætning kan inddeles i 2 hovedgrupper, besætningen og afgrøderne, henholdsvis øverste og nederste halvdel af figur 2.

Besætningen omsættes foderet til mælk, kød og husdyrgødning. Husdyrgødningen inddeles i tre grupper - 1) fæces afsat på stald, 2) urin afsat på stald og 3) fæces + urin afsat under afgræsning. Gruppe 1) og 2) danner sammen med evt. indkøbt husdyrgødning og strøelse den samlede mængde staldgødning. Staldgødningen kan forekomme i to former, fast (dybstrøelse, kompoststaldgødning) eller flydende (gylle, ajle) afhængig af gødningssystemet.

De tre grupper af husdyrgødning kan fordeles forskelligt mellem de enkelte marker og afgrøder. Som det fremgår af figur 2 kan en del af kvælstoffet i husdyrgødningen tabes til atmosfæren undervejs fra dyrene til marken, væsentligst i form af ammoniak. Husdyrgødningen indgår sammen med udsæd, evt. indkøbt mineralsk gødning og kvælstof fra atmosfæren ind i den samlede kvælstof til de enkelte afgrøder. Forskellen mellem indsats og udbytte af kvælstof i de enkelte afgrøder betegnes som $N_{\text{overskud, jord}}$. Denne størrelse betegner nettoændringen i det

enkelte år og siger altså ikke umiddelbart noget om kvælstoffets videre skæbne i jord og kvælstofomsætning.

I det efterfølgende gives en kvantitativ beskrivelse af kvælstoffets "vej" gennem besætningen og afgrøderne, herunder en række antagelser omkring fordelingen mellem de forskellige "ser" vist i figur 2. Det bør iagttages, at det efterfølgende er en modelbeskrivelse, hvor primære formål er at præsentere en metode til at forklare omsætningen på gårdniveau og udpege de faktorer, der har størst betydning (nøglefaktorer) for strømmen og udnyttelse af kvælstof.

Foderoptagelsen i besætningen omfatter dels staldfoder, dels afgræsningsfoder. Optagelse af staldfoder er målt, men afgræsningsfoderet er beregnet indirekte ud fra besætningens totale foderenergi behov ($FE_{i \text{ alt}}$) minus staldfoder i afgræsningsperioden (sommerhalvåret). $FE_{i \text{ alt}}$ er beregnet ud fra behovet til vedligehold og produktion (Østergaard, 1973).

Kvælstofoptagelsen fra staldfoderet er beregnet ud fra det registrerede forbrug multipliceret med indholdet af kvælstof. Indholdet af kvælstof er på de konventionelle brug fastlagt ved analyse af grovfoderet, mens øvrige fodermidler er fastlagt efter Anonym (1991). På de økologiske brug er indholdet fastlagt ved analyse i alle fodermidler.

Produktion af kvælstof i fæces afsat på stald er beregnet ved ligning 4 (Thomsen, 1979).

$$N_{\text{fæces}} = N_{\text{staldfoder}} \cdot 0,07 + 0,03 \cdot \text{Staldfoderts.}$$

hvor $N_{\text{fæces}}$ er kg N i fæces afsat på stald,

$N_{\text{staldfoder}}$ er kg N i staldfoder og

Staldfoderts. er kg staldfoderet tørstof.

Fordelingen af den animalske kvælstofproduktion mellem staldfodring og afgræsning antages at være den samme som fordelingen mellem FE-optagelsen. Forholdet (k) kan altså beregnes som FE-afgræsset/FE-i alt. Da FE-afgræsset er beregnet indirekte ud fra bl.a. produktionen, kan der være en direkte sammenhæng mellem den animalske produktion under afgræsning og under afgræsset.

Kvælstof i urin afsat på stald er herefter beregnet ved at subtrahere $N_{\text{fæces}}$ og den animalske kvælstofproduktion fra $N_{\text{staldfoder}}$ (ligning 5).

$$N_{\text{urin}} = N_{\text{staldfoder}} \div N_{\text{fæces}} \div (1 \div k) \cdot N_{\text{mælk+kød}} \quad (5)$$

hvor k = FE afgræsset/FE i alt,

N_{urin} = kg N i urin afsat på stald og

$N_{\text{mælk + kød}}$ = kg N i mælk og kød.

Kvælstof afgivet under afgræsning ($N_{\text{gød., afgræsning}}$) er beregnet ved ligning 6. Køernes N-afgivelse fra den afgræssede afgrøde ($N_{\text{afgræsning}}$) er fastlagt ud fra 1,1 FE/kg tørstof og 0,8% N af tørstoffet (Kristensen, 1988).

$$N_{\text{gød., afgræsning}} = \frac{N_{\text{foder}} \div N_{\text{mælk+kød}} \div N_{\text{fæces}} \div N_{\text{urin}}}{N_{\text{afgræsning}} \div k \cdot N_{\text{mælk + kød}}} \quad (6)$$

Fordeelingen mellem fast og flydende gødning er fastlagt med udgangspunkt i Laursen (1987). Ved dybstrøelse og gylle blev resultatet, at 59% af N findes i form af gylle og 41% i form af strøelse. Ved ajle (primært urin) og fast gødning (primært fæces + strøelse) antages det, at 10% af fæces indgår i ajlen, og at der absorberes 2,5 kg urin pr. kg strøhalm. N-indholdet i gylle antages at være 1,0%. Til hver afgrøde er mængden af henholdsvis fast og flydende husdyrgødning registreret ved antal læs. Under forudsætning af at det årlige forbrug af husdyrgødning svarer til produktion i perioden fra 1/11 1989 til 30/10 1990, er forbruget i den enkelte afgrøde beregnet med antal læs som fordelingsnøgle.

Tab af kvælstof (fortrinsvis ammoniak) til atmosfæren ($N_{\text{tab, atmosfære}}$) i forbindelse med husdyrgødningens håndtering i stald, lager, under afgræsning og ved udbringning i marken er beskrevet i oversigtsform af bl.a. Hansen et al. (1990), Sommer (1989) og Jarvis & Pain (1990). Det kan konstateres, at der hersker stor usikkerhed omkring hvor stor en andel, der svinder til atmosfæren, afhængig af en lang række såvel håndteringsmæssige, som klimatiske forhold. Da disse forhold ikke er kendt tilstrækkeligt detaljeret på de kvægbrug, der indgår i analysen, antages det, at $N_{\text{tab, atmosfære}}$ kan variere fra 20% til 40% af total N i staldgødning og 10-20% af gødning afsat under græsningen. Jarvis & Pain (1990) har beregnet, at tabet af ammoniak under afgræsningen er relativt mindre end ved staldgødning, derfor er %-tab ved græsning antaget at være halvdelen af %-tab i staldgødning. Andelen af N i urinen af dyr er ca. 60% af N i fæces + urin i en kvægbesætning (Hansen et al. 1990). Under antagelse af at $N_{\text{tab, atmosfære}}$ er knyttet til urin-N svarer ovennævnte tab af total N til 30 - 60% af urin-N, hvis afgræsning udgør 25%. Gårdens forbrug af kvælstof fra atmosfæren er beskrevet i afsnit 2.3.1 og i afsnit 3.

Den enkelte afgrødes nettoudveksling med kvælstof i jordpuljen ($N_{\text{overskud, jord}}$) er heret beregnet ved ligning 7.

$$N_{\text{overskud, jord}} = \frac{N_{\text{min.gødn.}} + N_{\text{fast}} + N_{\text{flyd.}} + N_{\text{gødn., afgræs.}} + N_{\text{atmosfære}}}{N_{\text{tab, atmosfære}} \div N_{\text{høstet}}}$$

$N_{\text{høstet}}$ er, bortset fra roetop, den mængde afgrøde, som er solgt, lagret, opfodret og/eller vendt til strøelse (nettoudbyttet). I roetop er kvælstoftabet under lagringen stort pga. saftafli. Derfor er $N_{\text{høstet}}$ i roetop antaget at være det dobbelte af nettoudbyttet. I de øvrige afgrøder kvælstoftabet under lagringen og opfodringen oftest lavt (stort set alle græsmarksafgrøder vejres), $N_{\text{høstet}}$ er derfor sat til nettoudbyttet. Resultaterne er præsenteret pr. dyreenhed i sætningen og pr. ha for hver afgrøde. Det bør iagttages, at der kan være afvigelse mellem resultaterne på gårdniveau og besætnings-/afgrødeniveau, idet andelen af hjemmeavlet foderperioden for beregning af husdyrgødningsproduktion (1/11 - 30/10) kan være forskellig opfodringsperioden (1/5 - 30/4). Ved præsentationen på gårdniveau er der forudsat samperiodeafgrænsning i besætning og afgrøde, idet der er inkluderet en eventuel lagerforskyning i hjemmeavlet foder.

2.4 Statistiske analyser

Alle statistiske analyser er udført ved lineær multipel regressionsanalyse, hvor såvel ubalcerede klassevariable (f.eks. driftssystem og jordtype) og kovariater (f.eks. dyreenhed/ha) indgår i analysen. (Draper & Smith, 1981).

Resultaterne af analysen er præsenteret som regressionskoefficienten eller ved den statistiske analyses "mindste kvadraters estimat". Eventuelle forskelle mellem to estimater er angivet ved et signifikansniveau, hvor P-værdien udtrykker sandsynligheden for, at der ikke er forskel mellem estimaterne. F.eks. udtrykker $P < 0,01$, at der er mindre end 1% sandsynlighed for, at der ikke er forskel.

3. KVÆLSTOFFIKSERINGEN I BÆLGPLANTER

grøder med bælplanter (ærter, hestebønner, vikker, lucerne og kløver) kan indgå i varierende omfang i sædskiftet. På de økologiske kvægbrug indgår bælplanter ofte i mere end halvdelen af arealet, men også på konventionelle kvægbrug indgår kløver og ærter i et ikke ubetydeligt omfang. Via symbiose med knoldbakterier er bælplanterne i stand til at fikse kvælstof (N_2) fra luften. N fikseret af bælplanter kan således være en væsentlig indsatsfaktor i gårdens kvælstofregnskab.

Et af målet med nærværende afsnit er at beskrive N-fikseringen afhængig af art og mængde af bælplanter med henblik på at kunne kvantificere N-fikseringen på helårssøgsbrugene. Der er især lagt vægt på at beskrive N-fikseringen i kløvergræs, som indgår i størst omfang på de fleste helårssøgsbrug.

1. Fikseringen i kløvergræs

1.1 Udenlandske undersøgelser

En oversigt over kvælstoffikseringen og kløverudbyttet målt i 2 udvalgte udenlandske undersøgelser er vist i tabel 2.

Miller & Nösberger (1987) fandt stor variation i fikseringen mellem år og faldende fiksering med stigende N-tilførsel. Der var imidlertid en tilsvarende variation i mængden af kløver. Der var således ikke signifikante ($P < 0,05$) forskelle i fikseringen pr. ton kløvertørstof, hverken mellem år, N-niveau eller kløverart. Det ses, at niveauet var 31-37 kg pr. ton høstet kløver. Murphy (1988) fandt ligeledes, at stigende kvælstoftildeling medførte såvel faldende kløverproduktion som faldende N-fiksering, således at fikseringen pr. ton kløvertørstof var stort set konstant.

Edgard et al. (1990), der undersøgte fikseringen i én rødkløversort og fem hvidkløversorter ved afgræsning, fandt ingen signifikante forskelle. Niveauet blev 31-34 kg pr. ton høstet kløver (tabel 2). I en større undersøgelse udført i New Zealand fandt Hoglund et al. (1979) et betydeligt højere niveau, nemlig 63 kg N-fiksering pr. ton høstet kløver. I denne undersøgelse blev fikseringen målt ved acetylen-reduktionsmetoden. Denne metode har på det seneste været udsat for en del kritik på grund af usikkerhed ved metoden (Jensen, 1992).

Tabel 2 Kvælstoffiksering målt i udenlandske undersøgelser.

Kilde	Behandling	Kløverudbytte, ton ts/ha		Høstet N-fiksering		
		gns.	(min. - maks.)	gns.	Kg N pr. ha (min. - maks.)	Kg N pr. ton kløver
Boller & Nösberger (1987) ¹⁾	Udlægsår ²⁾	3,4	(0,8 - 7,3)	126	(21 - 238)	37
	1. brugsår	9,7	(5,6 - 14,3)	301	(201 - 387)	31
	Rødkløver	6,8	(0,8 - 14,3)	216	(21 - 387)	32
	Hvidkløver	5,9	(1,5 - 9,8)	211	(54 - 335)	36
	0 kg N/ha	6,8	(1,5 - 14)	253	(78 - 387)	37
	90 - 150	5,6	(0,8 - 8)	175	(21 - 325)	31
Ledgard et al. (1990) ¹⁾	Hvidkløver	5,5	(2,7 - 8,3)	186	(82 - 291)	34
	Rødkløver	5,5	(5,4 - 5,6)	170	(162 - 177)	31

1) Fikseringen blev målt ved ¹⁵N-fortyndingsmetoden, kun én lokalitet.

