

## Lite nitrogen tap fra mjølkegarder som baserer seg på egen fôrproduksjon

Tap av nitrogen (N) er et stort problem i landbruket, og i europeiske direktiver blir det krevd forandring i landbrukspraksis for å redusere avrenningen. Ekstensiv mjølkeproduksjonen basert på heimeprodusert fôr er den mest effektive måten å bedre nitrogeneffektiviteten på. Nitrogeneffektiviteten på gardsnivå reduseres dersom innkjøpet av fôr er høgt i forhold til planteproduksjonspotensialet på garden.

**M**jølkeproduksjonen på storfe (sv. nötkreatur, da. kvæg) i Europa har blitt mer intensiv og i stor grad basert på innkjøp av fôr. Dette gjør det mulig å velge mellom flere forslag, og dermed kan fôrrasjonen lettere tilpasses kyrnes behov. Med bedre fôring og høyere mjølkeytelse (sv. -avkastning) kan utnyttelsen av nitrogen i dyra optimeres. Siden vedlikeholdsbehovet (sv. underhållsbehovet) blir tynnet ut, har det vært hevdet at intensiv, kraftfôrbasert drift forbedrer nitrogenutnyttelsen i mjølkeproduksjonen (Tamminga, 1992). En vanlig oppfatning er derfor at intensive bruk er mer nitrogeneffektive enn ekstensive bruk med lågere ytelse, fordi tapet av nitrogen til omgivelsene målt per produsert enhet mjølk er lågere med intensiv drift.

Effektiviteten i biologiske prosesser minsker imidlertid vanligvis med økende mengde innsatsfaktor. I tillegg, kan fokus på bedring av effektiviteten i en delprosess føre til at tap blir flytta til en annen delprosess i stedet for å øke effektiviteten til hele systemet. Det er derfor viktig at nitrogeneffektiviteten i mjølkeproduksjonen blir målt (sv. mätt) og analysert på gardsnivå. Dette arbeidet begynte som et forprosjekt for å identifisere den faktoren som har størst betydning for nitrogeneffektiviteten i mjølkeproduksjon. Vi sammenligna nitrogeneffektiviteten fra flere publiserte gardsstudier i Europa. Tallene er klare: Garder som baserer seg på egenprodusert

fôr utnytter nitrogen bedre og forurenser mindre. Resultatene av dette arbeidet kan få politiske følger for hvilke intensitet i mjølkeproduksjonen som foretrekkes. I mange europeiske land, som i Norge, er overproduksjon et stort problem, samtidig som man ser at gammel kulturjord blir forlatt og gror igjen. Mjølkeproduksjon som hovedsaklig er basert på heimeavla fôr kan bli mer aktuelt og miljøriktig enn det en har trodd tidligere. En kan konstatere at ideallet i økologisk landbruk om å tilpasse dyretallet til planteproduksjonen på garden er miljømessig riktig. Det aktualiserer også at et krav om sjølforsyningsgrad bør bakes tydeligere inn i regelverket for økologisk produksjon.

### Gardsstudier

Nitrogenbalanser fra 21 publiserte undersøkelser av mjølkekusystemer, fra Italia i sør til Norge i nord, blei brukt. Undersøkelsene inkluderte både økologiske og konvensjonelle driftsmåter. De fleste er basert på gjennomsnittsverdier av mange praktisk drevne bruk, mens noe er henta fra intensive studier på det en kan kalle prototyper (tabell 1). Vi utelukka "industriell" mjølkeproduksjon, definert som driftsformer der innkjøp av fôr var større enn egen produksjon. Siden mjølkeproduksjon alltid innebærer noe salg av dyr, har vi sett på summen av protein i mjølk og dyr, omregnet til nitrogen (ca. 6.3 g proteiner per g N). Netto produksjon av mjølk og salgsdyr (minus eventuell kjøp av dyr) blei beregnet basert på nitrogen-



Foto: Karim Ullvén

### Forklaringer

$F_{kjøpt} = N$  i netto fôrinnkjøp =  $N$  i kjøpt fôr –  $N$  i solgte planteprodukt,  $kg N ha^{-1}$

