



# **Kväveförluster och energianvändning på mjölkgårdar i västra Sverige**

Nitrogen losses and energy use on  
dairy farms in western Sweden

av

**Veronica Carlsson**

Handledare: Jan Bertilsson, Inst f husdjurens utfodring och vård, SLU  
Christel Cederberg, Svensk Mjolk  
Berit Mattson, Institutet för livsmedel och bioteknik (SIK)

---

**Institutionen för husdjurens  
utfodring och vård**

**Examensarbete 192**

**Swedish University of Agricultural Sciences  
Department of Animal Nutrition and Management**

**Uppsala 2003**

---

<b><u>1</u></b>	<b><u>FÖRORD.....</u></b>	<b><u>3</u></b>
<b><u>2</u></b>	<b><u>SAMMANFATTNING .....</u></b>	<b><u>4</u></b>
<b><u>3</u></b>	<b><u>INLEDNING.....</u></b>	<b><u>6</u></b>
<b><u>4</u></b>	<b><u>LITTERATURSTUDIE.....</u></b>	<b><u>7</u></b>
4.1	NYCKELTAL .....	7
4.2	KVÄVE .....	7
4.2.1	<i>Kvävebalanser i mjölkproduktionen.....</i>	<i>7</i>
4.2.2	<i>Kväveförluster och reduceringsmöjligheter.....</i>	<i>10</i>
4.2.3	<i>Kväveeffektivitet .....</i>	<i>13</i>
4.3	ENERGI.....	14
4.4	LIVSCYKELANALYS .....	15
<b><u>5</u></b>	<b><u>MÅL OCH OMFATTNING .....</u></b>	<b><u>16</u></b>
5.1	STUDIENS MÅL OCH SYFTE .....	16
5.2	STUDERADE SYSTEM .....	16
5.3	FUNKTIONELL ENHET .....	16
5.4	SYSTEMGRÄNSER .....	17
5.4.1	<i>Gårdsperspektivet.....</i>	<i>17</i>
5.4.2	<i>Mjölkperspektivet .....</i>	<i>18</i>
5.5	ALLOKERING .....	19
5.6	EXKLUDERING AV IN/UTFLÖDEN .....	20
5.7	STATISTISK BEARBETNING.....	20
<b><u>6</u></b>	<b><u>INVENTERING .....</u></b>	<b><u>21</u></b>
6.1	GÅRDARNA .....	21
6.1.1	<i>Beräkning av djurtäthet.....</i>	<i>22</i>
6.2	VÄXTNÄRINGSBALANSER.....	23
6.2.1	<i>STANK.....</i>	<i>23</i>
6.3	INFLÖDEN AV KVÄVE TILL MJÖLKGÅRDARNA.....	23
6.4	UTFLÖDEN AV KVÄVE FRÅN MJÖLKGÅRDARNA.....	24
<b><u>7</u></b>	<b><u>BERÄKNING AV KVÄVEFÖRLUSTER.....</u></b>	<b><u>25</u></b>
7.1	EMISSIONSFAKTORER OCH MODELLER .....	25
7.2	STALLGÖDSELPRODUKTION OCH KVÄVEUTSÖNDRING.....	26
7.3	KVÄVEFÖRLUSTER I FORM AV AMMONIAK (NH <sub>3</sub> -N) .....	26
7.4	KVÄVEFÖRLUSTER I FORM AV NITRAT (NO <sub>3</sub> -N) .....	29
7.5	KVÄVEFÖRLUSTER I FORM AV LUSTGAS (N <sub>2</sub> O-N) .....	31

<b>8</b>	<b><u>RESURSER.....</u></b>	<b>31</b>
8.1	HANDELSGÖDSEL .....	31
8.2	KRAFTFODER.....	32
8.3	DIESEL .....	32
8.4	ELEKTRICITET .....	33
8.5	ENSILAGEPLAST .....	33
8.6	BEKÄMPNINGSMEDEL.....	33
<b>9</b>	<b><u>RESULTAT .....</u></b>	<b>33</b>
9.1	GÅRDSDATA.....	33
9.2	GÅRDSPERSPEKTIVET .....	34
9.2.1	<i>Kväveöverskott .....</i>	<i>34</i>
9.2.2	<i>Kväveförluster och förklaringsgrader.....</i>	<i>35</i>
9.3	MJÖLKPERSPEKTIVET .....	37
9.3.1	<i>Kväveöverskott .....</i>	<i>37</i>
9.3.2	<i>Kväveförluster och förklaringsgrader.....</i>	<i>38</i>
9.3.3	<i>Kväveeffektivitet .....</i>	<i>39</i>
9.4	ENERGI.....	40
9.4.1	<i>Fossil .....</i>	<i>40</i>
9.4.2	<i>Elektricitet .....</i>	<i>40</i>
9.4.3	<i>Förnyelsebar energi och övrig energi.....</i>	<i>41</i>
9.4.4	<i>Total energianvändning .....</i>	<i>41</i>
<b>10</b>	<b><u>DISKUSSION .....</u></b>	<b>42</b>
10.1	KVÄVE .....	42
10.2	KÄNSLIGHETSANALYS AV KVÄVEFIXERINGEN I STANK .....	45
10.3	ENERGI.....	47
10.4	INVENTERING OCH METODER.....	47
10.5	ÅTGÄRDER PÅ GÅRDSNIVÅ.....	49
<b>11</b>	<b><u>SLUTSATSER.....</u></b>	<b>50</b>
<b>12</b>	<b><u>SUMMARY.....</u></b>	<b>51</b>
<b>13</b>	<b><u>LITTERATURFÖRTECKNING .....</u></b>	<b>53</b>
<b>14</b>	<b><u>BILAGOR.....</u></b>	<b>FEL! BOKMÄRKET ÄR INTE DEFINIERAT.</b>

## 1 FÖRORD

Det här examensarbetet har varit en djupdykning i ett för mig tidigare okänt område och tankesätt men det har varit desto mer spännande under färden. Många personer har bidragit på olika sätt. Först och främst vill jag tacka alla deltagande lantbrukare för framtagande av rådata och för värdefulla synpunkter samt diskussioner vid gårdsbesöken.

Jag vill även tacka mina handledare: Jan Bertilsson, Institutionen för husdjurens utfodring och vård vid SLU, för att han har hjälpt mig med statistiken samt för alla värdefulla råd och kommentarer. Christel Cederberg, Svensk Mjölk, för att hon har introducerat mig i ett mycket intressant område, för hjälp med beräkningar och granskning av resultat. Berit Mattson, SIK, för att ha svarat på frågor som rör LCA-metodiken och för all hjälp med praktiska ting kring mitt uppehälle på SIK i Göteborg.

Ett varmt tack till Britta Nilsson, Viveca Reimers och Anna Flysjö på SIK som tålmodigt kämpat med att lägga in alla grunddata i LCA-programmet samt få ut resultaten.

Tack till Hans-Erik Andersson, Skara Semin, Anders Bengtsson, Södra Älvsborgs Husdjur och Carin Clason, Hallands Husdjur som tipsat om gårdar att besöka, tagit fram data inför gårdsbesöken och svarat på alla frågor som uppkommit. Ett tack även till övriga rådgivare inom berörda husdjursföreningar och hushållningssällskap som jag varit i kontakt med under arbetets gång.

## 2 SAMMANFATTNING

Att värna om den omgivande miljön har med tiden fått en allt mer central roll i samhället. Inom detta samhälle spelar jordbruket en viktig roll eftersom det är därifrån vi får våra livsmedel. Det är därför motiverat att studera jordbruket och dess påverkan på miljön. Det finns många inriktningar inom jordbruket och deras påverkan på miljön kan vara olika. Det grundläggande syftet bör väl ändå vara att få fram ett mer miljövänligt sätt att producera livsmedel på oavsett dess ursprung. En anpassning som förhoppningsvis både lantbrukare, konsumenter d v s samhället som helhet kan tjäna på.