2) Forårsudlagt uden dæksæd.

3.1.2 Danske undersøgelser

Kvælstoffikseringen i en blanding af kløver og græs kan indirekte kvantificeres ud fra sammenlignende undersøgelser mellem rent græs og kløvergræs. Forskellen i høstet kvælstofudbytte udtrykker den høstbare andel af det kvælstof, kløveren har fikseret (høstet N-fiksering beregnet ved den såkaldte differensmetode). Hvis kløverens andel af udbyttet er kendt, kan forskellen i kvælstofudbyttet beregnes pr. ton høstet kløvertørstof (høstet N-fiksering pr. ton kløver). Beregningsmetoden er vist i tabel 3.

Tabel 3 viser hovedresultatet af et stort forsøg (21 forsøg på 6 stationer) med 5 niveauer tilført mineralisk kvælstof til græs og kløvergræs (blanding af rød- og hvidkløver - 1. og 2. brugsår - uvandet jord). Det ses, at kløverudbyttet i kløvergræs var stærkt faldende ved stigende kvælstofgødskning. Forskellen i kvælstofudbyttet mellem rajgræs og kløvergræs var ligeledes stærkt faldende ved stigende kvælstofgødskning. Resultatet blev således, at høstet kvælstof pr. ton kløver tilsyneladende var næsten upåvirket ved mindre end 400 kg N/ha.

Tabel 3 Virkning af kvælstofgødskning på udbyttet af tørstof, kvælstof og kløver i rent græs og kløvergræs samt høstet N-fiksering beregnet ved differensmetoden (modificeret efter Kofoed & Klausen, 1969)

Kvælstof /ha	Afgrøde	Høstet udbytte kg/ha			Høstet N-fiksering	
		Tørstof	Kvælstof	Kløverts.	Pr. ha	Pr. ton kløverts.
0	Rent græs	2210	46	77	191	50 ¹⁾
	Kløvergræs	7332	237	3881		
78	Rent græs	4555	91	137	152	57
	Kløvergræs	8216	243	2843		
155	Rent græs	6790	155	32	115	57
	Kløvergræs	9132	270	2077		
310	Rent græs	9525	266	0	69	48
	Kløvergræs	10410	335	1451		
65	Rent græs	10800	352	0	38	32
	Kløvergræs	11042	390	1185		

Beregningseksempel ved 0 N: $191 / ((3881 - 77) / 1000)$.

andet forsøg omfattede 4 kvælstofniveauer (125, 250, 375 og 500 kg N/ha), 3 slætstrategier (4 og 5 årlige slæt) og 3 afgrødearter (alm. rajgræs, hvidkløvergræs og rødkløvergræs) på station, uvandet lerjord 1. og 2. brugsår (Pedersen & Møller, 1976). Dette forsøg blev brugt til en nærmere statistisk analyse, hvor kløverudbyttet og høstet N-fiksering blev undersøgt for virkning af år, kvælstofniveau, slætstrategi og art. Resultatet fremgår af tabel 4. Det ses, at virkningen af N-gødskning på kløverudbyttet og N-fiksering svarede til forsøget revideret i tabel 3. Der var en betydelig årsvirkning på N-fiksering pr. ha, men da kløverudbyttet var påvirket, var N-fiksering pr. ton kløver ikke signifikant påvirket af høståret. Også slæt havde signifikant betydning på N-fiksering pr. ha. N-fiksering pr. ton kløvertørstof var derimod mindre påvirket. Kløverarten (hvid- eller rødkløver) havde stor og signifikant virkning på alle de målte parametre (tabel 4).

Tabel 4 Forskellige faktorerers indflydelse på kløverudbyttet og N-fikseringen i kløvergræs, mindste kvadraters estimat (modificeret efter Pedersen & Møl 1976).

Faktorer	Kløvertørstof		Høstet N-fiksering	
	kg/ha	% kløver	kg/ha	kg/ton kløvert
År ¹⁾				
1968	3190	22	145	45
1972	3520	28	135	38
1973	2880	25	107	37
P-værdi	0,15	0,1	0,0001	0,40
N-gødskning, kg/ha				
125	4650	39	208	45
250	3490	27	143	41
375	2560	19	90	35
500	2120	15	74	35
P-værdi	0,0001	0,0001	0,0001	0,94
Antal slæt				
3	3070	22	100	33
4	3350	26	141	42
5	3190	27	146	46
P-værdi	0,69	0,11	0,0001	0,09
Art				
Hvidkløver	1660	13	102	61
Rødkløver	4740	36	156	33
P-værdi	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001

1) 1. brugsår i 1968 og i 1972, 2. brugsår i 1969 og 1973, hvor 1969 udgik pga. udvintr.

Et tredje forsøg omfattede 150 kg N/ha ved 5 slæt i græs og hvidkløvergræs med og vanding (Gegersen, 1980). Forsøget blev gennemført i 2 serier à 5 år på 9 forsøgsstationer. Også dette forsøg blev udsat for en nærmere statistisk analyse, hvor udbyttet og høstet N-fiksering blev undersøgt for virkningen af år, jordtype, station inden for jordtype, forsøgsstation, brugsår, med eller uden vanding. Hovedresultaterne fremgår af tabel 5. Der var signifikant virkning af stationen inden for jordtype. Som følge heraf blev denne størrelse brugt som udtryk for den tilfældige restvariation (error term) ved beregningen af de øvrige P-værdier.

forsøgsserien havde ikke signifikant betydning ($P > 0,2$). Vekselvirkningen mellem jordtype, vanding, forsøgsserie og brugsår havde heller ikke signifikant betydning for N-fiksering pr. ha ($P > 0,4$). Derimod havde jordtypen, vanding og brugsår signifikant betydning (tabel 5).

Tabel 5 viser, at der tilsyneladende var en positiv sammenhæng mellem %-kløver og høstet N-fiksering. Den angivne kløverandel i tabel 5 er imidlertid fremkommet ved en visuel bedømmelse. Kløverudbyttet og N-fiksering pr. ton kløver kan derfor ikke beregnes direkte som i tabel 3 og 4. Ved at lade %-kløver indgå som en regressionsvariabel i den statistiske model er det imidlertid muligt at estimere virkningen af %-kløver og estimere virkningen af de forskellige faktorer korregeret til samme %-kløver (gns. = 40%). Dette er vist yderst til højre i tabel 5.

Brugsår havde en klar signifikant betydning ($P < 0,0001$) og kunne alene beskrive 58% af den samlede variation i forsøget. Det fremgår af tabel 5, at efter korrektion for %-kløver, var der kun

Tabel 5 Forskellige faktorerers indflydelse på kløverudbyttet og N-fikseringen i kløvergræs, mindstekvadratens estimat (modificeret efter Gregersen, 1980).

Faktorer	Tørstof Hkg/ha	% kløver	Høstet N-fiksering, kg/ha	
			Ukorrigeret	Korrigeret for %-kløver
Jordtype				
Sandjord	76	32	82	108
Lerjord	95	48	126	117
P-værdi	0,01	0,06	0,02	0,63
Vanding				
Uvandet	72	33	81	104
Vandet	99	47	127	120
P-værdi	0,002	0,08	0,01	0,37
Brugsår				
1	109	48	156	136
2	95	55	159	
3	79	43	83	
4	73	30	73	89
5	73	23	53	
P-værdi	0,01	0,10	0,004	0,04

signifikant virkning af brugsåret, idet virkningen af station inden for jordtype igen er br som udtryk for den tilfældige rest variation. Virkningen af brugsår er i tabel 5 vist som gennemsnit af 1. og 2. brugsår i forhold til et gennemsnit af 3., 4. og 5. brugsår, idet der en klar niveauforskel mellem disse to klasser.

3.1.3 Fastlæggelse af fikseringen i kløvergræs.

Fikseringen målt ved ^{15}N -metoden og beregnet som forskel i høstet kvælstof til en ren græs afgrøde (differensmetoden) blev sammenlignet af Boller & Nösberger (1987). Undersøgelser viste, at differensmetoden viste ca. 10% større fiksering end ^{15}N -metoden. Ledgard (1991) (samme forsøg som Ledgard et al. (1990)) fandt, at N-fiksering målt ved differensmetoden var 3% lavere end N-fiksering målt ved ^{15}N -metoden. McNiel & Wood (1990) anfører, at der kan være væsentlige fejlkilder ved ^{15}N -metoden, bl.a. som følge af forurening og tidsforskydning fra tildelingen af ^{15}N indtil ^{15}N har fordelt sig i hele jordpuljen. Fordelen ved ^{15}N i forhold til differensmetoden er, at kvælstoffets "vej" i afgrøde og jord kan følges mere minutiøst. Ulempen er, at ^{15}N er en meget ressourcekrævende metode. Differensmetoden er relativt billig og derfor anvendt under flere og mere praksisorienterede betingelser, hvilket gør metoden anvendelig netop til bestemmelse af et empirisk estimat for N-fikseringen. Det bør iagttages, at ved begge metoder måles fikseringen kun i den høstede afgrøde, dvs. ændringer i fikseret kvælstof under høsthøjden medtages ikke.

Det fremgår af de refererede undersøgelser, at tilførsel af mineralsk kvælstof påvirker størrelsen af mængden af høstet kløver som mængden af høstet N-fiksering. Denne sammenhæng betyder, at N-fikseringen pr. høstet mængde kløver inden for de enkelte undersøgelser er næsten uafhængig af kvælstofet. Tabel 4 viser, at kløverarten har stor betydning. Dette er imidlertid i modstrid med resultaterne i både Boller & Nösberger (1987) og Ledgard et al. (1990) (tabel 2), der fandt stort set samme fikseringsniveau uanset rød- eller hvidkløver.

Tabel 5 viser, at kløverprocenten kunne forklare en stor del af forskellen i høstet N-fiksering mellem jordtyper og vandingsforholdene. Herudover havde også afgrødens alder betydning.

Tabel 6 viser betydningen af %-kløver og afgrødens alder på høstet N-fiksering på baggrund af de danske undersøgelser refereret i tabel 3, 4 og 5. Kløverskalaen dækker over en vidt spændende bedømmelse inddelt i 4 klasser: 1-9%, 10-29%, 30-49% og over 49%. Forsøgene af Koefoed & Klausen (1969) og Pedersen & Møller (1976) er begge gennemført i 1. og 2. brugsår. Forholdene til fordelingen af resultaterne i tabel 3 og 4 på de forskellige klasser af %-kløver er foretaget på baggrund af

bel 6 Høstet N i fiksering ved varierende andel af visuelt bedømt kløverandel og brugsår, kg N/ha/år.

Andel af kløver	1 - 9%	10 - 29%	30 - 49%	over 49%
og 2. brugsår				
Kofoed & Klausen (1969) ¹⁾	-	53	115	171
Pedersen & Møller (1976) ¹⁾	-	79	117	208
Gregersen (1980)	17	63	123	193
, 4. og 5. brugsår				
Gregersen (1980)	18	47	84	128

¹⁾ Indplaceret ud fra tabel 3 og 4, %-kløver = $(3,35 + x) / 0,669$, hvor x angiver kløverandelen i vægtprocent.

Grund af Kofoed & Klausen (1969), der fandt den lineære sammenhæng som anført i fodnoten til tabel 6. Forsøget af Gregersen (1980) er fordelt på de enkelte klasser ud fra virkningen af %-kløver ved henholdsvis 1.-2. brugsår samt 3., 4. og 5. brugsår. Den statistiske analyse viste, at regressionskoefficienten på %-kløver i Gregersens undersøgelse var 2,99 kg N/ha i 1. og 2. brugsår og 1,85 kg N/ha i 3., 4. og 5. brugsår. Estimerne er beregnet for henholdsvis 5, 20, 40 og 64% kløver i de respektive klasser, hvor 64% i klassen for mere end 49% kløver svarer til gennemsnittet af de observationer, der i Gregersens forsøg lå i denne klasse.

Det fremgår af tabel 6, at til trods for ret forskellige årsager til varierende %-kløver, er der en meget god overensstemmelse mellem de tre forsøg i 1. og 2. brugsår. Det ses endvidere, at forskellen i høstet N-fiksering mellem 1. og 2. brugsår samt 3., 4. og 5. brugsår kommer til udtryk i en forskellig stigning afhængig af kløverandelen. Niveaulet er ens ved 0-9% kløver, mens høstet N-fiksering i de øverste 2 kløverklasser kun er 2/3 i 3., 4. og 5. brugsår i forhold til 1. og 2. brugsår.