$I_{gard} =$  Innført  $N$  i anna enn fôr. For eksempel: Kunstgjødning, biologisk fiksering og atmosfærisk nedfall,  $kg N ha^{-1}$

Input = Sum netto  $N$ -innførsel =  $F_{kjøpt} + I_{gard}$ ,  $kg N ha^{-1}$

Produkt =  $N$  i netto produksjon =  $N$  i mjølk +  $N$  i kjøtt og livdyr –  $N$  i kjøpte livdyr,  $kg N ha^{-1}$

$O_{gard} = N$ -overskudd på garden = Input – Produkt,  $kg N ha^{-1}$

$SO_{gard} =$  spesifikt  $N$ -overskudd =  $N$ -overskudd per produsert enhet  $N$  i mjølk og dyr = (Input – Produkt) / Produkt,  $kg N/kg N$

innholdet (**Produkt**,  $kg N ha^{-1}$  salg). Var det salg av planteprodukter, blei nitrogenmengden i innkjøpt fôr redusert med nitrogenmengden i det som blei solgt ( $F_{kjøpt} =$  netto fôrinnkjøp). Det var ingen tilfeller der det var netto salg av planteprodukter. Netto årlig innførsel av  $N$  er summen av fôr, gjødning, biologisk fiksering, atmosfærisk nedfall o.s.b. (**Input**,  $kg N ha^{-1}$ ).

Intensitet kan uttrykkes på flere måter.

Nr	Kilde	Beskrivelse
1	1	Ø, A, 40 gardar, 1998
2	1	I, A, 51 gardar, 1998
3	2	Ø, N, prototype "Frydenhaug", 1999/00-2001/02
4	1	K, A, 66 gardar, 1998
5	3	Ø, D, "Talhof" gard, biodynamisk siden 1929, 1972-1982
6	4	Ø, D, 6 gardar, 1995/96-1997/98
7	5	K, F, 43 gardar, 1996-1997, "lågast overskudd"
8	4	K, D, 10 gardar, 1995/96-1997/98, 25% "beste"
9	6	K, N, ca. 20 gardar per år, 1991-1999, 25% "lågast overskudd"
10	7	Ø, DK, 14 gardar, 1989-1991
11	8	K, I, 23 gardar, 1992
12	5	K, F, 42 gardar, 1996-1997, middels overskudd
13	9	Ø, UK, prototype «Ty Gwyn», 1995 -1998
14	4	K, D, inkludert de 10 "beste", 1995/96- 1997/98
15	10	K, N, prototype «Sørås», 1998/99-2000/01
16	11	K, NL, prototype «De Marke», 1993/94-1995/96
17	5	K, F, 43 gardar, 1996-1997, høgast overskudd
18	6	K, N, ca. 20 gardar per år, 1991-1999, 25% "høgast overskudd"
19	7	K, DK, 16 gardar, 1989- 1991
20	12	K, B, 48 gardar, 1991-1992
21	11	K, NL, gjennomsnitt spesialisert mjølkeproduksjon, 1993/94-1994/95

Tabell 1. Driftsmåte (Ø: Økologisk, I: Integrert, K: konvensjonell), land, antall bruk og periode inkludert i gardsstudiene. Kilder: 1) Taube & Pötsch (2001); 2) Steinshamn et al. (i trykken); 3) Kaffka & Koepf (1989); 4) Scheringer & Isselstein (2001); 5) Chambaut & Le Gall (1986); 6) van Gool (2001); 7) Halberg et al. (1995), Dalgaard et al. (1998); 8) Grignani (1996); 9) Cuttle (2002); 10) Thuen et al. (2003), med pers. medd.; 11) Aarts et al. (2000); Verbruggen et al. (1994). Fullstendig referanseliste er å finne i Bleken et al. (200x) eller kan fås ved å kontakte forfatteren.