Denna studie syftar till att få ett dataunderlag för att senare kunna definiera miljönyckeltal rörande flöden- samt förluster av kväve och energianvändning på mjölkgårdar. Tjugotre mjölkbönder i västra Sverige har fått svara på frågor angående deras produktion, konventionella såväl som ekologiska gårdar. De konventionella gårdarna skulle uppvisa en variation i produktionsintensitet, definierad som levererad kilo energikorrigerad mjölk (ECM) per hektar åkermark. Gårdarna grupperades i följande grupper efter produktionssätt/intensitet:

- Ekologisk: gårdar anslutna till KRAV (kontrollföreningen för ekologisk odling).
- Konventionell Medel: gårdar som levererar under 7500 kg ECM/ha.
- Konventionell Hög: gårdar som levererar över 7500 kg ECM/ha.

Två olika beräkningssätt har använts. I *Gårdsperspektivet* betraktas gården i sin helhet (enligt farm-gate metodiken) och alla kväveflöden relateras till åkerarealen (hektar). Denna metodik är den som används inom rådgivningsprojektet Greppa Näringen idag. Det andra beräkningssättet, *Mjölkperspektivet*, inkluderar en livscykelinventering och är produktrelaterat. Kväveflöden och energianvändning (fossil, elektricitet etc.) relateras till den mängd mjölk som levereras från gården (1000 kg ECM).

Den ekologiska gruppen hade lägst kväveöverskott både räknat per hektar (79 kg N/ha) och per ton ECM (12,5 kg N/ton ECM). Den huvudsakliga orsaken är med all sannolikhet ett mindre inflöde av kväve till produktionen i jämförelse med de konventionella gårdarna.

Medel-gruppen hade något lägre kväveöverskott än Hög-gruppen när överskottet relaterades till åkerarealen, 122 kg N/ha respektive 166 kg N/ha. Förhållandet var det motsatta mellan de konventionella grupperna när beräkningsbasen var levererad mjölk. Överskottet var 19,3 kg N/ton ECM för gårdarna i Konventionell Medel och 15,0 kg N/ton ECM för Hög-gruppen.

På grund av den högre djurtätheten på gårdarna i Hög-gruppen hade dessa störst beräknade förluster av ammoniakkväve ( $\text{NH}_3\text{-N}$ ) och lustgaskväve ( $\text{N}_2\text{O-N}$ ) per hektar åkermark. Inom Mjölkperspektivet hade de ekologiska gårdarna störst beräknade förluster av kväve per ton ECM inom gårdens gränser. En trolig anledning är en lägre leverans av mjölk per ko hos denna grupp.

Förklaringsgraden anger hur mycket av kväveöverskottet som kan hittas som beräknade förluster inom gårdens gränser. Relativt låga inflöden av kväve och därmed låga kväveöverskott i Eko-gruppen ger en hög förklaringsgrad inom de båda perspektiven. Eftersom resultaten baseras på modellberäkningar är det möjligt att kväveförlusterna kan ha underskattats på de konventionella gårdarna och/eller överskattats på de ekologiska gårdarna.

I Mjölkperspektivet tillkommer kväveförluster (nitrat och lustgas framförallt) samt energianvändning som sker utanför gården via inköpta resurser. För de konventionella gårdarna var andelen energianvändning samt lustgasförluster utanför gården större jämfört med den ekologiska gruppen. Ett resultat som grundar sig på inflöden av handelsgödsel och mer inköpt foder inom de konventionella grupperna.

De beräknade totala förlusterna av nitratkväve och ammoniakkväve i livscykeln var störst, räknat per ton ECM, för den ekologiska gruppen, 6,5 kg NO<sub>3</sub>-N/ton ECM respektive 4,6 kg NH<sub>3</sub>-N/ton ECM. En tänkbar anledning är att denna grupp levererar mindre mjölk per ko i jämförelse med de konventionella grupperna. Medel-gruppen hade störst förlust av lustgaskväve men skillnaderna mellan grupperna var här små.

Förluster av nitrat utanför gården utgjorde 32 % av den utlakningen för gruppen Konv. Hög. Motsvarande värde för Medel-gruppen var 23 % och 27 % för Eko-gruppen. Att andelen är högre för Eko-gruppen jämfört med Medel-gruppen kan bland annat bero på råvarusammansättningen av inköpta fodermedel.

Användningen av energi inom gårdssystemet (diesel och el) var störst per kilo levererad mjölk för de ekologiska gårdarna. En möjlig orsak kan vara en lägre mjölkleverans per ko i förhållande till den verkligt producerade mängden (per ko) i jämförelse med de konventionella gårdarna. De ekologiska gårdarna producerar en större andel av fodret till mjölkproduktionen på gården vilket i sig betyder att mer energi (framförallt diesel) behövs. Skillnaden i energianvändning inom gårdens gränser var små mellan Medel- och Hög-gruppen.

Den totala energianvändningen i livscykeln var 2,10 MJ/kg mjölk för Eko-gruppen, vilket var 23 % lägre än gruppen Konv. Medel (2,73 MJ/kg mjölk). Hög-gruppens totala energianvändning per kilo mjölk var 2,60 MJ.

Om energianvändningen istället uttrycktes per ko blev motsvarande värden 16,1 GJ/ko och år för Eko-gårdarna, 22,6 GJ/ko och år för gårdarna i Medel-gruppen samt 23,9 GJ/ko och år för gårdarna i Hög-gruppen. Trots att Hög-gruppen hade en lägre användning av energi per kilo levererad mjölk i jämförelse med Konventionell Medel blev värdet uttryckt per ko högre. En anledning kan vara den högre mjölkleveransen per ko i gruppen Konventionell Hög.

### 3 INLEDNING

Detta examensarbete, inom ramen för agronomprogrammet, ingår som en del i projekten ”Miljönyckeltal för mjölkgårdar” och ”Miljösystemanalys av typgårdar”, finansierade av Svensk Mjolk, SLF (Stiftelsen Lantbruksforskning), Mat 21 och SIK (Institutet för livsmedel och bioteknik AB). Syftet med projekten är att få en helhetssyn över hur olika grenar av livsmedelsproduktionen (mjölk, griskött, nötkött och växtodling) påverkar miljön med gården som utgångspunkt samt att utveckla miljönyckeltal som stöd i rådgivningsarbetet på mjölkgården.

Frågeställningarna är aktuella på grund av att sättet vi producerar våra livsmedel lyfts fram allt mer i rampljuset. Djurens välfärd och jordbrukets miljöpåverkan är ämnen som diskuteras även i konsument- och grossistled. På nationell nivå har 15 miljömål satts upp av regeringen. Tio av dessa mål berör på något sätt jordbrukssektorn. ”Endast naturlig försurning” och ”Ingen övergödning” är två viktiga miljömål som involverar kvävet cirkulation i naturen. Eftersom jordbruket omsätter stora mängder kväve via handelsgödsel och foder varje år är det motiverat att fokusera vid dessa flödesposter.

En mjölkproducerande gård kan tyckas vara ett relativt okomplicerat system sett utifrån. Men i takt med att kornas avkastning ökat, har även komplexiteten inom produktionsgrenen ökat. Dagens mjölkproduktion förlitar sig till stor del på resurser som tillverkas/förädlas utanför gården och ibland utanför Sveriges gränser, t.ex. handelsgödsel och olika typer av importerade fodermedel. I och med detta faktum kan produktionen påverka miljön indirekt i andra delar av världen.

Syftet med detta examensarbete är att utföra en livscykelinventering och använda beräkningsmodeller för kväveförluster för att få fram grunddata för att senare kunna definiera miljönyckeltal inom mjölkproduktion. Dessa nyckeltal skall beskriva hur mycket kväve och energi som i nuläget används för att producera mjölk. Förhoppningen är att nyckeltalen skall kunna användas av rådgivare inom näringen och att de skall ge en bild över hur mjölkproduktion påverkar den lokala såväl som den globala miljön.

## 4 LITTERATURSTUDIE

### 4.1 Nyckeltal

Ett nyckeltals uppgift är att på ett enkelt sätt beskriva en komplicerad verklighet. Talen är ofta en kvot mellan två variabler t.ex. kg kväve/hektar åker (Bendz, 2000).

Miljönyckeltal som beskriver ett lantbruksföretags miljöpåverkan kan vara ett hjälpmedel för lantbrukaren i syfte att efterleva nationella miljömål. Dessa tal bör vara lätta att använda, men samtidigt ge en så rättvis bild av verkligheten som möjligt. Detta är två krav som inte alltid är lätta att kombinera. Därför bör man vara medveten om att ett nyckeltal inte kan beskriva verkligheten till hundra procent.