Som nævnt tidligere er det kun den høstbare del af N-fikseringen, der måles ved differensmetoden, dvs. eventuelle ændringer i fikseret kvælstof indlejret under stubhøjden måles ikke. Det er vist i flere undersøgelser, at en del af N-fikseringen frigøres fra kløveren, optages og

høstes via græsset (McNeil & Wood, 1990; Boller & Nösberger, 1987 og Ledgard, 1991). Der er derfor nærliggende at antage, at der også kan ske en nettoindlejring af N-fiksering i joppuljen. I en kløvergræsmark, der indgår i et sædskifte, vil der formentlig ske en nettoindlejring i begyndelsen, indtil kløverbestanden har nået sit maksimum. Ifølge Gregersens forsøg var kløverbestanden høj og stigende indtil 2. brugsår, hvorefter den var faldende (tabel 5).

Med udgangspunkt i resultaterne fra tabel 5 kan følgende antages:

1. I en ældre kløvergræsmark (efter 2. brugsår) er den samlede N-fiksering lig med høstet N-fiksering, fordi afgrøden er veletableret og dermed i ligevægt med hensyn til indbygning og henfald af N-fiksering i stub og rødder.
2. I en ung kløvergræsmark (1. og 2. brugsår) er den samlede N-fiksering større end høstet N-fiksering, og ved en given kløverprocent kan N-frigørelsen fra kløveren beregnes som forskellen i høstet N-fiksering mellem en ung og en ældre mark divideret med N-udnyttelsen i græs.

Den samlede N-fiksering er herefter beregnet som vist i tabel 7. Græssets udnyttelse af den frigjorte N-fiksering er sat til 61%. Dette tal stammer fra det tidligere omtalte forsøg af Gregersen (1980), der ud over kløvergræs og rent græs ved 150 kg mineral-N pr. ha også havde et led med 300 kg mineral-N pr. ha i rent græs. N-udnyttelsen blev herefter beregnet for 1. og 2. brugsår som forskellen i kvælstofudbyttet mellem 150 og 300 kg N/ha i rent græs divideret med 150. En statistisk analyse viste, at N-udnyttelsen ikke var signifikant påvirket af jordtype, forsøgsserie og vanding ($P > 0,26$).

Tabel 7 Samlet N-fiksering ved varierende kløverandel og brugsår. Kg N/ha/år (baseret på Gregersen, 1980)

Andel af kløver	1 - 9%	10 - 29%	30 - 49%	over 49%
Ældre kløvergræsmark (over 2. brugsår)	18	47	84	128
Tillæg ved 1. og 2. brugsår (inkl. etablering)				
- Frigørelse fra kløver	-	26	64	107 ¹⁾
- Oplagring i kløver under stubhøjde ²⁾	-	<u>5</u>	<u>8</u>	<u>13</u>
I alt 1. og 2. brugsår	18	78	156	248

1) $(193 - 128) / 0,61 = 107$

2) 20% af N-fiksering i ældre græsmarker fordelt over 2 brugsår.

Den resterende del af N-fiksering, der indlejres under stubhøjde, kan maksimalt være kvælstoffet i kløverens stub og rødder ved slutningen af 2. brugsår. Denne mængde antages at være proportional med den tilsvarende N-fiksering i en ældre kløvergræsmark. McNiell & Wood (1990) fandt, at i kløver var forholdet mellem N i skud og rødder ca. 3:1. Hvis det tages, at 2/3 af skuddene bliver høstet pr. gang, bliver forholdet mellem N over og under stubhøjde 1:1 ($(3 \cdot 2/3) : (1 + 3 \cdot 1/3)$), altså pr. slæt samme mængde N over og under stubhøjde. Ved 5 slæt pr. år, fordelt over 2 år, svarer det til, at 10% af høstet N-fiksering ($1 / (5 \cdot 2)$) oplagres i kløver under stubhøjde. Det giver fra 5-13 kg, som vist i tabel 7

Det bør iagttages, at resultaterne for 1. og 2. brugsår omfatter etableringen og dermed udlægset. Dette er nødvendigt, fordi en stor del af den indlejrede N-fiksering under stubhøjden formentlig sker allerede i udlægsåret. I tilfælde af at kløvergræsset høstes i udlægsåret, kan der formentlig fjernes nogen N-fiksering. Fejlen er imidlertid ubetydelig, fordi udbyttet i udlægsåret er lavt, når kløvergræs udlægges under en dæksæd, og der ønskes en høj andel af kløver. På de økologiske helårsgødningsbrug var udbyttet i 1990 praktisk taget 0 ved udlæg i majs til modenhed. Ved udlæg i en afgrøde til helsædsensilage var udbyttene i udlægget i gennemsnit 670 FE/ha (Kristensen & Kristensen, 1991). Heraf kan det skønnes, at N-udbyttet var ca. 20 kg/ha, hvoraf kløveren formentlig udgjorde 10 kg N/ha. Boller & Nösberger (1987) fandt, at N-mineralisering fra jorden udgjorde en betydelig større andel af kløverens N i 1. slæt efter etableringen end i de efterfølgende slæt. Der vil således under alle omstændigheder blive tale om meget små mængder høstet N-fiksering i udlægsåret, når kløvergræs udlægges under en dæksæd.

Resultaterne i tabel 7 vil i det efterfølgende blive anvendt som grundlag for beregningen af N-fikseringen i kløvergræsmarkerne på helårsgødningsbrugene. I betragtning af at kvælstoffikseringen er et resultat af et meget komplekst samspil mellem klima, jord, kløver, græs og tilførsel af N, kan opstillingen i tabel 7 forekomme meget forenklet. Pointen er imidlertid, at niveauet og dynamikken i %-kløver tilsyneladende afspejler N-fikseringen udmærket, fordi der er samvariation til en række andre kendte og betydende faktorer.

3.2 Fiksering i lucerne

Tilførslen af N i form af gødning til lucerne er lav på de helårsgødningsgårde, der dyrker denne afgrøde. Derfor kan det forventes, at der vil være en rimelig god sammenhæng mellem N-fikseringen og høstet kvælstof.

N-nettoudbyttet i lucerne (ekskl. konserveringstab) blev på helårsforsøgsbrugene i 1989 og 1990 målt til 294 kg N/ha/år (min. - maks.: 221-413 kg N/ha). I en svensk undersøgelse målt af Wiwstad et al. (1987) 242 og 319 kg høstet N-fiksering pr. ha i lucerne gennem 2 år (¹⁵N-metoden). Wiwstad et al. fandt endvidere, at høstet N-fiksering kun udgjorde knap 80% af bruttoudbyttet i kvælstof, idet jorden bidrog med det resterende. Ved afslutningen var der dog en betydelig mængde N i rødder og stub, hvilket indikerer, at tilførslen til jordens kvælstofpulje var større end bortførslen. Hvis det antages, at den samlede N-fiksering er 20% større end nettoudbyttet (294 kg N/ha), bliver den gennemsnitlige fiksering i en lucernemark på helårsforsøgsbrugene 353 kg N/ha/år. Dette skøn forekommer rimeligt både i forhold til de svenske undersøgelser og i forlængelse af tabel 7, idet lucerne i ren bestand derved fikserer ca. 100 kg N/ha mere end en god kløvergræsmark (over 49% kløver). I det efterfølgende vil N-fikseringen i lucerne således blive beregnet som N-nettoudbyttet + 20%.

3.3 Fiksering i frøbælgplanter

Den kvantitative betydning af N-fiksering fra andre bælgplanter end kløver og lucerne er relativ beskeden på helårsforsøgsbrugene. Hestebønner og især ærter indgår dog i varierende omfang på flere brug.

N-fiksering i ærter og hestebønner er undersøgt af Jensen et al. (1985a, b) og Jensen (1992). På baggrund af disse undersøgelser er den samlede fiksering i bælgssæd beregnet til 25 kg N pr. ton høstet tørstof i grønmasse (helsædshøst) og 42 kg N pr. ton høstet kerne (modenhed).

Jensen et al. (1985a) fandt god overensstemmelse mellem høstet N-fiksering målt ved ¹⁵N-teknik og målt ved differensmetoden. Ved hjælp af differensmetoden kan høstet N-fiksering i markforsøg med byg og byg + ært (Hostrup, 1987) beregnes til 20 kg N pr. ton høstet tørstof i grønmasse. Under antagelse af, at N-fiksering i stub udgør 10% og N-fiksering i rod og udstødte udgør 10% (Jensen et al., 1985 b), blev den samlede N-fiksering 24 kg pr. ton tørstof i grønmasse i Hostrups forsøg - altså god overensstemmelse til de ovennævnte undersøgelser af Jensen et al. På den baggrund vil de ovennævnte værdier på 42 kg N pr. ton høstet kerne og 25 kg N pr. ton helsædstørstof blive anvendt ved beregningen af N-fikseringen i frøbælgplanter høstet på helårsforsøgsbrug.

4 Fikseringen på helårsforsøgsbrugene

baggrund af forudsætningerne beskrevet i det foregående blev den samlede N-fiksering regnet som vist i tabel 8. Det ses, at i bælgsæden, der især omfatter ærter, var fikseringen større på de konventionelle brug i forhold til de økologiske. Dette skyldes, at på de konventionelle brug blev mange ærter dyrket i renbestand, hvorimod på de økologiske brug indtærterne næsten altid i blanding med vårkorn. Til gengæld var arealet med bælgsæd størst på de økologiske brug, således at bidraget til gårdens samlede N-fiksering var stort set ens (75 kg N/ha). Lucerne, der blev dyrket på 9% af de økologiske gårde, bidrog med 33 kg N/ha som følge af det høje fikseringsniveau pr. ha.

Slåvoldsgræs i 1. og 2. brugsår udgjorde ca. 1/4 af arealet på såvel de økologiske som de konventionelle brug. Andelen af kløver var imidlertid størst på de økologiske brug (44% af arealet mod 49% kløver), derfor blev bidraget til gårdens samlede N-fiksering 71% større på de økologiske i forhold til de konventionelle brug. Ældre græsmarker bidrog forholdsvis lidt ved de forskellige driftsformer.

Gårdens samlede gennemsnitlige N-fiksering blev næsten 3 gange så stort på de økologiske brug (30 kg/ha) som på de konventionelle brug (30 kg/ha). Dette skyldes dels en større andel med kvægpflanter (2:1), dels større fikseringsniveau (+40%) ved økologisk drift.

Tabel 8 Beregnet kvælstoffiksering på de økologiske og konventionelle kvægbrug som gennemsnit af 1989 og 1990 (kg N/ha/år).

Driftsform	Økologisk			Konventionel		
	Pr. ha bælgplante	% af går- dens areal	Bidrag til gården	Pr. ha bælgplante	% af går- dens areal	Bidrag til gården
Bælgsæd	39	18	7	72	7	5
Lucerne	353	9	33	0	0	0
Slåvoldsgræs:						
1./2. brugsår	171	24	41	100	23	23
3./4. brugsår	66	4	3	44	2	1
Vedvarende	25	13	3	0	0	0
I alt på gården	128	68	87	91	32	29

4. RESULTATER

4.1 Kvælstofomsætningen på gårdniveau

Tabel 9 og 10 viser kvælstofomsætningen ved konventionel og økologisk drift udtrykt i kg pr. ha pr. år for de enkelte gårde. Resultaterne er ordnet efter antal dyreenheder pr. ha, idet gårdens husdyrhold kan have betydning for indkøb og udbytte af kvælstof. Det bør iagttages at kvælstof indkøbt i "foder" udtrykker nettoindkøbet af afgrøder, altså indkøbet af foderhalm og udsæd fratrukket evt. solgte afgrøder (se ligning 1 afsnit 2.3.1). Kvælstof fra atmosfæren omfatter både atmosfærisk nedfald og kvælstof fikseret via bælgeplanter. Atmosfærisk nedfald er antaget at være 21 kg/ha/år (Miljøstyrelsen, 1990). Fikseringen er beregnet som skrevet i afsnit 3. Overskud og effektivitet er beregnet efter ligning 2 og 3 i afsnit 2.3.1, hvor effektiviteten udtrykker udnyttelsen af indsat kvælstof (nettoindkøb + atmosfære) til kvælstof i mælk og kød.

Det fremgår af tabel 9 og 10, at der kan være nogen forskel i kvælstofomsætningen imellem de to driftsår inden for den enkelte gård. Årsagen hertil kan være ændringer i forholdet mellem husdyrhold og areal eller ændringer i afgrødevalg og gødskningsniveau. Der var dog ikke nogen generel signifikant virkning af driftsåret ($P > 0,50$).