Vanlig er å bruke dyretetthet, altså antall dyr per arealenhet, men vi fant at produksjonen av mjølk og kjøtt per arealenhet gir et bedre mål på intensiteten. Intensiteten i mjølkeproduksjonen i det innhenta materialet varierte stort (mellom 3000 og 13 000 l mjølk ha<sup>-1</sup> og år og medianen var om lag 5000 l mjølk ha<sup>-1</sup> og år). Lågast var intensiteten i Alpene og på noen, men ikke alle, økologiske bruk. Den høgaste intensiteten var i Nord-Europa. Mengde nitrogen i mjølk og salgsdyr i forhold til arealet varierte også mye, mellom 17 og 80 kg N ha<sup>-1</sup> og år, med en medianverdi på 33. Det var drift både med kombinert mjølke- og kjøttproduksjon og med mer reindyrka mjølkeproduksjon. Dette gjenspeiler seg i forholdstallet mellom nitrogen i mjølk og salgsdyr som varierte mellom 2 og om lag 8, med en median på 4,4. Import av nitrogen som netto førinnkjøp (F<sub>kjøpt</sub>, kg N ha<sup>-1</sup>, der som nevnt salg av planteprodukter

blei trukket fra) varierte fra mindre enn 2 til nesten 80 kg N ha<sup>-1</sup> og år, bortsett fra et system i Nederland der det var kjøpt inn mer enn 180 kg N ha<sup>-1</sup> og år.

### Nitrogenoverskudd angir potensielt N-tap

For å vurdere N-effektiviteten blei to N-indikatorer brukt:

- Totalt N-overskudd per bruksareal (O<sub>gard</sub> = Input – Produkt, kg N ha<sup>-1</sup>), og
- Spesifikt N-overskudd per enhet N i produkt (SO<sub>gard</sub> = (Input – Produkt) / Produkt).

Senket skrift " <sub>gard</sub> " viser til at det ikke er tatt hensyn til N-tap knyttet til produksjonen av fôret før det ankom garden.

Nitrogenoverskuddet kan til en viss grad akkumuleres som organisk materiale i jorda og utnyttes for senere plantevekst etter hvert som det blir mineralisert. Etter mange år med tilnærmet konstant

drift vil mengdene som akkumuleres og mineraliseres balansere hverandre. Når dette skjer, er overskuddet identisk med summen av nitrogentap via ammoniakkfordamping, nitratutvasking og denitrifisering. Når vi ser på gjennomsnitt av flere gardar og/eller flere år, er overskuddet den beste målingen vi har på det totale nitrogentapet til omgivelsene.

### Produksjonen per areal økte med førinnkjøpet

Produksjonen av mjølk og dyr økte med økende nitrogeninnførsel totalt, men bare 13 % av hvert ekstra kg nitrogen inn blei funnet igjen i husdyrprodukt (figur 1A). Det var en klar sammenheng mellom innkjøp av fôr og produksjon (figur 1B), men dette var ikke nok til å øke nitrogenutnyttelsen på garden. Deresom gjødselvirkingen av den resirkulerte husdyrgjødsel på garden holder seg konstant, burde behovet for kunstgjødselnitrogen og andre nitrogenkilder, som biologisk fiksering, gå ned med økende førinnkjøp. Slik var det absolutt ikke. Mengden av andre nitrogen-input (I<sub>gard</sub> = hovedsaklig kunstgjødsel) økte med førinnkjøpet (F<sub>gard</sub>). Økningen tilsvarte nesten 2 kg N ha<sup>-1</sup> ekstra for hvert kg N ha<sup>-1</sup> i innkjøpt fôr (figur 1C).

Sammenhengen mellom økt førinnkjøp og økt husdyrproduksjon, eller mellom noen av de andre faktorene analysert, så ut til å være lik mellom gardar fra ulike deler av Europa (alle lå langs den samme regresjonslinjen). Det var heller ingen klare forskjeller mellom økologiske og konvensjonelle produksjonssystemer, men det var en tendens til lågere nitrogenimport per areal og således lågere overskudd på de økologiske brukene. Den eneste som skilte seg ut var den nederlandske prototypen 'De Marke' som hadde klart høgere produktivitet i forhold til nitrogeninnsatsen jamført med de andre brukene. Tallene fra 'De Marke' blei derfor ikke tatt med i regre-