Ett bra nyckeltal har:

- en hög tillförlitlighet, vilket innebär att talet speglar verkligheten så noggrant som möjligt.
- en hög validitet d.v.s. har ett syfte t.ex. att minska kväveförlusterna i jordbruket.
- en hög användbarhet. Talet skall vara lätt att använda och inte vara alltför tidskonsumerande för användaren (Bendz, 2000).

### 4.2 Kväve

Kväve är ett av de makronäringsämnen som är nödvändigt inom animalieproduktionen för produktion av t.ex. mjölk och kött (Van der Hoek, 1998).

#### 4.2.1 *Kvävebalanser i mjölkproduktionen*

Mjölkproduktion är en produktionsgren som möjliggör cirkulation av växtnäringsämnen inom gården eftersom både animalier och vegetabilier vanligtvis ingår. Den stallgödsel som produceras av djuren kan användas för att odla olika grödor. Fodergrödor används i animalieproduktionen och cirkeln sluts när stallgödseln återigen sprids på fälten (Van Keulen et al., 1996). En lyckad integrering av de två produktionsgrenarna bör innebära att mindre mängd kväve behöver importeras till gården. Detta kretslopp inom gården medför dock oundvikligen förluster och därför bör även denna aspekt uppmärksammas (Aarts, 2000).

Förluster av kväve orsakas primärt av en obalans i kvävet kretslopp, inflödet är större än vad organismen/biotopen behöver och därmed klarar av. Denna obalans kan studeras på olika nivåer t.ex. för en enskild ko och på nationell nivå. En bra metod för att på gårdsnivå uppskatta storleken på denna obalans är att upprätta en så kallad växtnäringsbalans. Att studera kväveflöden på gårdsnivå är mest aktuellt eftersom möjligheten att upptäcka och vidta åtgärder för att minska förlusterna av kväve där är störst (Van Keulen et al., 1996). En växtnäringsbalans innefattar förutom kväve (N) oftast även växtnäringsämnen fosfor (P) och kalium (K).

I Nederländerna återfinns ett av världens mest intensiva mjölkproduktionsområden med en hög djurtäthet (mycket djur per ytenhet). Kombinationen hög djurtäthet och mark som domineras av lätta sandjordar medför stora påfrestningar på miljön. Van Keulen et al. (1996) sammanställde resultat från växtnäringsbalanser, perioden 1983-1986, för nederländska mjölkgårdar. Gårdarna uppvisade olika produktionsintensitet, extensiv och intensiv, uttryckt som producerad mjölk per hektar åkermark. Gårdarnas brukade areal bestod dessutom av olika typer av huvudsaklig jordart (sand, lera alternativt mulljord). I tabell 1 finns en balans för växtnäringsämnet kväve för



de två produktionsformerna. Redovisade värden är medelvärden för kväveflöden över de olika typerna av jordart.

Förutom inköp av koncentrat köpte de intensiva gårdarna in en hel del grovfoder, i medeltal kom 37 % av det inköpta foderkvävet via inköpt grovfoder. Produkter från de intensiva gårdarna var mjölk och kött. De som bedrev en mer extensiv produktion sålde även en del grovfoder.

**Tabell 1.** Kvävebalanser för två typer av mjölkgårdar i Nederländerna, data från åren 1983-1986 (Van Keulen et al., 1996).

	<b>Extensiv produktion</b>	<b>Intensiv produktion</b>
<i>Inflöden (kg N/ha)</i>		
Handelsgödsel	273	368
Inköpt foder inkl. grovfoder	94	261
Atmosfäriskt nedfall	43	43
Övrigt	17	20
<i>Totalt IN</i>	<i>427</i>	<i>692</i>
<i>Utflöden (kg N/ha)</i>		
Kött	9	16
Mjölk	44	88
Grovfoder	2	-
<i>Totalt UT</i>	<i>53</i>	<i>104</i>
<i>Kväveöverskott (kg N/ha)</i>	<i>374</i>	<i>588</i>
<i>Kväveöverskott (kg N/ton mjölk)</i>	<i>43</i>	<i>34</i>

Det något högre utflödet av kväve för den intensiva gruppen räckte inte till för att motverka ett högre kväveöverskott per hektar jämfört med den mer extensiva produktionsformen (Van Keulen et al., 1996).

Skillnaden mellan de två grupperna var slående när kväveöverskottet relaterades till gårdarnas åkerareal. När överskottet istället relaterades till producerad mjölk (korrigerad till samma fett- och proteinhalt) var inte skillnaderna lika stora och förhållandet blev dessutom det omvända. Skälet till att den senare gruppen ligger lägre är att de i kraft med högre mjölkproduktion har mer mjölk att slå ut kväveöverskottet på (Van Keulen et al., 1996).

För att försöka få bukt med den stora kvävebelastningen från mjölkproduktionen i Nederländerna startades på 1980-talet en försöksgård, De Marke, på sandjordar i östra delen av landet. Målet var att utgöra ett exempel för hur en mer miljöanpassad produktionsform kunde uppnås utan en nedgång i mjölkproduktion. För att kunna definiera vilka kvävemål projektet skulle sträva efter utfördes datasimuleringar grundade på information från en typisk kommersiell mjölkproducerande gård under 1980-talet i Nederländerna, se tabell 2. De miljökrav som sattes fokus var ett reducerat kväveöverskott och minskade kväveförluster i form av ammoniak, nitrat samt lustgas. Kraven skulle uppfyllas genom att optimera mjölkornas foderstat med ökad andel foder som producerats inom gården samt att optimera utnyttjandet av stallgödseln. Åtgärder inom dessa områden väntades leda till minskade flöden av handelsgödsel och inköpt foder till gården (Aarts et al., 1991).

I simuleringarna skulle produktionsintensiteten bibehållas på den ursprungliga nivån vilket innebar 13 195 kg mjölk/ha, dock skulle djurtätheten minska från 2,3 till 1,5 mjölkkor/ha. För att inte tappa i produktionsintensitet när djurtätheten minskade krävdes en ökning av kornas avkastning från 5700 kg/laktation till 8500 kg/laktation (Aarts et al., 1991).

Prognosen och det uppnådda resultatet för De Marke redovisas även det i tabell 2.

**Tabell 2.** Kvävebalanser för mjölkgårdar i Nederländerna samt projektgården De Marke (Aarts et al., 1999).

	<b>Kommersiell produktion</b> (mitten av 80-talet)	<b>Prognos</b> De Marke	<b>Resultat</b> De Marke (93/96)
<i>Inflöden (kg N/ha)</i>			
Handelsgödsel	330	67	74
Inköpt foder	182	41	80
Atm. nedfall	49	49	49
Kvävefixering	0	30	8
Övrigt	7	5	29
<i>Totalt IN</i>	<i>568</i>	<i>192</i>	<i>240</i>
<i>Utflöden (kg N/ha)</i>			
Mjölk	68	62	64
Kött	13	8	10
<i>Totalt UT</i>	<i>81</i>	<i>70</i>	<i>74</i>
<i>Kväveöverskott (kg N/ha)</i>	<i>487</i>	<i>122</i>	<i>166</i>
<i>Kväveeffektivitet (%)</i>	<i>14%</i>	<i>36%</i>	<i>31%</i>

Resultatet visar att det är möjligt att mer än halvera användandet av resurser såsom handelsgödsel och inköpt foder inom den nederländska mjölkproduktionen. Och detta utan att påverka avkastningsnivån negativt hos mjölkorna (Aarts et al. 1999).

I Sverige sker inte mjölkproduktion med samma höga intensitet per ytenhet (levererad mjölk per hektar) som i t.ex. Nederländerna. Skillnaden ligger i hur mycket djur som tillåts att hållas per ytenhet (hektar). Det som begränsar djurtätheten i de flesta europeiska länderna är att gårdarna maximalt får lägga 170 kg kväve/hektar och år via stallgödsel. I Sverige baseras istället reglerna för djurtäthet på en max-giva av 22 kg fosfor/ha och år via stallgödsel. Därmed blir reglerna för djurtätheten i Sverige bland de hårdaste i Europa (Cederberg och Bergström, 1999).