Som følge af at de forskellige indsatsfaktorer substituerer hinanden, kan der næppe forventes nogen simpel sammenhæng ved de enkelte typer af indsats på tværs af gårdene. Dertil kommer, at virkningen og udnyttelsen af de forskellige typer er noget forskellig. Den samlede indsats vil således blive en kompleks funktion af husdyrhold, afgrødevalg, jordtype, prisforhold m.m. På tilsvarende måde er udbyttet og overskuddet af kvælstof et komplekst sammensat resultatmål. I det efterfølgende afsnit 4.2 er der redegjort mere detaljeret for de driftsmæssige dispositioner i 10 brug med henblik på at opnå en større forklaringsgrad.

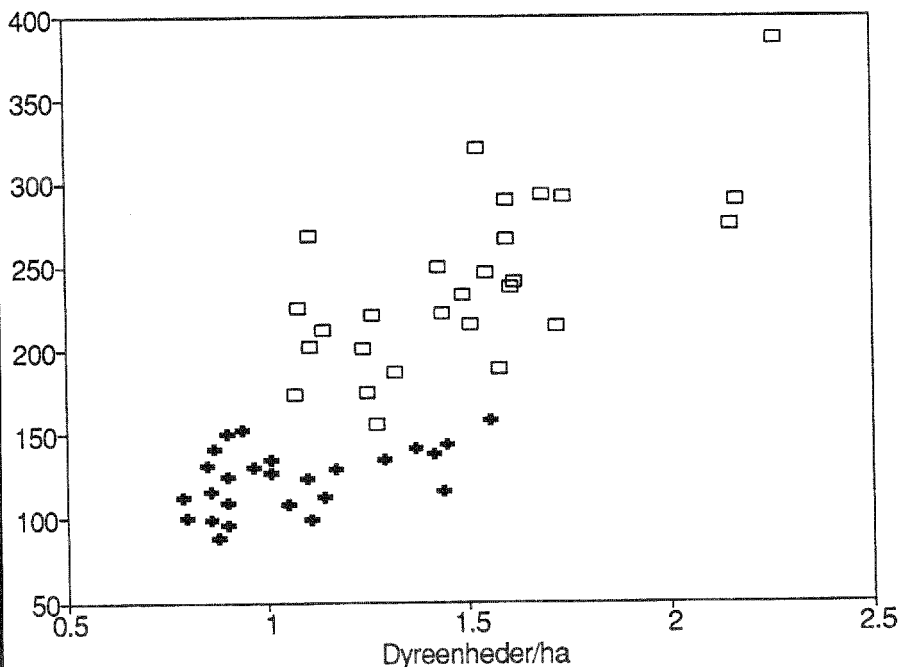
Der er dog en klar forskel mellem tabel 9 og 10 med hensyn til sammensætningen af det indsatte kvælstof. På de konventionelle gårde (tabel 9) indkøbes en stor mængde mineralsk gødning (56% af indsatsen). På de økologiske gårde (tabel 10) indkøbes ikke mineralsk gødning, og til gengæld udgør $N_{\text{atmosfære}}$ en stor andel (69% af indsatsen). Det fremgår ligeledes, at overskuddet tilsyneladende er størst og effektiviteten mindst på de konventionelle i forhold til økologiske gårde. Der er imidlertid også stor spredning inden for de to grupper, og da både jordtypen og belægningsgraden er væsentlig forskellig, kan de to grupper ikke umiddelbart sammenlignes. I figur 3 er overskuddet illustreret som funktion af antal dyreenheder pr. ha.

el 9 Indsats (nettoindkøb og atmosfære), udbytte (nettosalg), overskud og effektivitet af kvælstof på konventionelle kvægbrug gennem 2 driftsår, kg N/ha/år.

	Jord- type	År	Dyre- enhed pr. ha	Nettoindkøb			At- mos- fære	Nettosalg mælk + kød	Over- skud	Effek- tivitet (%)
				"Fø- der"	Hus- dyr- gødn.	Mine- ralsk gødn.				
	sandbl.	1	1,08	19	0	190	53	36	226	14
		2	1,07	20	0	160	30	37	173	18
2	sandbl.	2	1,11	66	20	190	29	36	269	12
3	sandbl.	1	1,11	19	0	133	84	34	202	14
		2	1,14	40	0	144	65	37	212	15
4	lerbl.	1	1,25	26	0	150	37	39	174	18
		2	1,24	50	0	151	38	38	201	16
5	lerbl.	2	1,27	90	÷31	111	24	38	156	20
6	sandbl.	1	1,32	67	0	128	39	47	187	20
		2	1,49	80	0	127	77	51	233	18
7	sandbl.	1	1,55	73	0	177	45	48	247	16
		2	1,26	40	0	168	56	43	221	16
8	sandbl.	1	1,43	80	0	168	52	50	250	17
		2	1,44	61	0	133	76	48	222	18
9	sandbl.	1	1,51	81	0	136	35	36	216	14
		2	1,58	78	0	122	35	46	189	20
0	lerbl.	1	1,53	94	0	204	69	46	321	13
		2	1,60	93	0	172	70	45	290	13
1	sandbl.	1	1,61	71	0	181	36	50	238	17
		2	1,60	98	0	179	43	53	267	17
2	sandbl.	2	1,62	75	0	192	21	47	241	16
3	sandbl.	1	1,74	173	0	120	62	62	293	17
		2	1,69	107	0	114	132	59	294	17
	sandbl.	2	1,72	83	0	156	24	48	215	18
5	sandbl.	1	2,15	94	0	198	40	57	275	17
		1	2,16	101	0	200	49	60	290	17
6	lerbl.	2	2,26	205	0	232	21	71	387	16
Gennemsnit (x)			1,50	77	0	161	50	47	240	16,4
Standardafvigelse			0,32	42	7	32	24	9	52	2,1
Standard. pr. dyreenhed			-	51	0	107	33	31	160	-

Tabel 10 Indsats, udbytte, overskud og effektivitet af kvælstof på økologiske kvægholde gennem 2 driftsår, kg N/ha/år.

Nr.	Jord-type	År	Dyre-enhed pr. ha	Nettoindkøb		At-mos-fære	Nettosalg mælk + kød	Over-skud	Effek-tivite (%)
				"Foder"	Husdyr-gødning				
1	lerbl.	1	0,79	11	0	125	24	112	18
		2	0,80	28	0	98	25	101	20
2	lerbl.	1	0,86	12	0	128	24	116	17
		2	0,86	11	0	113	25	99	2
3	sandbl.	1	0,87	34	15	116	24	141	15
4	sandbl.	1	0,85	16	55	81	21	131	1
		2	0,90	34	31	83	23	125	1
5	lerbl.	1	0,88	29	4	82	27	88	23
		2	0,90	7	10	161	28	150	1
6	lerbl.	1	0,90	29	29	77	26	109	1
		2	0,90	1	29	95	29	96	2
7	lerbl.	1	0,97	46	0	112	28	130	1
		2	1,01	64	2	94	26	134	1
8	lerbl.	1	1,05	61	0	83	36	108	2
		2	0,94	49	24	112	32	153	1
9	lerbl.	2	1,01	34	21	102	30	127	1
10	lerbl.	1	1,14	38	0	112	38	112	25
		2	1,10	39	0	123	39	123	24
11	lerbl.	1	1,17	46	0	118	35	129	2
		2	1,11	26	0	107	34	99	26
12	sandbl.	1	1,45	50	0	133	39	144	2
		2	1,29	39	0	137	42	134	24
13	lerbl.	1	1,37	66	0	116	41	141	23
		2	1,42	62	0	117	41	138	23
14	sandbl.	1	1,56	97	20	94	53	158	25
		2	1,44	83	0	82	49	116	30
Gennemsnit (x)			1,06	39	9	108	32	124	20,7
Spredning			0,23	24	14	21	8	19	4,1
Gns. pr. dyreenhed			-	37	8	102	30	117	



Figur 3 N-overskud som funktion af belægningsgraden ved konventionel (□) og økologisk drift (+).

Med henblik på at kunne beskrive variationen blev N-overskud og N-effektivitet analyseret efter en statistisk model for virkningen af belægningsgrad, jordtype og driftsform. Da 2 observationer (2 driftsår) inden for samme gård ikke kan betragtes som uafhængige, blev analysen gennemført med én observation pr. gård. I tilfælde af 2 driftsår blev der altså beregnet et gennemsnit for den enkelte gård.

Analysen viste, at jordtypen var uden signifikant betydning ($P > 0,2$). Derimod var der signifikant betydning af belægningsgraden ($P < 0,0001$) og virkningen var forskellig ved konventionel i forhold til økologisk drift (N-overskud: $P < 0,08$, N-effektivitet: $P < 0,003$). Regressionskoefficienten viste, at N-overskud steg med 117 kg/ha pr. dyreenhed ved konventionel drift og kun med 33 kg/ha/dyreenhed ved økologisk drift. N-effektiviteten steg med 1,0 %-enhed pr. dyreenhed ved konventionel drift og 12,6 %-enheder pr. dyreenhed ved økologisk drift. Som illustreret i figur 3 var det imidlertid kun på de konventionelle brug, at der var over 1,5 dyreenheder pr. ha og spredning i dyreenheder pr. ha var relativ lille på de økologiske brug. Virkningen af belægningsgraden skal tolkes med dette forbehold, og regressionskoefficienterne kan ikke uden videre tillægges nogen biologisk betydning.

Tabel 11 Overskud og udnyttelse af kvælstof ved forskellig driftsform. (Mindste kvælstofratens estimat $\pm$ spredning - én observation pr. gård).

	Økologisk	Konventionel	P-vær
N-overskud			
1) Ukorrigeret	124 $\pm$ 11	242 $\pm$ 11	0,000
2) Korrigeret for dyreenh. ¹⁾	132 $\pm$ 13	217 $\pm$ 9	0,000
3) Korrigeret for dyreenh. +50% N-fiks. ²⁾	177 $\pm$ 14	230 $\pm$ 10	0,01
N-effektivitet			
1) Ukorrigeret	20,4 $\pm$ 0,8	16,4 $\pm$ 0,7	0,000
2) Korrigeret for dyreenh. ¹⁾	23,5 $\pm$ 0,9	16,2 $\pm$ 0,7	0,000
3) Korrigeret for dyreenh. ¹⁾ +50% N-fiks. ²⁾	18,8 $\pm$ 0,8	15,5 $\pm$ 0,6	0,01

1) Korrigeret til 1,28 dyreenheder pr. ha (= gns. af alle obs.).

2) Kvælstoffikseringen antages at være øget med 50% på den enkelte gård.

Tabel 11 viser den estimerede virkning af driftsformen ved forskellige statistiske modeller. Det ses, at uanset om de to driftsformer sammenlignes ukorrigeret (1) eller korrigeret for belægningsgraden inden for driftsformen (2), er der en klar signifikant forskel således, at økologiske brug udviser mindre overskud og større effektivitet af kvælstof end de konventionelle brug. Den ukorrigerede forskel er 118 kg N/ha i overskud og 4 %-enheder i udnyttelse. Korrigeret til 1,28 dyreenheder pr. ha (gennemsnit af samtlige gårde) er forskellen 85 kg N i overskud og 7,3 %-enheder i N-effektivitet.

Som beskrevet i afsnit 3 er indsatsen i form af N-fiksering beregnet ud fra bælglplanteandelen og derfor behæftet med nogen usikkerhed. Det kan derfor være relevant at gennemføre en statistisk analyse med et højere fikseringsniveau for at se, om dette vil ændre resultaterne. Model 3 i tabel 11 viser resultatet af en analyse, hvor det er antaget, at N-fikseringen er 50 % større end forudsat i tabel 9 og 10. Det svarer til, at N-fikseringen er 528 kg N/ha i lucerne og 372 kg N/ha i en god kløvergræsmark (se tabel 7 og 8). Det ses, at herved formindskes forskellen mellem de to driftsformer til 53 kg/ha i N-overskud og 3,3 %-enheder i N-effektivitet. Men forskellen er stadigvæk signifikant. Analysen viste endvidere, at virkningen af belægningsgraden var stort set uændret i forhold til model 2.

2 Omsætningen af kvælstof i besætning og afgrøder

Med henblik på at kunne opnå en bedre forståelse af gårdens kvælstofomsætning blev der udvalgt i alt 10 kvægbrug, hvor indsats, udbytte og overskud i de enkelte afgrøder og besætningen er kvantificeret efter modellen i figur 2. Opgørelsen omfatter vækstsæsonen 1990, men som følge af at husdyrgødningen primært produceres i vinteren forud for vækstsæsonen, er perioden rent teknisk afgrænset til perioden 1/11 1989 - 30/4 1991.