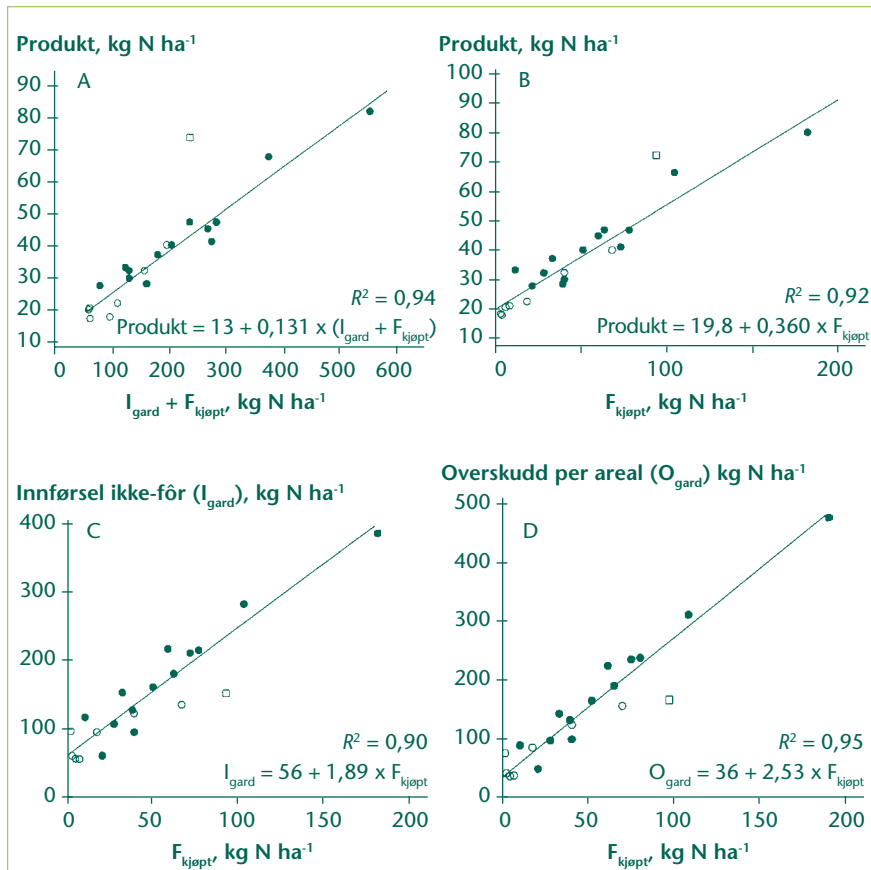
sjonsanalysene. Gjennomsnittsbruk i Nederland hadde mye høyere produksjon (Produkt) enn alle de andre.

### Nitrogenoverskuddet økte med produksjonsintensitet

Som nevnt blei bare en liten del av nitrogenimporten funnet igjen i produkta (figur 1A), og den totale nitrogenimporten tiltok med økende fôrinnkjøp (figur 1C). Da var det ikke annet å vente enn at nitrogenoverskuddet per arealenhet økte sterkt med økende fôrinnkjøp, nesten 2,5 kg høyere overskudd for hvert ekstra kg N i  $F_{kjøpt}$  (figur 1D). Fôrinnkjøp økte altså nitrogenoverskuddet på garden rekna per arealenhet, men gjør det også det per produsert enhet mjølk (summen av nitrogen i mjølk og salgsvir) (summen av nitrogen i mjølk og salgsvir)? Svaret er ja. Nitrogenoverskuddet per produsert enhet nitrogen (det spesifikke nitrogenoverskudd  $= SO_{gard}$ ) hang tydelig og om lag like sterkt sammen med både overskuddet per arealenhet ( $O_{gard}$ ), med importen av nitrogen annet enn fôr ( $I_{gard}$ ) og med det totale innkjøpet av nitrogen til bruket ( $I_{gard} + F_{kjøpt}$ ) (tabell 2).  $SO_{gard}$  hang også tydelig, noe svakere men fortsatt statistisk sikkert, og positivt sammen med både netto fôrinnkjøp ( $F_{kjøpt}$ , tabell 2) og med produksjon per arealenhet (Produkt, figur 2). Det siste betyr at oppfatninga av at nitrogenoverskuddet per produsert enhet går ned med økende produksjon er feil. Overskuddet per produsert enhet økte med økende produksjon (figur 2). Dette fant vi til tross for at vi bare har tatt med nitrogenoverskuddet på garden og neglisjerte både nitrogenavrenning og denitrifisering som skjer ved produksjonen av innkjøpt fôr.