Cederberg och Bergström (1999) undersökte och beräknade näringsflöden på konventionella och ekologiska gårdar i södra Sverige. De konventionella gårdarna levererade i medeltal 7650 kg mjölk/ha och de ekologiska 3787 kg mjölk/ha. Djurtätheten var 0,94 DE/ha respektive 0,58 DE/ha. I tabell 3 visas gårdarnas kväveöverskott relaterat till åkerarealen samt till levererad mjölk från gården.

**Tabell 3.** Kväveöverskott för sydsvenska mjölkgårdar relaterat till åkerarealen och levererad mjölk (Cederberg och Bergström, 1999).

	<b>Ekologiska gårdar</b> n <sup>1</sup> = 13	<b>Konventionella gårdar</b> n = 14
Kväveöverskott (kg N/ha)	85	167
Kväveöverskott (kg N/ton mjölk)	20,0	24,1

<sup>1</sup> n = antalet gårdar inom respektive grupp.

#### 4.2.2 *Kväveförluster och reduceringsmöjligheter*

##### *Ammoniak (NH<sub>3</sub>-N)*

Förluster av ammoniakkväve är inom jordbruket kopplat till den gödsel som djuren producerar (Jordbruksverket, 1999). Hur stora förlusterna blir beror på om djuren hålls på bete alternativt i stall, hur gödseln hanteras i lagring och vid spridning (STANK, 4.11). Även gårdens djurtäthet kan ha en inverkan (Deltén, 2001).

Jarvis och Ledgard (2002) jämförde två olika intensiva system för mjölkproduktion med hänsyn till förluster av ammoniakkväve. Det första systemet fanns i England där kornas betessäsong sträckte sig över cirka hälften av året och produktionen byggde på att djuren utfodrades med bl.a. inköpta koncentrat framförallt under stallperioden. I system 2 (Nya Zeeland) gick korna på bete året runt och stödutfodrades endast med grovfoder om betet inte gav den mängd/kvalitet som krävdes för att behålla avkastningsnivån.

Nästan all gödsel från djuren hamnade på betet i system 2, undantaget är den gödsel som hamnade i drivningsgångar till och från mjölkning samt i mjölkningsstallet. I system 1 innebär stallperioden att producerad stallgödsel (här flytgödsel) måste samlas in och lagras innan den kan spridas på betena. Denna hantering kan innebära stora förluster av kväve. Framförallt är det spridningen som utgör den största förluskällan, 47 % av förlorat NH<sub>3</sub>-N på gårdsnivå (Jarvis och Ledgard, 2002).

Om förlusterna relaterades till arealen (hektar) var förlusten större för gården i England än i Nya Zeeland, 57 kg NH<sub>3</sub>-N/ha jämfört med 24 kg NH<sub>3</sub>-N/ha. Orsaken är att potentiella förluskällor är fler inom det förra systemet. Det faktum att system 1 importerar mer kväve till produktionen via handelsgödsel och foder gör att flödena av kväve på gården ökar och sålunda ökar även risken för förluster av kväve (Jarvis och Ledgard, 2002). Om den producerade mängden mjölk användes som beräkningsbas (1 ton) låg den betesdominerade produktionen i Nya Zeeland fortfarande lägre. Emissionstalet var 2,7 kg NH<sub>3</sub>-N/ton mjölk och motsvarande för det engelska systemet var 7,7 kg NH<sub>3</sub>-N/ton mjölk (Jarvis och Ledgard, 2002).

Aarts et al. (1999) redovisar ammoniakförluster från försöksgården De Marke om 22 kg NH<sub>3</sub>-N/ha och år. Detta innebar en minskning med 79 % jämfört med typgården från 1980-talet. Den huvudsakliga anledningen till minskningen är att all stallgödsel myllades ner i marken med hjälp av ett myllningsaggregat (Aarts et al., 1999).

Misselbrook et al. (2000) fann att fördelningen mellan de olika förluskällorna för ammoniakkväve på mjölkgårdar i Storbritannien var 36 % i stall, 13 % vid lagring, 38 % vid spridning och 13 % vid betesdrift. Motsvarande siffror uppmätta i Irland är 40 % i stall, 4 % vid lagring, 39 % vid spridning och 17 % på bete (Hyde et al., 2003)

Under svenska förhållanden och beräkningsmetoder fann Cederberg och Bergström (1999) att ekologisk mjölkproduktion (tio gårdar) i medeltal orsakade en emission om 27 kg NH<sub>3</sub>-N/ha och år i medeltal. Motsvarande förlust för nio konventionella mjölkgårdar var i genomsnitt 33 kg NH<sub>3</sub>-N/ha och år.

Andelen ammoniakkväve som förloras från stallgödseln vid spridning på fält ökar med ökad mängd torrsbstans (ts) i gödseln (Misselbrook et al., 2000). Emissionsfaktorerna är därför högre för fastgödsel (ts-halt cirka 17 %) jämfört med flytgödsel (ts-halt cirka 9 %).

Förlusterna vid betesdrift är relaterade till hur mycket handelsgödsel som tillförs marken (Hyde et al., 2003). Ökad mängd kväve tillfört via handelsgödsel ökar förlusterna av ammoniakkväve på betet. Detta beror på att ett gödlat gräs innehåller en större andel, för nötkreaturen, lättnedbrytbart kväve vilket leder till mer kväve i gödseln. I Sverige beräknas förlusten av ammoniakkväve vid betesdrift som procent av kväve bakom djuret (SCB, 2003)

#### *Nitrat (NO<sub>3</sub>-N)*

Nitrat kan i höga koncentrationer verka övergödande på vattensystem och försämra kvaliteten på dricksvatten. Miljökvalitetsnormen för nitrat i grundvatten är 50 mg NO<sub>3</sub>-/l (Naturvårdsverket, 2002).

Ju lättare jorden är desto mer känslig för läckage är den. Brukning av jordar som domineras av sand innebär därför en ökad risk för kväveförluster i form av nitrat jämfört med lerdominerade jordar (Torstensson et al., 2003). Generellt är läckaget mindre på mark som är bevuxen med vall jämfört med andra grödor, spannmål etc. (Hooda et al., 1998). Spridning av handelsgödsel och stallgödsel innebär att koncentrationen av nitrat stiger i marken och risken för läckage ökar (Zebarth et al., 1998).

Aarts et al. (1999) fann att det är möjligt att minska utlakningen av kväve till en tredjedel av ursprungsläckaget på mjölkgårdar i Nederländerna där jordarten domineras av sand. Från 150 kg NO<sub>3</sub>-N/ha och år inom en intensiv mjölkgård på 1980-talet till 52 kg NO<sub>3</sub>-N/ha och år på försöksgården De Marke. De åtgärder som ledde fram till denna minskning var bland annat användning av fånggrödor samt en minskad gödslingsintensitet (både handelsgödsel och stallgödsel) (Aarts et al., 1991).

Cederberg (1998) undersökte två svenska mjölkgårdar, en konventionell och en ekologisk. Modellberäkningar visade att läckaget av nitrat var 32 kg NO<sub>3</sub>-N/ha och år för den konventionella gården och 19 kg NO<sub>3</sub>-N/ha och år för den ekologiska. Om ovanstående förluster istället sattes i relation till levererad mjölk blev värdet för den konventionella gården 3,62 NO<sub>3</sub>-N/ton ECM och för den ekologiska 4,85 kg NO<sub>3</sub>-N/ton ECM.

Jordbruksverket har på uppdrag av regeringen utformat förslag till bestämmelser i försök att minska läckaget av nitrat från åkermark i Sverige. Dessa bestämmelser berör bland annat lagringskapacitet för stallgödsel på gårdar med djur och spridningstidpunkter både för stall- och handelsgödsel. En tillräcklig lagringskapacitet för stallgödsel innebär att spridning kan undvikas under de tider på året då risken för läckage är som störst, framförallt under senvintern (januari och februari) (Jordbruksverket, 2003). Under perioden 1 november till 15 februari är det inte tillåtet att sprida handelsgödsel. För stallgödsel är motsvarande period 1 januari till 15 februari (SJVFS 1999:79).

### *Lustgas (N<sub>2</sub>O-N)*

Lustgas är en växthusgas som dessutom verkar nedbrytande på ozonlagret (Velthof et al., 1998). Av de mänskliga aktiviteter som ger upphov till lustgas står jordbruket för 75 % (Flessa et al., 2002). De biologiska processerna, denitrifikation och nitrifikation, som utförs av bakterier i marken är de två största emissionskällorna (Velthof et al., 1998).