De konventionelle gårde er udvalgt således, at de repræsenterer dels virkningen af belægningsgraden, dels afvigelse fra den generelle virkning af belægningsgraden på kvælstofoverskud. I henhold hertil er gård nr. 1, 2, 15 og 16 udvalgt. De økologiske gårde er udvalgt således, at de repræsenterer både høj belægningsgrad, forskellig jordtype og gødningstype. I tabel 2 er givet en nærmere karakteristik af de udvalgte gårde.

Tabel 12 Karakteristik af udvalgte gårde, hvor kvælstofomsætningen i afgrøder og besætningen er opgjort.

Nr.	Jordtype (Dominerende JB nr.)	Dyre- enh./ha	Van- ding	Gødningstype	N-overskud ¹⁾ kg N/ha
Konventionelle gårde					
1	Sandblandet (3)	1,07	Ja	Gylle	173
2	Sandblandet (4)	1,11	Nej	Fast + ajle	269
15	Sandblandet (3)	2,16	Ja	Gylle	290
16	Lerblandet (5)	2,26	Nej	Gylle + dybstrøelse	387
Økologiske gårde					
2	Lerblandet (6)	0,86	Nej	Beluftet gylle + dybstr.	99
4	Sandblandet (2)	0,90	Ja	Gylle + dybstrøelse	125
6	Lerblandet (3)	0,90	Ja	Gylle	96
12	Sandblandet (1)	1,29	Ja	Beluftet gylle	134
13	Lerblandet (6)	1,42	Ja	Fast + ajle	138
14	Sandblandet (2)	1,44	Nej	Fast + ajle	116

) Efter tabel 9 og 10 driftsår 2.

Tabel 13 Indsats, udbytte og overskud af kvælstof i 10 udvalgte besætninger, kg N pr. dyreenhed i perioden 1/11 1989 - 1/11 1990.

Gård nr.	Stald-foder	Strøelse	Afgræsn. foder	I alt	Mælk + kød	Tab til atmosfære	Husdyrgødning til marken
Konventionelle gårde							
1	119	1	62	182	34	24-49	99-124
2	125	7	36	168	32	24-48	87-112
15	80	0	90	170	28	21-42	101-122
16	121	14	48	183	32	26-52	99-125
Økologiske gårde							
2	100	10	65	175	29	24-48	98-122
4	101	10	53	164	26	23-46	92-115
6	112	2	68	181	32	24-48	101-125
12	110	3	59	172	33	23-46	93-116
13	98	3	64	165	29	22-44	92-114
14	114	5	81	200	34	26-52	114-139

Tabel 13 viser omsætningen af kvælstof i besætningen under antagelse af, at tabet til atmosfæren varierer 20-40% af staldgødningen og 10-20% af gødning under afgræsning (jf. afsnit 2.2). Det ses, at husdyrgødning til marken varierer en del mellem gårde, men der er ikke nogen umiddelbar forskel mellem de to driftsformer. Det kan beregnes, at som gennemsnit alle 10 gårde blev der pr. dyreenhed tabt 24-47 kg N til atmosfæren og tilført 98-121 kg N til marken.

Tabel 14 og 15 viser omsætningen af N i afgrøderne. Tilført husdyrgødning i tabel 14 og 15 kan for den enkelte gård beregnes som produktion pr. dyreenhed (efter tabel 13) multipliceret med belægningsgraden plus eventuelt indkøbt husdyrgødning (tabel 9 og 10). Tidsforskydningen betyder, at det samlede N-overskud, som kan beregnes ud fra tabel 13, 14 og 15, ikke nødvendigvis er i overensstemmelse med N-overskud vist i tabel 9 og 10, fordi produktion af husdyrgødning kan være ændret. Endvidere bør det bemærkes, at N-tabet under konservering af roetop ikke indgår (se afsnit 3.2.2) og, at N-indsatsen i form af udsæd er udeladt i tabel 14 og 15. Udsæden udgør typisk 2 kg N/ha/år som gennemsnit af hele sædskiftet. I de efterfølgende 2 afsnit giver en kort præsentation af N-omsætningen i afgrøderne på de brug.

bel 14 Indsats, udbytte og overskud af kvælstof i afgrøderne på 4 konventionelle kvæggårde, kg N/ha. Vækstsæsonen 1990.

afgrøde	% af areal	Indsats				Udbytte	Overskud, jord
		Mine- ralsk gødning	Husdyrgødning (% afgræsn.) ¹⁾	At- mos- fære	I alt		
ard nr. 1							
dv. græs	12	167	78 - 87(33)	21	266 -275	123	143 -152
dsks. græs	29	266	169 -200(29)	51	486 -517	280	206 -237
er	9	70	228 -301 (0)	21	319 -395	256	63 -139
intersæd	23	123	63 - 84 (0)	21	207 -228	131	76 - 97
erbyg	<u>26</u>	<u>105</u>	<u>47 - 62 (0)</u>	<u>21</u>	<u>173 -188</u>	<u>115</u>	<u>58 - 73</u>
lt pr. ha	100	160	108 -134(17)	30	298 -324	181	117 -143
ard nr. 2							
dv. græs	21	201	49 - 58(21)	21	271 -280	176	95 -104
dsks. græs	24	245	111 -132(14)	54	410 -431	225	185 -206
er	11	156	459 -596 (0)	21	636 -773	259	377 -514
intersæd	14	193	112 -142 (0)	21	326 -356	118	208 -238
erbyg + udlæg	<u>30</u>	<u>149</u>	<u>50 - 61 (6)</u>	<u>21</u>	<u>220 -231</u>	<u>95</u>	<u>125 -136</u>
lt pr. ha	100	190	116 -145 (8)	29	335 -364	164	171 -200
ard nr. 15							
dv. græs	28	251	213 -250(47)	21	485 -522	149	336 -373
dsks. græs	30	220	224 -253(68)	119	563 -592	351	212 -241
lsæd+efft.	<u>43</u>	<u>152</u>	<u>218 -279(14)</u>	<u>21</u>	<u>391 -452</u>	<u>277</u>	<u>114 -175</u>
lt pr. ha	100	200	219 -264(33)	49	468 -513	263	205 -250
ard nr. 16							
dvarende	15	130	142 -159(54)	21	293 -310	193	100 -117
dsks. græs	31	345	197 -226(30)	21	563 -592	337	226 -255
er	25	154	392 -546 (0)	21	567 -721	137	430 -584
lsæd+efft.	<u>29</u>	<u>231</u>	<u>156 -190 (5)</u>	<u>21</u>	<u>408 -442</u>	<u>157</u>	<u>251 -285</u>
lt pr. ha	100	232	224 -284(16)	21	477 -537	213	264 -324

Bidraget under afgræsning er beregnet som gennemsnit i pct. af den samlede mængde tilført husdyrgødning.

Tabel 15 Indsats, udbytte og overskud af kvælstof i afgrøderne på 6 økologiske kvælstofbrug, kg N/ha. Vækstsæsonen 1990.

Afgrøde	% af areal	Indsats			Ud- bytte	Overskud jord
		Husdyrgødning (% afgræsn.) ¹⁾	Atmos- fære	I alt		
Gård nr. 2						
Græs (inkl. vedv.)	38	89 - 99 (97)	122	211 -221	140	71 - 8
Lucerne	14	0 (0)	406	406	323	7 -
Roer	4	172 -229 (0)	21	193 -250	230	÷37 - 2
Vintersæd	17	82 -109 (0)	21	103 -130	96	7 -
Vårkorn + udl.	14	143 -189 (5)	21	164 -210	74	90 -1
Byg + ært	10	15 - 20 (0)	33	48 - 53	65	÷17 - ÷
Kartofler m.v.	<u>1</u>	<u>118 -158 (0)</u>	<u>21</u>	<u>139 -179</u>	<u>99</u>	<u>40 - 8</u>
I alt pr. ha	100	84 -105 (41)	113	197 -218	143	54 - 7
Gård nr. 4						
Vedv. græs	23	55 - 62(100)	39	94 -101	91	3 - 1
Sædsk. græs	24	243 -283 (29)	181	424 -464	233	191 -22
Helsæd + udl.	16	23 - 26(100)	107	130 -133	193	÷63 - ÷6
Vårbyg	10	79 - 93 (0)	21	100 -114	113	÷13 -
Byg+ært+udl.	15	54 - 63 (0)	63	117 -126	79	38 - 4
Kartofler+porer	<u>13</u>	<u>198 -234 (0)</u>	<u>21</u>	<u>219 -255</u>	<u>58</u>	<u>161 -19</u>
I alt pr. ha	100	116 -135 (29)	83	199 -218	137	62 - 8
Gård nr. 6						
Vedv. græs	25	92 -107 (62)	56	148 -163	104	44 - 5
Sædsk. græs	27	208 -242 (45)	194	402 -436	312	90 -12
Roer	3	176 -213 (0)	21	197 -234	258	÷61 - ÷
Helsæd + udl.	2	19 - 22(100)	63	82 - 85	113	÷31 - ÷
Vintersæd	12	88 -106 (0)	21	109 -127	89	20 -
Vårkorn	9	104 -125 (6)	21	125 -146	80	45 -
Byg+ært	15	106 -129 (0)	61	167 -190	96	71 -
Hestebønner	<u>7</u>	<u>0 (0)</u>	<u>200</u>	<u>200</u>	<u>170</u>	<u>÷</u>
I alt pr. ha	100	120 -143 (34)	95	215 -238	163	52 -

forts.

el 15 Indsats, udbytte og overskud af kvælstof i afgrøderne på 6 økologiske kvægbrug, kg N/ha. Vækstsæsonen 1990. (Fortsat).

grøde	% af areal	Indsats			Udbytte	
		Husdyrgødning (% afgræsn.) ¹⁾	Atmos- fære	I alt	Ud- bytte	Overskud, jord
rd nr. 12						
v. græs	13	86 - 97(100)	39	125 -136	13	112 -123
sk. græs	41	166 -215 (25)	205	371 -420	230	141 -190
lsæd + udb.	22	78 - 96 (54)	66	144 -162	199	÷55 ÷37
tersæd	13	86 -116 (0)	21	107 -137	136	÷29 - 1
erne	7	32 - 42 (0)	408	440 -450	322	118 -128
tofler	<u>4</u>	<u>232 -253 (0)</u>	<u>21</u>	<u>253 -274</u>	<u>70</u>	<u>183 -204</u>
lt pr. ha	100	120 -150 (31)	137	257 -287	183	74 -104

rd nr. 13						
v. græs	32	37 - 42(100)	51	88 - 93	83	5 - 10
s+lucern.	32	144 -164 (96)	289	433 -453	415	18 - 38
r	8	200 -267 (0)	21	221 -288	146	75 -142
korn + udl.	21	240 -318 (9)	21	261 -339	173	88 -166
tofler mv.	<u>6</u>	<u>72 - 96 (0)</u>	<u>21</u>	<u>93 -117</u>	<u>87</u>	<u>6 - 30</u>
lt pr. ha	100	131 -162 (48)	117	248 -279	213	35 - 66

rd nr. 14						
dsdsk. græs	59	158 -192 (60)	120	278 -312	222	56 - 90
er	8	170 -227 (0)	21	191 -248	221	÷30 - 75
rkorn + udl.	23	99 -125 (28)	21	120 -146	111	9 - 25
lsæd + udl.	<u>10</u>	<u>323 -399 (45)</u>	<u>37</u>	<u>360 -436</u>	<u>230</u>	<u>130 -206</u>
t pr. ha	100	163 -200 (49)	82	245 -282	197	48 - 85

Bidraget under afgræsning er beregnet som gennemsnit i pct. af den samlede mængde tilført husdyrgødning.

4.2.1 Konventionelle gårde

Gård nr. 1 har en lav belægningsgrad (1,07 DE/ha) og vandet, sandblandet jord. 12% varende græs. Tabel 14 viser, at sædskiftegræsmarkerne pr. ha tilføres 266 + (169-200) kg N i handels- + husdyrgødning (29% fra afgræsning). Græsmarkerne får herved den højeste deling på 486-517 kg/ha. Bortførslen er også stor, men N-overskuddet i jorden er alligevel over 200 kg N/ha. I korn og roer er N-overskuddet fra 58-139 kg N/ha. I gennemsnit af afgrøder er overskuddet i jorden 117-143 kg N/ha.