### Fôrinnkjøp reduserte utnyttelsen av nitrogen i planteproduksjonen

Teoretisk kan overskuddet på gardsnivå reduseres ved å importere fôr siden nitrogenetapa knytta til dyrkinga av dette fôret er flytta ut av garden. En vet dess-

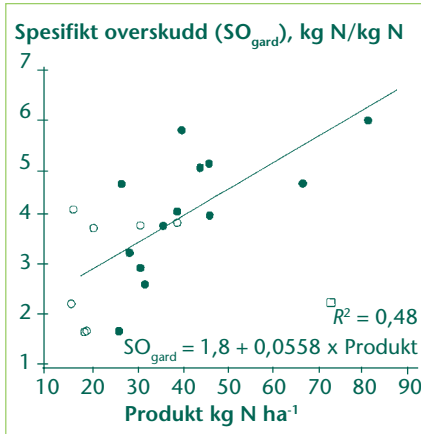


Figur 1. A: Sammenhengen mellom total N-innførsel ( $I_{gard} + F_{kjøpt}$ ) og netto produksjon av N i mjølk og kjøtt (inkludert livdyr) per arealenhet (Produkt). B: Sammenhengen mellom netto fôrinnkjøp ( $F_{kjøpt}$ ) og netto produksjon av N i mjølk og kjøtt (inkludert livdyr) per arealenhet (Produkt). C: Sammenhengen mellom netto fôrinnkjøp ( $F_{kjøpt}$ ) og innførsel av andre N-innsatsfaktorer ( $I_{gard}$ ). D: Sammenhengen mellom netto fôrinnkjøp ( $F_{kjøpt}$ ) og overskuddet av N på gardsnivå ( $O_{gard}$ ). Åpne sirkler: økologiske eller integrert drevne gardar. Lukka sirkler: konvensjonelt drevne gardar. Firkant: 'De Marke'.

uten at bedre sammensetning av fôr i en rasjon kan effektivisere nitrogenutnyttelsen i dyret (Tamminga, 1992). Innkjøp av fôr kan derimot føre til at gjødselmengden blir så stor at jorda blir tilført mer enn det som effektivt kan utnyttes av plantene. Vi testa dette ved å se på sammenhengen mellom det spesifikke nitrogenoverskuddet og forholdstallet mellom nitrogen i innkjøpt og heimeavlafôr ( $F_{kjøpt}/F_{gard}$ ). Siden bare noen få granskinger har opplysninger om den virkelige planteproduksjonen på garden, estimerte vi denne for de fleste ved å bruke et konstant forhold mellom N-fôr/N i animalske produkt på 4,6 (basert på anbefalt fôring i Norge (Bleken og Bakken, 1997)). Vi kunne da estimere fôrproduksjonen på garden ( $F_{gard}$ ), og

	n	R <sup>2</sup>
$O_{gard} = -14 + 0,87 \times (I_{gard} + F_{kjøpt})$	20	0,99
$SO_{gard} = 2,3 + 0,0097 \times O_{gard}$	20	0,68
$SO_{gard} = 2,0 + 0,013 \times I_{gard}$	20	0,69
$SO_{gard} = 2,2 + 0,0083 \times (I_{gard} + F_{kjøpt})$	20	0,66
$SO_{gard} = 2,7 + 0,023 \times F_{kjøpt}$	20	0,56

Tabell 2. Resultat fra regresjonsanalyse mellom N-overskottet på gardsnivå ( $O_{gard}$ ) og total N-innførsel og resultat av regresjonsanalyse mellom N-overskuddet per produsert enhet N i produkta (Spesifikt N-overskudd  $= SO_{gard} = O_{gard} / Produkt$ ) og: N-overskudd per areal ( $O_{gard}$ ), innførsel av N annet enn fôr per areal ( $I_{gard}$ ), totale N-innførselen per areal ( $I_{gard} + F_{kjøpt}$ ), N i netto innkjøpt fôr per areal ( $F_{kjøpt}$ ) og N i produkta per areal (mjølk + livdyr, Produkt). Prototypen 'De Marke' er ikke med i analysen.