Förvaltningen av kväve på gårdsnivå påverkar hur mycket lustgas som försvinner till atmosfären. Inom mjölkproduktionen är det framförallt gödslade vallar som bidrar till emissionerna (Velthof et al., 1998). Kreaturgödsel (vid betesdrift samt vid spridning) tillför vallarna både ämnet kol och lättillgängliga kväveföreningar som kan leda till en ökad lustgasavgång (Chadwick et al., 1999). Velthof et al. (1997) fann att lustgasemissionerna ökade exponentiellt med ökande tillförsel av kväve via handelsgödsel.

Förutom gödsling med stallgödsel och handelsgödsel kan kvävefixering via baljväxter bidra till ökad lustgasemission (Flessa et al., 2002). Antagligen är kvävefixeringen betydligt mindre betydelsefull än det kväve som tillförs via övrig gödsling (Velthof et al., 1998).

Stallgödseln kan även ge upphov till emissioner av lustgas i stall och lagring. Emissionen tenderar att öka vid en ökad syretillgång i gödseln (Flessa et al., 2002). Hantering av fastgödsel i stall och lagring har därför en högre emissionsfaktor än motsvarande faktor för flytgödsel (IPCC, 2000).

Lustgas har påvisats som intermediär produkt i de kemiska processer som involverar nitrat- och ammoniakförluster (IPCC, 2000). Genom att minska förlusterna av dessa föreningar på gårdsnivå kan därmed, indirekt, lustgasemissionerna minskas (Velthof et al., 1998).

Flessa et al. (2002) jämförde lustgasemissionerna från två gårdar med köttuppfödning (stutar) i Tyskland, en konventionell gård med avsalugrödor och en ekologisk gård. I båda systemen stod åkermarken för majoriteten av emissionerna till följd av gödsling med stall- och handelsgödsel, 52 % respektive 57 %. Mängdmässigt låg förlusten på den konventionella gården på 6,6 kg N<sub>2</sub>O-N/ha och år och den ekologiska på 5,3 kg N<sub>2</sub>O-N/ha och år knutet till åkermarken.

Största förlustpost efter åkermarken var för den ekologiska gården betesdriften och för den konventionella gården förluster knutna till produktionen av den handelsgödsel som gården använde. Övriga emissionskällor som inkluderades var förbränning av diesel och lagring av stallgödsel. Förluster via ammoniak- och nitratförluster inkluderades ej och därför har troligen mängden lustgas underskattats något. Den totala skillnaden mellan systemen var inte större än 1 kg N<sub>2</sub>O-N/ha (Flessa et al. 2002).

Åtgärder som kan tas på gårdsnivå för att minska emissionen av lustgas är att optimera kvävegivan framförallt via handelsgödsel till den odlade grödans behov och alternativt använda kvävefixerande grödor för gödslingseffekt. Att minska ammoniakförlusterna från gårdens stallgödselhantering är också önskvärt eftersom emissionen av lustgas påverkas indirekt av dess storlek. En lägre proteinhalt i kornas foderstat leder till lägre ammoniakförluster och därmed till lägre emission av lustgas (Brink et al. 2001a).

Ytterligare en åtgärd är att övergå från system med fast/djupströgödsel till att hantera gödseln som flytgödsel (Chadwick et al. 1999).

Som kväveförlust är lustgasen liten till mängden (kg) jämfört med ammoniak och nitrat på gårdsnivå. Men eftersom föreningen är en mycket potent växthusgas, 1 gram lustgas är ekvivalent med 310 gram koldioxid inom ett hundra års perspektiv, är den viktig och uppmärksamma (Cederberg, 1998).

#### 4.2.3 *Kväveeffektivitet*

Vid beräkning av kväveeffektivitet är det viktigt att definiera vilket system som är aktuellt. Kväveeffektiviteten kan beräknas för den individuella kon, för gårdens animalieproduktion alternativt vegetabilieproduktion eller för hela mjölkgården (Van Keulen et al., 1996). Deltén (2001) visade att det inte fanns något signifikant samband mellan kons och gårdens totala kväveeffektivitet när 19 svenska mjölkgårdar undersöktes. Här nedan visas principen för hur en kväveeffektivitet beräknas.

$$\text{Kväveeffektivitet (\%)} = \frac{\text{Mängd kväve i produkten (t.ex. i mjölken)}}{\text{Mängd kväve in till produktionen (t.ex. i kons foder)}}$$

Van der Hoek (1998) sammanställde en global kvävebalans för jordens alla större nötkreatur (undantaget bufflar). Inflöden av kväve var djurens foder (både bete och förädlade fodermedel) och utflödena var mjölk och kött. Kväveeffektiviteten för denna djurkategori blev endast 7,7 %. En förklaring till detta låga värde kan delvis vara att 12 % av djuren användes till att producera arbete (dragdjur) och därmed inga kväverika produkter. Ytterligare en bidragande orsak kan vara att i vissa delar av världen utfodras endast djuren för att klara sitt underhållsbehov (Van der Hoek, 1998). Nötkreatur har generellt lägre kväveeffektivitet än svin och fjäderfä, den globala kväveeffektiviteten för hela animalieproduktionen är cirka 10 %. Castillo et al. (2000) redovisar en effektivitet om 20 % och sjunkande för mjölkkor i Europa.

Kväveeffektiviteten inom vegetabilieproduktionen är på global nivå 60 %. För jordbruket som helhet (animalier + vegetabilier) är kväveeffektiviteten 37 % (Van der Hoek, 1998).

Hos mjölkkor fann Castillo et al. (2000) att i medeltal 75 % av det utfodrade kvävet utsöndrades i träck samt urin och 25 % via mjölken. Kväveeffektiviteten var därmed 25 %.

Deltén (2001) visade att med en ökande råproteinhalt (rp) i foderstaten (intervallet 12 - 17 g rp/MJ) minskade kväveeffektiviteten i mjölkproduktionen från 31 % till 24 %. Även Frank et al. (2002) visade en sänkning av kväveeffektiviteten som en följd av en ökande råproteinhalt i foderstaten.

För att öka kons kväveeffektivitet bör åtgärder tas inom foderområdet (Deltén, 2001). Kornas kväveutnyttjande ökade från 29 % till 32 % när de fick en del av gräsensilage utbytt mot majsensilage (Castillo et al., 2000). Ensilage av hela majsplantan är ett foder som har en bättre balans mellan innehåll av protein och lättsmälta kolhydrater (energi) (Spörndly, 1999). Balans mellan protein och kolhydrater i kornas foderstat kan leda till minskade kväveförluster (Smits et al., 1995).

Om mjölkorna utfodras med mer kväve än vad de behöver till underhåll, fostertillväxt, mjölkproduktion och eventuell egen tillväxt utsöndras huvuddelen av överskottskvävet i urinen som urea (Kebreab et al., 2001). Urea omvandlas snabbt till ammoniak i stall och en ökning av urea i urinen kan därför bidra till en ökad ammoniakemission (Smits et al., 1995).

Deltén (2001) redovisade ett positivt samband mellan råproteinhalten i foderstaten och halten av urea i mjölken. En möjlig indikator för kons kväveeffektivitet kan vara just urea i mjölken. Sambandet mellan råproteinhalt och kons kväveeffektivitet är negativt vilket innebär att ju större andelen protein är i foderstaten desto lägre blir kväveeffektiviteten och desto mer kväve utsöndras via träck och urin. (Deltén, 2001).

### 4.3 Energi

På gårdsnivå används energi både i växtodling och i djurhållningen. Inom växtodlingen används fossil energi för fältoperationer (diesel) och för t.ex. torkning av skördeprodukter (olja). De aktiviteter inom gårdens djurhållning som kräver energi, framförallt elektricitet, är ventilation, belysning, utfodringsapparat och mjölkningssutrustning (Refsgaard et al., 1998).

Refsgaard et al. (1998) studerade danska konventionella (17 st.) och ekologiska gårdar (14 st.) med mjölk som huvudsaklig produktionsgren. Den elektricitet som förbrukades i stall av en mjölkproducerande enhet, MPU<sup>1</sup>, uppgick till 6,6 GJ<sup>2</sup> för båda produktionsätten. I gårdens egna foderproduktion förbrukade de ekologiska gårdarna mindre energi per MPU än de konventionella, 6,3 GJ respektive 9,5 GJ.