Gård nr. 2 har ligeledes lav belægningsgrad (1,11 DE/ha) og uvandet, sandblandet jord. vedvarende græs. Tabel 14 viser, at korn og især roer gødes stærkere end på gård 1. højere gødningstilførsel samt mere moderate udbytter medfører, at overskud i jorden i korn og roer er over dobbelt så stort som på gård nr. 1. Som gennemsnit af alle afgrøder er N-overskuddet 171-200 kg N/ha, altså ca. 50 kg N/ha større end på gård nr. 1.

Gård nr. 15 har en høj belægningsgrad (2,16 DE/ha) og vandet, sandblandet jord. 28% varende græs. Hele arealet anvendes til grovfoderproduktion. Tabel 14 viser, at i græsafgrøderne udgør gødning fra afgræsning en væsentlig N-kilde, hvilket sammen med 119 kg frømosfæren giver anledning til en høj N-tilførsel i sædskiftegræs (563-592 kg N/ha). Tildelingen i helsæden er også høj som følge af, at efterafgrøden får såvel mineralsk gødning (87 kg N/ha) som fæces og urin fra afgræsningen. Resultatet af hele sædskiftet er en samlet tilførsel på 468-513 kg N/ha. Det er ca. 150 kg større end gård nr. 2, men udbyttet er imidlertid 100 kg større (høj andel af græsafgrøder), derfor er overskuddet i jorden kun ca. 50 kg større end på gård nr. 2 (i alt 205-250 kg/ha).

Gård nr. 16 har en høj belægningsgrad (2,26 DE/ha) og lerblandet jord. Det ses, at især roer har et meget stort overskud på 512-634 kg N/ha. Dette skyldes dels stor tilførsel, dels at roetoppen blev efterladt på marken. Den samlede tilførsel er kun 10-20 kg N/ha større end på gård nr. 15, men udbyttet er 50 kg mindre, således at overskuddet er 60-70 kg større end på gård nr. 15 (i alt 264-324 kg/ha).

4.2.2 Økologiske gårde

Gård nr. 2 har en lav belægningsgrad (0,86 DE/ha) på lerblandet jord. Ca. 1/5 af areal vedvarende græs, hvis N-omsætning ikke kan adskilles fra kløvergræs i sædskiftet. Der købes ikke husdyrgødning, og gødskningsniveauet er derfor lavt (84-105 kg N/ha). Tabel

er, at overskuddet i byg + ært er negativt, også i roerne ved det laveste gødskningsniveau (72 kg N/ha) er overskuddet negativt. Det viser, at jorden har været i stand til at stille den resterende N-mængde til rådighed. Der er kun et væsentligt overskud efter kløvergræs, lucerne og vårkorn med udlæg. Som gennemsnit af alle afgrøder er overskuddet 54-75 kg N/ha.

gård nr. 4 har en lav belægningsgrad (0,90 DE/ha), vandet, sandblandet jord. 23% vedvarende græs. Der indkøbes husdyrgødning svarende til 31 kg N/ha. Alligevel er den samlede tilførsel som gennemsnit af alle afgrøder uændret i forhold til gård nr. 2, fordi det højere husdyrgødskningsniveau modsvares af et tilsvarende lavere N-fikseringsniveau (ingen lucerne). Udbyttet og overskuddet er også stort set uændret i forhold til gård nr. 1 (62-81 kg N/ha). Endvidere fremgår det, at N-overskuddet i helsæd og vårbyg er negativt.

gård nr. 6 har en lav belægningsgrad (0,90 DE/ha), delvis vandet, lerblandet jord. 25% vedvarende græs. Der indkøbes 29 kg N/ha i form af svinegyde. Det ses, at den samlede gennemsnitlige N-tilførsel er ca. 20 kg/ha større end gård nr. 2 og 4. N-udbyttet er imidlertid tilsvarende ca. 20 kg/ha større, derfor er overskuddet stort set uændret (52-75 kg N/ha). Overskuddet er negativt i roer og helsæd.

gård nr. 12 har en middel belægningsgrad (1,29 DE/ha), vandet, sandblandet jord. 13% vedvarende græs. Det ses, at tildelingen af husdyrgødning som gennemsnit af alle afgrøder er stort set på niveau med gård nr. 6. N-atmosfære er imidlertid 42 kg/ha større, som følge af store sædskiftegræs og lucerne. N-udbyttet er 20 kg/ha større end på gård nr. 6. Det samlede resultat bliver, at overskud som gennemsnit af alle afgrøder er 74-104 kg N/ha, hvilket er ca. 5 kg/ha større end på gård nr. 2, 4 og 6. På trods af dette er der alligevel negativt overskud på 1/3 af arealet, nemlig i vintersæden og helsæden.

gård nr. 13 har en middel belægningsgrad (1,42 DE/ha), vandet lerjord. 32% vedvarende græs. En væsentlig forskel i forhold til de foregående 3 eksempler er en anden fordeling af husdyrgødningen. Det ses, at græsafrøderne (inkl. lucerne) kun tildeles den gødning, der efterlades under afgræsning, derfor er der en relativ stor andel til roer og korn. Som følge heraf er overskuddet relativt lavt i græsafrøderne og omvendt relativt højt i korn og roer. Som gennemsnit af hele sædskiftet er N-overskud lidt under de foregående eksempler (35-66), hvilket især kan forklares ved et meget stort N-udbytte (213 kg N/ha).

gård nr. 14 har en middel belægningsgrad (1,44 DE/ha) på uvandet, sandblandet jord. Alle afgrøder indgår i sædskiftet. Det ses, at tildelingen af husdyrgødning er 30-50 kg/ha større end

på gård nr. 12 og 13, især som følge af en noget større tildeling af N i foder (se tabel 13), trods af en høj andel af kløvergræs i sædskiftet (59%) er N-atmosfære som gennemsnit af afgrøder relativ lav. Det skyldes en relativ lav andel af kløver i græsafrøden (kun 12% af arealet med over 50% kløver, 25% af arealet med under 10% kløver). Den samlede N-tilførsel var derfor på niveau med gård nr. 13. N-udbyttet var 16 kg/ha lavere. Resultatet er, at overskuddet som gennemsnit af alle afgrøder (48-85 kg N/ha) er på niveau med gård nr. 2, 4 og 5.

5. DISKUSSION

Konventionelle gårde

De konventionelle gårde varierede N-effektiviteten fra 13-20% og N-overskuddet fra 156-185 kg N/ha/år (tabel 9). Den statistiske analyse viste, at der var en positiv sammenhæng mellem N-overskud og belægningsgrad. Koefoed & Hansen (1990) fandt tilsvarende, at nettoproporten af kvælstof steg med stigende belægningsgrad. En positiv sammenhæng mellem belægningsgrad og N-overskud kan forklares ved, at en øget belægningsgrad medfører øget produktion af husdyrgødning pr. ha, hvilket, som nævnt i indledningen, øger risikoen for tab af kvælstof.

Figur 3 viser imidlertid, at der er tale om ret store forskelle fra den generelle virkning af belægningsgraden. En del af denne variation skyldes forskellig gødskningspraksis i forhold til landbrugerens bortførsel. Tabel 14 viser, at på gård nr. 1 (moderat belægning) og gård nr. 15 (høj belægning) ligger gødskningsniveauet betydeligt under henholdsvis gård nr. 2 (moderat belægning) og gård nr. 16 (høj belægning). I den forbindelse skal det nævnes, at der fra Helstedsforsøgenes side ikke er gjort noget specielt for at påvirke gødskningsadfærden på de konventionelle gårde. Rådgivningen vedrørende gødskning er sket lokalt.

En væsentlig årsag til at gødskningsniveauet er så forskelligt er formentlig et manglende kendskab til både mængde og N-indhold i husdyrgødningen. Laursen (1987), der danner grundlaget for den normtal omkring husdyrgødningen i mange håndbøger, angiver, at en dyreenhed (DE) producerer 115 kg N i husdyrgødning af dyr ved 7500 kg 4% mælk og staldfodring hele året. Ud fra tabel 13 kan gødningsproduktionen af dyr beregnes (forskellen mellem indsat i alt og udvalgt kød + kød) til at variere mellem 136 og 166 kg N/DE (i gennemsnit 145 kg N/DE) - altså væsentligt højere end angivet af Laursen (1987). Koefoed & Hansen (1990) fandt godt 20% højere produktion af dyr end anført af Laursen (1987). Årsagen til afvigelsen er, at kvælstofdistributionen i praksis ofte er større end forudsat i normtallene fra Laursen (1987).

Andre væsentlige usikkerhedsfaktorer er tabet af kvælstof fra dyr til afgrøde og afgrødens udnyttelse af den resterende mængde N i husdyrgødningen. Tab og N-udnyttelse afhænger af mange lang række faktorer vedrørende gødningstype, klimatiske forhold, gødningens håndtering, afgrøde m.m. Samspillet mellem disse faktorer er ikke kendt tilstrækkelig detaljeret til, at en pålidelig virkning af husdyrgødningen kan forudsiges og udnyttes i planlægningen på den enkelte bedrift (Hansen et al., 1990). Planlægningen af gødsningen under afgræsning er særlig

vanskelig, fordi dyrene recirkulerer størstedelen af kvælstoffet. Udnyttelsen af det recirkulerede N er imidlertid utilstrækkelig belyst, og der eksisterer meget få undersøgelser, der belyser virkningen af N-gødskningen under afgræsning, og som kan overføres til danske forhold.

Hvis det antages, at tabet af kvælstof fra dyr til afgrøde varierer fra 20-40% af staldgødning og 10-20% af gødningen afsat under afgræsningen viser de 4 eksempler i tabel 14, at gødningsniveauet i alt varierer fra 298-537 kg N/ha og N-overskud-jord varierer fra 117 til 1000 kg N/ha som gennemsnit af hele markdriften.

Det er ikke muligt at vurdere, om anvendelsen af husdyrgødningen og dermed gødskningsniveauet afviger fra det driftsøkonomisk optimale niveau på grund af dels usikkerheden omkring husdyrgødningens nyttevirkning og dermed dens marginale økonomiske værdi, dels manglende kendskab til den aktuelle økonomiske omkostning ved at sikre en god N-udnyttelse af husdyrgødningen. N-udnyttelsen er også meget klimaafhængig og derfor delvis uforudsigelig. Planlagt høj N-udnyttelse stiller derfor særlige krav til teknik og styring, herunder særlig fleksibilitet omkring gødskningen (Hansen & Østergaard, 1991). Det kan derfor ikke udelukkes, at omkostningen ofte overstiger den marginale økonomiske værdi ved at opnå den bedste mulige udnyttelse. I den forbindelse bør det erindres, at for en husdyrbruger er det ikke kun et spørgsmål om at gødske sine afgrøder, men også et spørgsmål om at få tømt lagrene af husdyrgødning.

Plantedirektoratet har udarbejdet en opgørelse over gødskningsniveauet i forhold til en minimumsgivende norm (Frederiksen, 1990 og 1991). Denne opgørelse viser, at specielt i rangelands afgrøderne var gødskningsniveauet højt. Opgørelsen viser endvidere, at gødskningsniveauet (beregnet som plantetilgængeligt kvælstof) blev øget i takt med stigende mængde tildelt husdyrgødning.

Ud fra Miljøstyrelsen (1990) kan N-overskud for hele landbruget beregnes til 455.000 t N/år eller 165 kg N/ha/år og N-effektiviteten kan beregnes til 17,2%. Belægningsgraden var i 1990 som gennemsnit 0,9 dyreenhed/ha (Danmarks Statistik, 1990). Overskuddet kan således på landsbasis beregnes til 184 kg N/dyreenhed/år. N-udnyttelsen ved omsætning af foder til kød- og mælkeske produkter er lidt lavere ved kvæg end ved svin (Hansen et al., 1990). Svin omsætter på landsbasis en meget stor andel af foderet. På kvægbrug er N-effektiviteten derfor formodentlig lidt lavere og N-overskuddet lidt højere end ovennævnte landsgennemsnit. På de konventionelle helårsforsøgsbrug var den gennemsnitlige N-effektivitet 16,4% og N-overskud 160 kg N/ha/år.

dyreenhed (tabel 9). Der er derfor ikke grund til at antage, at de konventionelle helårsforbrug har gødet væsentligt forskelligt fra almindelig gældende praksis.