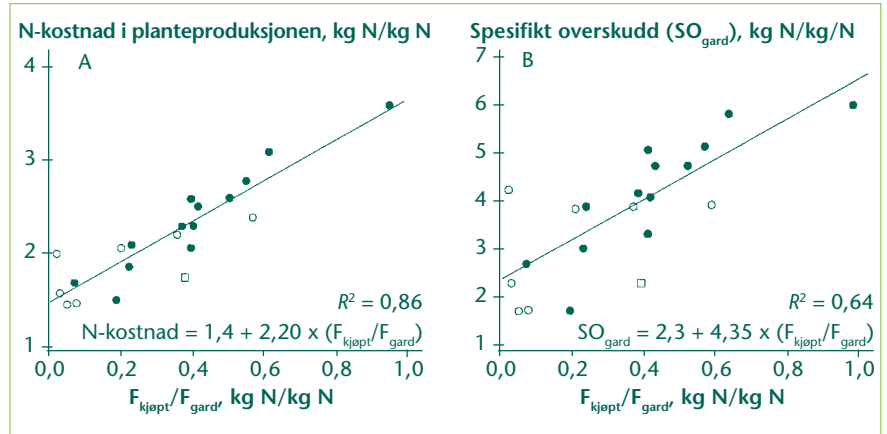


Figur 2. Sammenhengen mellom produksjon av N i mjølk og kjøtt per arealenhet (Produkt) og N-overskuddet per produsert enhet N i mjølk og kjøtt ( $SO_{gard}$ ).

dermed regne ut  $F_{kj\ddot{o}pt}/F_{gard}$ . Resultatet viste at når mengden innkj\ddot{o}pt f\ddot{o}r ( $F_{kj\ddot{o}pt}$ ) \ddot{o}kte fra 0 til om lag like mye som det som blei produsert p\ddot{a} garden ( $F_{kj\ddot{o}pt}/F_{gard} = 1$ ), s\ddot{a} \ddot{o}kte nitrogenkostnaden i planteproduksjonen (figur 3). Mengde nitrogen tilf\ddot{o}rt jorda i forhold til det som blei h\dd{o}sta \ddot{o}kte fra 1,4 til 3,5 (figur 3A) og overskuddet per produsert enhet ( $SO_{gard}$ ) \ddot{o}kte fra om lag 2 til 6 (figur 3B). Disse tallene inkluderer ogs\dd{a} nitrogen i husdyrgj\dd{o}dsla som gikk tapt som ammoniakk.

### Viktig \dd{a} skille mellom plante- og husdyrprodukter

I denne oversikten har vi sett p\dd{a} driftsformer med netto salg av mj\dd{o}lk og dyr, og der innkj\dd{o}p av planteprodukter er st\dd{o}rre enn salget av planteprodukter. Dette gj\dd{o}r det mulig for oss \dd{a} estimere nitrogenoverskuddet per produsert enhet av mj\dd{o}lk og kjøtt (omregnet til N, som er et uttrykk for protein i mj\dd{o}lk og dyr). Vi kunne ikke ha gjort det samme med driftsformer som har netto salg av b\dd{a}de plante- og dyreprodukter. Grunnen til det er at planter og dyr er p\dd{a} to forskjellige ernæringsniv\dd{a}. Dr\dd{o}vtyggere (sv. *idisslare*) spiser planter og introduserer dermed et mye mer komplisert krets-l\dd{o}p. Nitrogenutnyttelsen i jord-plante-