Ur ett livscykelperspektiv använder mjölkproduktionen även energi via inköpta resurser som foder och handelsgödsel. Hur stor den totala energianvändningen blir påverkas till stor del av vilka typer av fodermedel som köps in. Fodermedel som torkats under tillverkningsprocessen t.ex. gräspelletts innebär en mycket hög energikostnad (Refsgaard et al. 1998).

I den danska undersökningen var den indirekta energianvändningen via inköpta fodermedel för de konventionella gårdarna drygt tre gånger högre än för ekologiska gårdar; 13,9 GJ/MPU jämfört med 4,3 GJ/MPU (Refsgaard et al. 1998). Här ingick även tillverkning av byggnader som en indirekt energipost. Dock gjordes det ingen skillnad i beräkningarna mellan tillverkning av byggnader för konventionell respektive ekologisk produktion (Refsgaard et al. 1998).

Refsgaard et al. (1998) fann att den totala energianvändningen (diesel, el och energi via inköpta resurser) för konventionell produktion var 33,4 GJ/MPU och för den ekologiska 20,6 GJ/MPU. Om jämförelsebasen istället för MPU var kg producerad mjölk förbrukar konventionella gårdar 3,34 MJ/kg mjölk och ekologiska 2,16 MJ/kg mjölk. Innan den sistnämnda beräkningen utfördes omvandlades det kött som producerades på gården till mjölk på energibasis.

Enligt Cederberg (1998) var energianvändningen på ekologiska mjölkgårdar i Sverige 2,41 MJ/kg mjölk och på konventionella 2,86 MJ/kg. Skillnaden består i att de konventionella tillåts använda handelsgödsel i växtodlingen samt att respektive grupp av gårdar köper in fodermedel med olika energikostnader knutna till sig (Cederberg, 1998).

---

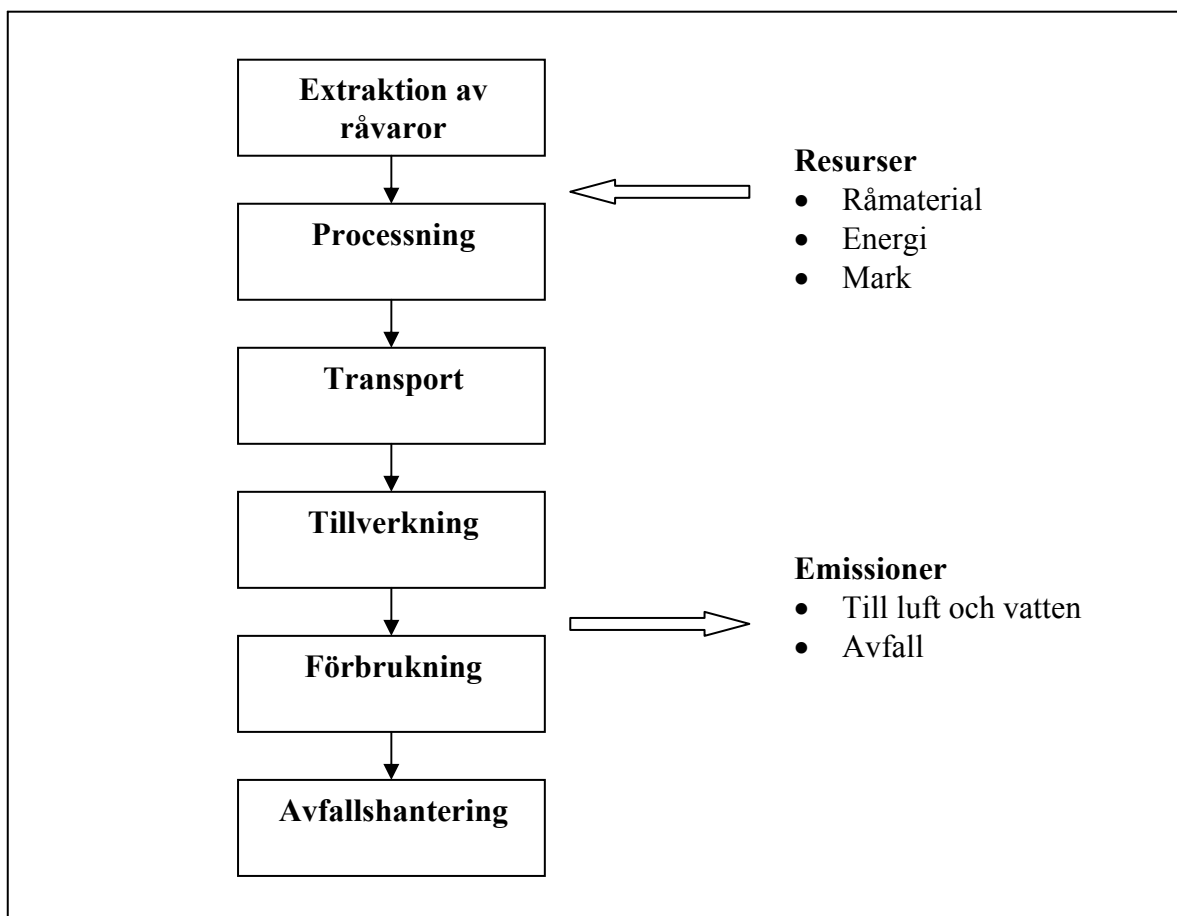
<sup>1</sup> MPU = mjölkko + kviga

<sup>2</sup> 1 GJ (Giga Joule) = 1000 MJ

Halberg (1999) inventerade tio ekologiska och fem konventionella mjölkgårdar i syfte att få fram ett beslutsunderlag för olika miljöindikatorer inom danskt lantbruk. I denna undersökning hade de ekologiska gårdarna en energianvändning om 2,71 MJ/kg mjölk och de konventionella 3,54 MJ/kg mjölk. Här ingick den diesel och el som använts på gården samt fossil energi använd utanför gården vid tillverkning av resurser som handelsgödsel och kraftfoder.

#### 4.4 Livscykelanalys

Med hjälp av livscykelanalys (LCA) kan en produkt eller tjänst följas från ”vaggan till graven”. Därmed kan en skattning av produktens/tjänstens totala miljöpåverkan göras. En miljöpåverkan som kan innebära utsläpp av föroreningar till mark, vatten och luft, förbrukning av ändliga resurser såsom olja och fosfor m.m. I figur 1 visas en översiktlig modell av en livscykel.



**Figur 1.** Modell för livscykelanalys.

När en LCA skall utföras så görs detta i fyra steg. Steg 1 är att definiera analysens mål och omfattning. Det system (produkt alt. tjänst) som skall analyseras avgränsas och beskrivs noga. En så kallad *funktionell enhet* definieras och till denna relateras sedan alla uttag av resurser som krävs och emissioner som bildas för den analyserade produkten/tjänsten. Med hjälp av denna gemensamma enhet kan även olika produkter/tjänster jämföras med varandra med avseende på deras miljöpåverkan. I steg 1 bestäms även vilken allokeringsprocedur som skall användas. Allokering innebär att fördela t.ex. resursuttag och emissioner mellan huvudprodukt och eventuella biprodukter.



Steg 2 innefattar själva inventeringsanalysen där data samlas in och sammanställs. I steg 3, miljöpåverkansbedömningen, används inventeringsanalysens resultat till att skatta effekterna på miljön utifrån kända miljöparametrar (t.ex. koldioxidekvivalenter). Slutligen steg 4 där tolkas resultaten från steg 3 med utgångspunkt från livscykelanalysens mål.

## 5 MÅL OCH OMFATTNING

### 5.1 Studiens mål och syfte

Denna studie syftar till att få ökade kunskaper om kväveförluster och energianvändning på mjölkgårdar. Genom att utföra en *livscykelinventering* (LCI) och genom att använda olika beräkningsmodeller för kväveförluster skall följande mål uppnås:

- Få ett underlag för nyckeltal berörande kväveflöden och kväveförluster samt energianvändningen på gårdsnivå.
- Få en uppfattning om variationen mellan gårdar som producerar mjölk med olika intensitet, definierat som levererad mjölk per hektar åkermark.
- Jämföra konventionell och ekologisk mjölkproduktion.