Økologiske gårde

De økologiske gårde varierede N-effektiviteten fra 14-30% og N-overskuddet fra 88-158 kg N/ha (tabel 10). Den statistiske analyse viste en positiv sammenhæng mellem belægningsgrad og N-effektiviteten, men tilsyneladende ingen sammenhæng mellem belægningsgrad og N-overskuddet. De 6 eksempler på N-omsætningen i de økologiske afgrøder (tabel 15) viste en væsentligt større set ens overskud i jorden uanset belægningsgrad. Det bør dog erindres, at for de første var der tale om lille variation i belægningsgraden mellem de økologiske gårde (0,8-1,2 dyreenheder/ha), hvilket i sig selv gør det vanskeligt at beskrive virkningen ud fra en statistisk analyse. For det andet at i takt med ændret belægningsgrad ændredes også andre faktorer såsom indkøb af husdyrgødning, andel af vedvarende græs, andel og art af bælgeplanter samt N-udskillelsen i gødningen (tabel 15). Den statistisk estimerede virkning af belægningsgraden i det foreliggende materiale kan derfor næppe tillægges nogen generel betydning.

Eksemplerne vedrørende N-omsætning i afgrøderne ved økologisk drift viste, at i flere tilfælde faktisk roer og korn var jordens N-overskud negativt - altså N-udbyttet var større end N-indgangen. Dette viser, at når afgrøderne indgår i et sædskifte, kan "kvælstofunderforsynede" afgrøder gøre brug af jordens kvælstofreserve. Dette er muligt fordi en stor del af både husdyrgødningens organiske del og N-overskuddet i græsmarkerne kan indbygges i jordens let tilgængelige kvælstofpulje (immobilisering). Denne pulje frigøres (mineraliseres) forholdsvis let ved tilførsel af tilgødning som mineralsk N i de efterfølgende afgrøder (Christensen, 1989 og Rasmussen & Jarvis 1989).

Der er imidlertid to klare forudsætninger for, at ovennævnte netto N-overførsel kan finde sted. Den første skal græsmarkerne (inkl. kløver og lucerne) indgå i et sædskifte med en pæn del af N-krævende afgrøder. For det andet skal gødskningsniveauet i de efterfølgende N-krævende afgrøder være moderat. Begge dele er opfyldt på de økologiske helårsforsøgsbrug, hvilket er fordi de er fuldt omlagte til økologisk drift og derfor har været underlagt restriktioner på såvel indkøbt gødning som foder. Specielt "harmonimålet" fra Landsforeningen for Økologisk Jordbrug: "Der tilstræbes en gødningsmængde svarende til 1 storkreatur + opdræt af 1 ha som gennemsnit for hele sædskiftet" (Anonym, 1991a) har sikret et "loft" på gødskningsniveauet. Som gennemsnit af alle brug blev overskuddet 124 kg/ha/år og N-effektiviteten 20,7 % (tabel 10).

Statsreglernes nuværende udformning for økologisk landbrug tillader, at op til 25% af vejledende norm for kvælstoftilførsel i særlige tilfælde kan købes ude fra (Anonym, 1999). Det kan derfor ikke udelukkes fremover, at andre økologiske brug - specielt husdyrbrug og omlægning - i en periode kan komme op på endog meget høje mængder af tilført husdyrbrug.

5.3 Økologiske gårde i forhold til konventionelle

Som illustreret i figur 3 var der en klar niveauforskel i N-overskud mellem de konventionelle og de økologiske gårde. Den statistiske analyse viste da også, at forskellen på 118 kg N/ha i N-overskud og 4 %-enheder i N-effektivitet var stærkt signifikant (tabel 11) på trods af variationskoefficient på 13-20% inden for driftsformerne. Hvis der korrigeres til samme lægningsgrad (i gennemsnit 1,28 dyreenheder pr. ha) var forskellen 85 kg N/ha/år i N-overskud og 7,3 %-enheder i N-effektivitet, hvilket også var en klar signifikant forskel (tabel 12).

Den estimerede forskel mellem driftsformerne er afhængig af den beregnede kvælstoffiksering. Tabel 11 viser, at hvis det antages, at N-fikseringen var 50% større end forudsat i tabel 10, indsnævres forskellen mellem konventionel og økologisk drift fra 85 til 53 kg N/ha i N-overskud. 50% større N-fiksering svarer til en årlig fiksering på 529 kg N/ha i lucerne og 294 kg N/ha i en god kløvergræsmark, mindst (50% kløver). Udbyttet i lucerne var i gennemsnit 294 kg N/ha (afsnit 3.3) - dvs. i lucerne skulle 235 kg N/ha (529-294) eller ca. 80% af fikseringen høstes i lucernen være blevet frigjort eller oplagret under stubhøjden. I de danske undersøgelser blev høstet N-fiksering i en god kløvergræsmark målt til i gennemsnit 191 kg N/ha, hvoraf 2/3 blev høstet direkte gennem kløveren (se afsnit 3.2.2). En samlet N-fiksering på 372 kg svarer således til at 245 kg ($372 - 191 \cdot 2/3$) eller næsten det dobbelte af N-fikseringen høstes i kløveren skulle være blevet frigjort i løbet af sæsonen eller bundet i kløver under stubhøjde. Som gennemsnit af en stor gruppe lucerne og kløvergræsmarker forekommer en så stor N-frigørelse som nævnt ovenfor usandsynlig.

Denne beregning viser, at selv meget store afvigelser fra beregningsgrundlaget i afsnit 3.2.1 ikke kan forkaste hypotesen om, at de konventionelle helårsforsøgsbrug har større N-overskud og lavere N-effektivitet end de økologiske helårsforsøgsbrug.

En væsentlig forklaring på forskellen i N-overskud og N-effektivitet mellem driftsformerne er forskellen i gødningsniveauet i afgrøderne. Tabel 14, der beskriver variation inden for konventionel drift, viser, at gødskningsniveauet som gennemsnit af hele markdriften varierede

-537 kg N/ha/år. Tabel 15 viser, at inden for økologisk drift varierede tildelingen fra 197-164 kg N/ha/år. Altså betydeligt lavere end ved konventionel drift. Udbyttet var imidlertid tilsvarende højere ved konventionel drift (164-263 mod 137-213 kg N/ha). Resultatet af og derfor, at N-udnyttelsen (N-udbyttet divideret med den samlede N-indsats) var størst i de økologiske afgrøder, og som gennemsnit af hele markdriften varierede N-overskuddet fra 117-104 kg N/ha ved konventionel drift mod 35-104 kg N/ha ved økologisk drift. Inden for de økologiske afgrøder viser tabel 15, at ved økologisk drift kan et negativt N-overskud forekomme hyppigt, hvorimod det lavest beregnede N-overskud ved konventionel drift var 58 kg N/ha (tabel 14).

Udbytte-niveauet i FE eller kg kerne var på de økologiske brug 20-30% lavere end på de konventionelle brug (afsnit 2.1). Sammenholdes udbytteforskellen med forskellen i gødskingsniveau, antydes det - at kvælstof er en væsentlig begrænsende faktor for udbyttet på de økologiske brug - og omvendt at et øget N-gødskningsniveau på kvægbrug uvægerligt vil medføre faldende N-effektivitet og øget N-overskud.

N-overskud som mål for kvælstofudledningen

Beregnete N-overskud er et udtryk for det totale potentielle tab af kvælstof fra et landbrugssystem. Tab af kvælstof til atmosfæren kan antages at variere fra 20-40% af staldgødningen og 10-20% af gødningen afsat under afgræsning (se afsnit 2.2). Tabel 13 viser 10 eksempler, hvor N-atmosfære er beregnet til at variere fra 21 til 52 kg pr. dyreenhed.

Man kan på den ene side argumentere for, at ved økologisk drift er der størst økonomisk motivation for at reducere tabet af N til atmosfæren, fordi marginal virkningen af N her ofte vil være stor. På den anden side komposteres en del af husdyrgødningen på flere økologiske forsøgsbrug, hvilket - alt andet lige - vil øge N-tabet til atmosfæren. Der er derfor ikke grund til at antage, at der er en systematisk forskel i N-tabet til atmosfæren mellem de her sammenlignede to driftsformer ved samme belægningsgrad. Dvs. forskellen i N-overskud mellem økologisk og konventionel drift ved samme belægningsgrad kan antages at være den samme som forskellen i jordens N-overskud.

Jordens N-overskud kan indbygges i jorden (immobiliseres) eller tabes, først og fremmest i form af udvasket nitrat. Det er sandsynligt, at en stor andel af jordens N-overskud vil tabes i form af udvaskning. Hassink & Neeteson (1991) fandt, at niveauet af tilført mineralsk N i forsøgsafgrøder ikke påvirkede størrelsen af jordens totale N-pulje, idet overskud af tilført

mineralsk N blev tabt til omgivelserne. Mineraliseringen fra jorden antages at være proportional med jordens N-pulje og stiger derfor i takt med en eventuel stigning i jordpuljens størrelse (Barraclough & Jarvis, 1989 og Christensen, 1989). På langt sigt vil der altså opstå en balanceform for ligevægt mellem immobilisering og mineralisering. Dette ræsonnement leder hen på, at udvaskningen formentlig er/vil blive væsentlig mindre ved økologiske end ved de konventionelle kvægbrug.

Jordens indhold af mineralsk kvælstof (N-min.) om efteråret kan anvendes som et udtryk for risikoen for udvaskning (Østergaard, 1991). På baggrund af N-min. indholdet i den såkaldte kvadratnetsundersøgelse fandt Østergaard (1991) tendens til lidt lavere indhold af mineralsk kvælstof i jorden om efteråret 1987, men omvendt i 1988 ved økologisk drift i forhold til konventionelle husdyrgødede marker. Kristensen et al. (1992) har på baggrund af kvadratnetmålingerne 1990/91, hvor der indgik flere økologiske brug, også lavet en sammenligning mellem økologisk drift og konventionelle husdyrbrug. Heller ikke denne undersøgelse udviste nogen signifikant virkning af driftsformen, men der var meget stor variation inden for de to driftsformer.

Årsagen til divergensen mellem resultaterne fra kvadratnettet og nærværende undersøgelser skyldes, at der er tale om to forskellige sæt af stikprøver. Der er imidlertid også tale om vidt forskellige metoder med hensyn til beskrivelse af N-omsætningen. Målinger af jordens N-min. indhold vedrører N-omsætningen i det målte markareal. Nærværende undersøgelser vedrører udgangspunkt i N-omsætningen for gården som en helhed.

Jordens aktuelle indhold af N-min. afhænger ud over de driftsmæssige dispositioner vedrørende dyrkningen af afgrøden på det målte jordareal også af en række klimatiske og jordfysiske forhold. Disse naturgivne forhold har stor betydning, bl.a. fordi N-min. kun udgør en lille del af jordens totale N-pulje, og fordi der er tale om et dynamisk samspil mellem de forskellige former for N (Christensen, 1989). Som følge af at de naturgivne forhold spiller så stor en rolle, kan det være vanskeligt at relatere N-min. til driftsledelsen. Kristensen et al. (1992) udtog prøver i alle marker på 13 økologiske brug, var således ikke i stand til at påvise en klar sammenhæng mellem de driftsmæssige dispositioner og jordens indhold af N-min. tværs af brugene. Derimod kunne forskellen i N-min. mellem brugene i stort omfang bekræftes ved forskelle i de naturgivne betingelser (jordtype og nedbør).

Som følge af N-min. indholdets klimaafhængighed og dermed dynamiske og ukontrollerede karakter kan N-udvaskningen på baggrund af en N-min. måling kun forudsiges med kort

sont. Endvidere kan der ved N-min. målinger på en lille del af gårdens samlede areal, som d kvadratnetpunkterne, være en risiko for, at disse punkter dyrkes anderledes end gårdens samlede areal. Endelig kan det være vanskeligt at foretage en sammenligning mellem forskellige driftsformer ud fra N-min. målinger, fordi man ikke kan være sikker på, at alle øvrige forudsætninger er ens. I ovennævnte sammenligninger baseret på kvadratnettet var det således problem, at de økologiske gårde ikke var repræsentativt fordelt over hele landet. Det betyder, at f.eks. jordtypen og nedbøren i den økologiske gruppe var væsentlig forskellig fra den konventionelle gruppe (Kristensen et al., 1992).

Tabet af kvælstof fra et husdyrbrug kan ikke relateres direkte til et enkelt aktivitetsområde på gården. En stor del af tabet er knyttet til husdyrgødningen og vedrører derfor både husdyrholdet og afgrødeproduktionen. I bestræbelserne på at forstå samspillet mellem driftsledelse, husdyrproduktion og tabet af kvælstof er det derfor helt centralt, at der tages udgangspunkt i gården som en helhed. Dette samspil kan afdækkes ved at anvende en systemisk forskningsmetodik, hvor netop samspillet mellem driftsledelsen (styringssystemet) og produktionssystemet er i fokus (Sørensen & Kristensen, 1988 og 1989).