Figur 3. A: Sammenhengen mellom forholdstallet N i innkj\dd{o}pt f\dd{o}r og N i heimeavl f\dd{o}r ( $F_{kj\ddot{o}pt}/F_{gard}$ ) og N-kostnaden i planteproduksjonen (forholdstallet mellom N tilf\dd{o}rt jord og N i h\dd{o}sta \dd{a}vling). B: Sammenhengen mellom forholdstallet N i innkj\dd{o}pt f\dd{o}r og N i heimeavl f\dd{o}r ( $F_{kj\ddot{o}pt}/F_{gard}$ ) og N-overskuddet per produsert enhet N i mj\dd{o}lk og kjøtt ( $SO_{gard}$ ). \u00c5pne sirkler: \dd{o}kologiske eller integrert drevne gardar. Lukka sirkler: konvensjonelt drevne gardar. Firkant: 'De Marke'.

systemet uten dyr er alltid st\dd{o}rre enn i jord-plante-husdyrssystemet.

### Konklusjon

Resultatene fra denne sammenstillingen av N-balanser indikerer at mer ekstensiv drift er den mest effektive m\dd{a}ten \dd{a} bedre N-effektiviteten p\dd{a} i mj\dd{o}lkeproduksjonen. Driftsintensitet beskrives bedre ved hjelp av produkt per arealenhet (i dette arbeidet omregnet til nitrogen i melk og dyreprodukter) enn ved antall dyr per arealenhet. Resultatene viser ogs\dd{a} at nitrogeneffektiviteten p\dd{a} bruket reduseres viss innkj\dd{o}pet av f\dd{o}r er h\dd{o}gt i forhold til planteproduksjonspotensialet p\dd{a} bruket. I europeisk sammenheng er det krav om tiltak som reduserer avrenningen fra landbruket (Nitrate Directives 91/676/EEC), og kravet har n\dd{a} blitt skjerpet for at myndighetene skal kunne bevise at tiltakene effektivt reduserer forurensningen av vann i utsatte nedslagsfelt (Water Framework Directive, 2000/60/EC). En balansert husdyrproduksjon i forhold til plantevekst ser ut til \dd{a} v\dd{a}re avgj\dd{o}rende for \dd{a} oppfylle disse kravene. Det har alltid v\dd{a}rt et ideal i \dd{o}kologisk landbruk \dd{a} tilpasse st\dd{o}rrelsen p\dd{a} dyreproduksjonen til de naturgitte vilk\dd{a}rene, dvs. til den f\dd{o}rproduksjonen som er mulig \dd{a} oppn\dd{a} p\dd{a} garden. Ved \dd{a} holde

fast p\dd{a} dette prinsippet vil \dd{o}kologisk landbruk kunne garantere en generell h\dd{o}g N-utnyttelse og l\dd{a}gt N-tap i mj\dd{o}lkeproduksjonen. ■

H\dd{a}vard Steinshamn, Marina Azzaroli

Bleken & Sissel Hansen

E-post: havard.steinshamn@norsok.no

*H\dd{a}vard Steinshamn er forsker ved Norsk senter for \dd{o}kologisk landbruk (NORS\dd{O}K). Marina Azzaroli Bleken er 1. amanuensis i \dd{o}kologisk landbruk ved Institutt for plante- og milj\dd{o}vitenskap, Norges landbruksh\dd{o}gskole. Sissel Hansen er forsker ved NORS\dd{O}K.*

### Litteratur

- Bleken, M.A., Bakken, L. 1997. The nitrogen cost of food production: Norwegian society. *Ambio*, 26, 134-142.
- Bleken, M.A., Steinshamn, H., Hansen, S. 200x. Global nitrogen pollution from dairy farming. Manuskript sendt til tidsskriftet *Biogeochemistry*.
- Nitrate Directives (91/676/EEC). <http://europa.eu.int/comm/environment/water/water-nitrates/directiv.html>
- Tamminga, S. 1992. Nutrition management of dairy cows as a contribution to pollution control. *Journal of Dairy Science*, 75, 345-357.
- Water Framework Directive (2000/60/EC). [http://europa.eu.int/comm/environment/water/water-framework/index\\_en.html](http://europa.eu.int/comm/environment/water/water-framework/index_en.html)