### 5.2 Studerade system

I studien ingick 23 mjölkgårdar, både konventionellt och ekologiskt producerande. För att kunna delta i projektet skulle lantbrukarna, ha upprättat en växtnärbalans (enligt STANK, för förklaring se avsnittet om växtnärbalanser) tillsammans med en rådgivare. Inga djur fick födas upp till slakt på gården utan produktionen skulle vara inriktad på mjölk som huvudprodukt.

Geografiskt avgränsades möjliga gårdar till medlemmar inom husdjursföreningarna Hallands Husdjur, Södra Älvsborgs Husdjur och Skara Semin, alla belägna i västra Sverige.

### 5.3 Funktionell enhet

En av grundpelarna i en livscykelanalys är att definiera en funktionell enhet. Denna enhet utgör beräkningsbasen i analysen och är nödvändig om olika produktionsprocesser skall kunna jämföras med varandra. De deltagande gårdarnas mjölkproduktion har i detta arbete studerats utifrån två olika perspektiv. I det första perspektivet, *Gårdsperspektivet*, är hela gården i fokus och i det andra är mjölken som produkt i fokus, *Mjölkperspektivet*. De funktionella enheterna är ett hektar åkermark (1 ha åkermark) respektive 1 000 kg mjölk (i ECM) levererat från produktionen.

**Tabell 4.** Funktionell enhet inom de två perspektiven.

Perspektiv	Beskrivning	Funktionell enhet
Gårdsperspektivet	Hela gården i fokus (vegetabilier och animalier)	1 hektar åkermark (1 ha)
Mjölkperspektivet	Mjölken som produkt i fokus	1 000 kg ECM levererat från gården

## 5.4 Systemgränser

Om ett system, som mjölkgården i det här fallet, skall analyseras är det essentiellt att systemet som sådant noggrant definieras. Denna noggrannhet är en förutsättning för att kunna dra korrekta slutsatser samt för att kunna göra så rättvisa jämförelser med andra undersökningar som möjligt. Var gränserna dras för vad som skall inkluderas och inte i beräkningarna begränsar vilken systemnivå (t.ex. gård, regional, nationell alternativt internationell) som beskrivs och därigenom även hur och var resultaten kan tillämpas.

De två olika perspektiven representerar var sitt system. System 1 är Gårdsperspektivet där beräkningsbasen är den individuella gårdens areal (alla kväveflöden etc. utslaget per hektar). Det andra systemet vilket utvidgats till att omfatta en livscykelinventering (LCI) är Mjölkperspektivet. Här jämförs gårdarnas kväveflöden etc. i relation till mängd levererad mjölk (1000 kg ECM). För beskrivning av begreppet livscykelinventering se avsnitt 6.

### 5.4.1 Gårdsperspektivet

Mjölkgårdarnas kväveflöden och resurser har inom detta perspektiv studerats utifrån ”farm-gate” metodiken. Systemgränsen placeras vid gårdsgården (van Eerdth och Fong, 1998). Alla inflöden av intressanta resurser sätts i fokus samt produktionens resultat i form av produkt/produkter ut från gården. Omvandlingen från resurs (t.ex. inköpt foder) till produkt (t.ex. mjölk) och vilka förluster som sker under produktionsprocessen är centrala.

De data som Gårdsperspektivet grundar sig på är hämtade från växtnäringsbalansen som lantbrukaren tillsammans med en rådgivare sammanställt i dataprogrammet STANK (för beskrivning se avsnittet om inventering).

Förluster av kväve i form av ammoniak, nitrat och lustgas har beräknats med modeller och relaterats till gårdens åkerareal. Hur stor del av gårdens kväveöverskott som har kunnat spåras med hjälp av förlustberäkningar som förlust av kväve anges av en förklaringsgrad (%). Ju högre förklaringsgrad desto mer av överskottet kan spåras som kväveförlust. För att illustrera begreppet ytterligare följer här ett gårdsexempel. Gården i detta exempel har ett kväveöverskott på 100 kg kväve/ha och beräkningarna visar att totalt 60 kg N/ha förloras som ammoniak, nitrat och lustgas. Förklaringsgraden blir därför 60 %.

För att kunna minska förlusterna behövs information om hur kvävet används i de olika aktiviteterna (växtodling, animalieproduktion etc.) på gården. Med denna information kan särskilt miljöbelastande delar av systemet (så kallade ”hot-spots”) upptäckas och åtgärder kan sättas in för att minska förlusterna där de är som störst.

Gårdsnivån innebär även att det är lantbrukaren som har störst möjlighet att styra produktionens miljöpåverkan genom val av typ samt mängd av kväve och resurs som han/hon väljer att köpa in samt hur dessa förvaltas inom gården. I figur 2 visas in- och utflöden av kväve inom Gårdsperspektivet.



**Figur 2.** In- och utflöden av kväve inom Gårdsperspektivet.

### 5.4.2 Mjölkperspektivet

Detta perspektiv är produktrelaterat vilket innebär att inflöden och förluster av kväve har satts i förhållande till hur mycket mjök som levererades från gården. Syftet med detta perspektiv är att undersöka hur mycket av resurserna (kväve och energi) som krävs för att leverera 1000 kg ECM från gården.

Inflödena av kväve har modifierats något i jämförelse med Gårdsperspektivet, se figur 3. Endast handelsgödsel som sprids till mjölkornas (inkl. rekrytering) fodergrödor ingick samt inköpt foderkväve till mjökproduktionen och kväve som fixerades i baljväxtvallar och/eller baljväxter i renbestånd. Skälet till att nedfall av kväve från atmosfären inte inkluderades är att denna tillförsel sker vare sig marken används för livsmedelsproduktion eller ej. Andra inflöden som exkluderades är utsäde och strömedel. Det huvudsakliga skälet till detta är att dessa flöden är små i jämförelse med övriga. Dessa är heller inte ytterst till för att påverka mängden mjök som produceras.



**Figur 3.** In- och utflöden av kväve inom Mjölkperspektivet

Ut från gården försvinner endast det kväve som ingår i mjölken samt kväveöverskottet. Men som tidigare beskrivits så levereras inte endast mjök från gården utan även en del kött i form av slaktdjur samt eventuellt vegetabilier.

Genom att först eliminera sålda vegetabilier som kväveutflöde förvandlades gården till en rent animalieproducerande gård. På växtnärbalansen anges vilka grödor som säljs samt i vilken kvantitet. Utifrån inventeringsdata, såsom gödsling av skiften, samt beräkningar av kväveförluster kunde korrigeringar göras. Tabell 5 visar aktuella poster samt hur dessa korrigerades.

**Tabell 5.** Korrigeringar gjorda på grund av vegetabilier till avsalu inom Mjölkperspektivet.

Typ	Post	Förklaring
Resurs	Handelsgödsel	Den handelsgödsel som spridits till avsalugrödan subtraherades från den totalt använda mängden inom gårdens vegetabilieproduktion.
Resurs	Kvävefixering <sup>1</sup>	Den mängd kväve som fixerades av avsalugrödan drogs bort från det totala kvävet som fixerats.
Emission	Ammoniakkväve (NH <sub>3</sub> -N)	Om avsalugrödan får stallgödsel under växtodlingsåret subtraherades den mängd ammoniakkväve som orsakades av denna gödsel.
Emission	Nitratkväve (NO <sub>3</sub> -N)	Den mängd nitratkväve som utlakades p.g.a. odlingen av avsalugrödan subtraherades från gårdens totala utlakning.
Emission	Lustgaskväve (N <sub>2</sub> O-N)	Det kväve som avgick som lustgas från de skiften vars gröda går till avsalu subtraherades från den totala emissionen.

<sup>1</sup> Denna post berörs endast om baljväxter går till avsalu (som vall alternativt ren baljväxt t.ex. ärtor)

Genom att använda en allokeringsprocedur kunde de kväveflöden, kväveförluster samt den energianvändning som orsakades av djur levererade till slakt (utflöde av kött) skattas och därefter subtraheras från de totala värdena. För mer detaljerad beskrivning av använd allokeringsprocedur se nedanstående avsnitt om allokering.