Den anvendte metode til beregning af det potentielle N-tab er baseret på systemisk forskningsmetodik. Gennem en systemidentifikation er der beskrevet en konceptuel model af gården (figur 1 og 2). Der er herefter taget udgangspunkt i de faktorer, driftslederen kan styre, nemlig indkøb og fordeling af kvælstof, herunder også indkøb af bælgeplanter. Det potentielle N-tab (N-overskud) er herefter beregnet som forskellen mellem indsats og udbytte (afsnit 2.3.1). Da effektiviteten på et landbrug med husdyrhold er relativ lav (13-30%, tabel 11), udgør N-overskud en stor del af N-indsatsen (70-87%). Som følge heraf er N-overskud betydelig mere afhængig af de driftsmæssige dispositioner end de naturgivne betingelser. På kort sigt har de klimatiske og jordfysiske forudsætninger naturligvis stor indflydelse på det aktuelle tab. På langt sigt kan det derimod, som tidligere nævnt, forventes, at der vil opstå en form for ligebegyndt således, at den gennemsnitlige forskel i tab af N fra jorden mellem forskellige driftsformer vil være den samme som forskellen i N-overskud, jord.

Hvis N-omsætningen beregnes på gårdniveau, som vist i figur 1, er analysemulighederne begrænset til gårdniveauet - som vist i afsnit 4.1. Hvis N-omsætningen derimod kvantificeres ud fra modellen i figur 2, som eksemplificeret i tabel 13, 14 og 15, øges usikkerheden ved indflydelse af flere parametre, men det bliver muligt at undersøge eventuelle sammenhænge på drifts- og afgrødeniveau. Ved en forøget forskningsindsats er det formentlig muligt at mindske usikkerheden på de mest centrale parametre. Det ville herefter være muligt på

baggrund af flere års resultater at undersøge eventuelle sammenhænge mellem indsats, udbytte og overskud af N i de enkelte dyregrupper og afgrøder og således afdække samspillet mellem driftsledelse, landbrugsproduktion og N-tab.

Konklusionen på disse analyser af N-overskuddet og N-effektiviteten fra vækstårene 1981-1990 på 30 helårsforsøgsbrug er, at overskuddet var lavere og N-effektiviteten højere på økologiske end på de konventionelle kvægbrug. Forskellen mellem de to grupper var 124 N/ha/år i N-overskud og 4 %-enheder i N-effektivitet. Korrigeret til ens belægningsgrad (1 dyreenheder/ha) var forskellen 85 kg N ha/år i N-overskud og 7,3 %-enheder i N-effektivitet. En væsentlig forklaring på forskellen er, at i de økologisk dyrkede afgrøder var N-gødskningsniveauet lavere og N-udnyttelsen højere end i de konventionelt dyrkede afgrøder.

6. LITTERATURLISTE

- onym, 1977. Jordklassificering Danmark, Basiskort 1:50.000. Landbrugsministeriet, Areal-
datakontoret.
- onym, 1987. Bekendtgørelse om økologisk jordbrugsproduktion. Landbrugsministeriet, nr.
830. 4 pp.
- onym, 1991a. Avlsregler 1991. Økologisk Jordbrug nr. 80. 8 pp.
- onym, 1991b. Fodermiddeltabel 1991. Landsudvalget for Kvæg, rapport nr. 7. 47 pp.
- onym, 1991c. Bekendtgørelse om økologisk jordbrugsproduktion, Landbrugsministeriet,
Plantedirektoratet, nr. 730. 8 pp.
- tracrough, D. & Jarvis, S.C. 1989. The responsible management of nitrogen in grassland.
British Grassl. Soc. Winter meeting, London. 14 pp.
- ller, B.C. & Nösberger, J. 1987. Symbiotically fixed nitrogen from field-grown white and
red clover mixed with ryegrasses at low levels of ^{15}N -fertilization. Plant and Soil 104.
219-226.
- ristensen, B.T. 1989. Husdyrgødning og dens anvendelse. Kapitel 4, Husdyrgødning og N-
kredsløb, kapitel 9. Indflydelse på Jordbunden. Tidskr. for Planteavlsspecialserie nr.
S1809. 36-40, 121-140.
- aper, N. & Smith, H. 1981. Applied regression analysis, second edition. John Wiley &
Sons, New York. 709 pp.
- deriksen, H. 1990. Rapport om overvågning af sædskifte og -gødningsplaner samt grønne
marker i jordbruget 1989. Notat fra Plantedirektoratet.
- deriksen, H. 1991. Rapport om overvågning af sædskifte- og gødningsplaner samt grønne
marker i Jordbruget 1990. Notat fra Plantedirektoratet. 35 pp.
- egersen, A.K. 1980. Vand og Kvælstofgødskning til flerårig græs og kløvergræs. Tidsskrift
for Planteavl 84. 191-208.
- gelskjær, L. 1991. Næringsstofbortførsel ved grønsagsdyrkning. Notat fra Havebrugscentret,
Statens Planteavlsforsøg. 3 pp.
- nsen, J.F. 1991b. Afgrøder, gylle, handelsgødning og kvælstofnedvaskning. Grøn viden,
Statens Planteavlsforsøg nr. 91. 8 pp.

- Hansen, J.F., Olesen, J.E., Munk, I., Hening, U.M., Køy, J.J., Rude, S., Steffensen, M., Hul Gul-Simonsen, F.G., Danfær, A., Boisen, S. & Mikkelsen, S.A. 1990. Kvælstof i dyrgødning. Statusredegørelse og systemanalyse vedrørende kvælstofudnyttelse. skrift for Planteavl 94: 486. Ber. S.2100.
- Hansen, J.P. & Østergaard, V. 1991. Driftsformens og arealets indflydelse på husdyrningens udnyttelse og værdi samt arbejdsprofilen i husdyrbedriften. 698. Ber. fra Statens Husdyrbrugsforsøg, Foulum. 96 pp.
- Hansen, L.G. 1991a. Regulering af kvælstoftabet fra landbruget. AKF-memo, Amterne kommunernes forskningsinstitut. 84 pp.
- Hassink, J. & Neeteson, J.J. 1991. Effect of grassland management on the amounts of s organic N and C. Netherlands Journal of Agric. Science, 39. 225-236.
- Hermansen, J.E. & Kristensen, T. 1990. Konventionel kvægbrugsdrift med vægt på frisk g i foderforsyningen. 681. Beretning fra Statens Husdyrbrugsforsøg, Foulum. 29-72.
- Hindhede, J. (red.) 1989. Vejledning i dataregistrering ved Helårsforsøg med kvæg. Notat Statens Husdyrbrugsforsøg. 260 pp.
- Hoglund, J.H., Crush, J.R., Broch, J.L., Ball, R. & Carren, R.A. 1979. Nitrogen fixatio pasture XII, General discussion. N.Z. Journal of Exp. Agric. 7. 45-51.
- Hostrup, S.B. 1987. Vårbyg og alm. kogeært til helsædsfoder. Udlæg af italiensk rajg 1983-1985.
- Jarvis, S.C. & Pain, B.F. 1990. Ammonia volatilisation from agricultural land. Proc. no. The Fertiliser Society. 35 pp.
- Jensen, E.S. 1992. Personlig kommunikation og ikke publicerede resultater, Forskningscenter Risø.
- Jensen, E.S., Andersen, A.J., Sørensen, H. & Thomsen, J.D. 1985a. Kvælstofforsyning v biologisk kvælstofbinding. II: Symbiotisk N₂-binding og kvælstofgødskning af frøbæ planter.
- Jensen, E.S., Haahr, V., Thomsen, J.D. & Sandfær, J. 1985b. Kvælstofforsyning ved biolo kvælstofbinding III. Samdyrkning af ærter og byg. Forsøgsanlæg Risø M-2458. 138
- Kjellerup, V. 1989. Udvaskning af næringsstoffer. Tidsskrift for planteavls specialserie, S1809. 47-56.
- Koefoed, A.D. & Klausen, P.S. 1969. Kvælstofgødskning til kløvergræs og rent græs. Tidskrift for Planteavl, 73. 203-246.

- foed, N. & Hansen, B. 1990. Kvælstof- og fosforbalancer ved kvæg- og svinehold. NPO-forskning fra Miljøstyrelsen, nr. A1. 66 pp.
- stensen, E. Steen 1988. Influence of defoliation regime on herbage production and characteristic of intake by dairy cows as affected by grazing intensity. Grass and Forage Sci. 43. 239-251.
- stensen, E. Steen & Kristensen I. Sillebak 1991. Økologisk kvægbrugsdrift, Teknisk-økonomiske resultater 1990-91. 699. Beretn. fra Statens Husdyrbrugsforsøg. 90-130.
- stensen, E. Steen & Henneberg, U. & Jensen, M. 1990. Økologisk kvægbrugsdrift. Teknisk økonomiske resultater 1989-90. 681. Beretn. fra Statens Husdyrbrugsforsøg. 73-115.
- stensen, S., Lassen, J. & Mathiasen, J. 1992. Potentialet for kvælstofudvaskning i økologisk jordbrug. Geografisk Institut, Københavns Universitet.
- tensen, T., Hermansen, J.E. & Hindhede J. 1991. Konventionelle kvægbrugssystemer, Teknisk-økonomiske resultater 1989-90. 699. Ber. fra Statens Husdyrbrugsforsøg. 35-90.
- rsen, B. 1987. Normtal for husdyrgødning. Statens Jordbrugsøkonomiske Institut. Rapport nr. 28. 35 pp.
- lgard, S.F. 1991. Transfer of fixed nitrogen from white clover to associated grasses in swards grazed by dairy cows, estimated using ^{15}N Methods. Plant and Soil 131. 215-231.
- lgard, S.F., Brier, C. J. & Upsdell M.P. 1990. Effect of Clover cultivar on production and nitrogen fixation in clover-rye-grass swards under dairy cow grazing. N.Z. J. Agric. Rec. 33. 243-249.
- eil, A.M. & Wood, M. 1990. ^{15}N estimates of nitrogen fixation by white clover growing in a mixture with ryegrass. Plant and soil, 128. 265-273.
- jøstyrelsen. 1990. Status og udvikling for tilførsel af kvælstof og fosfor til vandmiljøet. Redegørelse fra Miljøstyrelsen nr. 1. 87-112.
- rphy, P.M. 1988. Growth and nitrogen fixation by white clover in rotationally grazed ryegrass pastures measured over three consecutive years. Proc. 12th. general Meeting of the European Grassland Federation. Dublin, Ireland. 292-297.
- ersen, E.J.N. & Møller, E. 1976. Almindelig rajgræs og kløver i renbestand og i blanding. 6. Beretning fra fællesudvalget for Statens Planteavls- og Husdyrbrugsforsøg. 27 pp.
- ersen, C.Å. & Østergaard, H.S. 1990. Gødskning og kalkning. Kvadratnet for nitratundersøgelse. Oversigt over landsforsøgene 1989.

- Sibbesen, E. 1990. Kvælstof, fosfor og kalium i foder, animalsk produktion og husdyrgødning i dansk landbrug i 1980'erne. Tidsskr. for Planteavl specialserie nr. S 2054. 21 pp.
- Sommer, S.G. 1989. Udspredding af gylle: Fordampning af ammoniak og fordeling af udbredt gylle. Tidsskr. for Planteavl 93. 323-329.
- Sommer, S. G. & Christensen, B.T. 1989. Fordampning af ammoniak fra svinegylle udbredt på jordoverfladen. Tidsskr. for Planteavl 93. 307-321.
- Sørensen, J.T. & Kristensen, E. Steen 1988. Systemtænkning - anvendelse i jordbrugsforskningen. Ugeskrift for jordbrug, 11. 309-315.
- Sørensen, J.T. & Kristensen, E. Steen 1989. Styrelsteori og systemisk forskningsmetode. Ugeskrift for jordbrug, 24. 375-380.
- Thomsen, K. V. 1979. Angivelse og beregning af fordøjeligt råprotein til kvæg og får. 2. Medd. fra Statens Husdyrbrugsforsøg.
- Wiwstad, M., Mårtensson, A.M. & Ljunggren, H.D. 1987. Field measurements of symbiotic nitrogen fixation in an established lucerne ley using ^{15}N and an acetylene reduction method. Plant and Soil, 97. 93-104.
- Østergaard, H.S. 1991. Kvadratnet for nitratundersøgelser i Danmark. Vand og Miljø, 4. 157.
- Østergaard, H.S. & Mamsen, P. 1990. Kvadraten for nitratundersøgelse i Danmark. Over 1986-1989. Landskontoret for Planteavl.
- Østergaard, V. 1973. Malkekøers græsoptagelse ved afgræsning. Ny beregningsmetode. Ugeskrift for agronomer og hortonomer, 19. 308-313.