Ett utflöde som inte behandlats hitintills är organisk gödsel, vilket vissa gårdar sålde. Den mängd kväve som fanns i gödseln behandlades inte som en utflödespost i mjölkperspektivet utan det stannade inom gården. Stallgödseln hanterades som en produkt från mjölkproduktionen på grund av det faktum att ju högre avkastning en mjölkko har desto mer gödsel och kväve utsöndrar hon (SJV, 1995). Följden blir att kvävet belastar mjölkproduktionen genom att kväveöverskottet blir något högre (en mindre mängd kväve försvinner från gården).

## 5.5 Allokering

Allokering innebär att fördela och denna procedur blir aktuell när mer än en attraktiv produkt produceras från en viss råvara.

Ekonomisk allokering, som använts inom detta arbete, är endast ett av ett flertal olika allokerings sätt. Exempel på övriga är biologisk allokering och massallokering. I tabell 6 beskrivs dessa tre typer av allokeringar närmare.

**Tabell 6.** Beskrivning av tre olika allokeringsspecurer.

<b>Allokering</b>	<b>Beskrivning</b>
Ekonomisk	Baseras på det ekonomiska värdet för respektive produkt/biprodukt. En mer attraktiv och därmed dyrare produkt får bära procentuellt mer av miljöbelastningen.
Biologisk	Mjölproduktion och kväve får här illustrera principen. Allokeringen baseras på hur stor andel av det kväve konsumerar, i form av foder, som ansätts i produkterna mjölk respektive kött (tjurkalv, utslagskvinga, utslagsko).
Massallokering	Baseras på massa (t.ex. kilo). Om 80 000 kg mjölk och 20 000 kg kött lämnar gården får mjölken bära 80 % av miljöbelastningen och köttet 20 %.

All grunddata (ingredienser till fodermedel etc.) som ingick i livscykelanalysen har, om det behövs, allokats utefter ekonomisk allokering.

#### *Mellan mjölk och kött*

I Mjölkspektivet användes ekonomisk allokering för att fördela kväveförluster och energianvändning mellan mjölk och kött. Denna allokering baseras på hur mycket lantbrukaren får betalt för de olika produkterna som en årsko producerar (Rietz, 2002). Produktionen omfattar mjölk, kött från kalv, utslagsko och kvinga. Det ekonomiska förhållandet mellan mjölken och köttet påverkas av faktorer som rekryteringsprocent, priser på kött från olika djurkategorier samt mjölkpriset. Marknadpriserna, baserade på år 2002, indikerade att en allokering om 90 % till mjölk och 10 % till kött är rimlig.

## **5.6 Exkludering av in/utflöden**

Undantaget ur analysen är maskiner, byggnader, ensilageplast till korv, limpa, torn- och plansilo, mediciner samt andra kemiska preparat (diskmedel, ensileringsmedel etc.) som användes inom mjölkproduktionen.

## **5.7 Statistisk bearbetning**

Resultaten bearbetades statistiskt med hjälp av proceduren mixed i SAS (Littell, R.C. et al. 1996). Modellen såg ut som följande:

$$Y = \bar{y} + \text{grupp} + e$$

där Y = beroende variabel

$\bar{y}$  = totalgenomsnitt

grupp = Eko, Konv. Medel och Konv. Hög

e = övrig slumpmässig variation

Som random-term har gård\*grupp använts

Genom att bearbeta data i Microsoft Excel har R<sup>2</sup>-värden (determinationskoefficienter) erhållits.

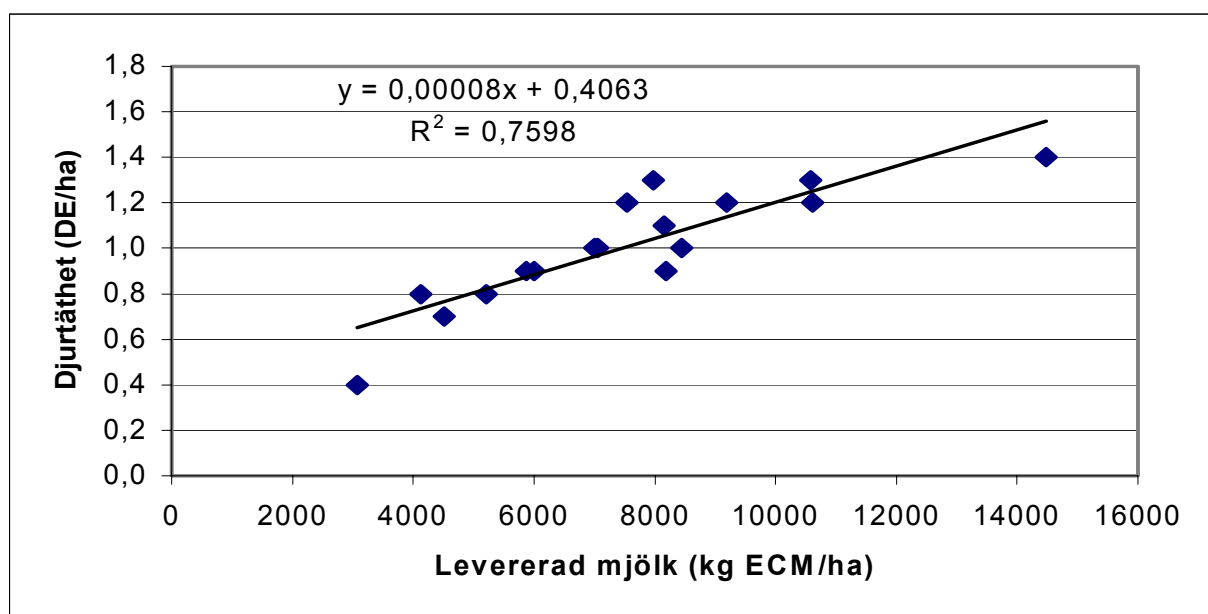
## 6 INVENTERING

Inom detta arbetes ramar har en *livscykelinventering* utförts som berör flöden och förluster av kväve samt energianvändning på mjölkgårdar. Skillnaden mellan en livscykelanalys och en livscykelinventering är att i den senare utförs ingen miljöpåverkans bedömning (steg 3 i LCA-metodiken). Inventeringen består av beräkning och redovisning av miljöpåverkande ämnen som enskilda substanser (t.ex. kg NH<sub>3</sub>-N och kg NO<sub>3</sub>-N).

### 6.1 Gårdarna

Totalt inventerades data från 23 mjölkgårdar med början i maj månad och fram till augusti månad, 2003.

För att kunna se eventuella skillnader mellan gårdarna delades de upp i tre olika grupper, två konventionella grupper och en grupp med ekologiska gårdar. De konventionella gårdarna skulle uppvisa en variation i levererad mjölk (kg ECM) per hektar åkermark. Ett samband finns mellan detta mått på produktionsintensitet och djurtätheten på gården. I figur 4 visas sambandet mellan djurtäthet (DE/ha) och produktionsintensiteten för de konventionella gårdarna som ingick i denna studie.



**Figur 4.** Samband mellan djurtäthet och produktionsintensitet (levererad kg ECM/ha), för deltagande konventionella mjölkgårdar.

Gårdarna delades upp i följande grupper:

- Ekologisk
- Konventionell Medel
- Konventionell Hög

En gräns drogs vid en produktionsintensitet om 7 500 kg ECM/ha mellan de båda konventionella grupperna. Detta innebar att gårdarna i gruppen Konv. Hög, i medeltal, hade en djurtäthet över 1,0 DE/ha. Grupperna Konventionell Medel och Ekologisk hade en djurtäthet

under 1,0 DE/ha, i medeltal. Tabell 7 visar fördelningen av gårdar mellan grupper och de olika husdjursföreningarna.

**Tabell 7.** Fördelning av deltagande mjölkgårdar, inom grupp och per husdjursförening.

<b>Husdjursförening Grupp</b>	Hallands Husdjur	Södra Älvsborgs Husdjur	Skara Semin	<i>Totalt antal per grupp</i>
Ekologisk	2	2	2	6
Konventionell Medel	3	2	3	8
Konventionell Hög	3	3	3	9

I rapporten redovisas endast gårdsdata och resultat som medeltal och variation för respektive grupp. Allmänna gårdsdata redovisas i nedanstående tabell, tabell 8.

**Tabell 8.** Allmänna gårdsdata, medeltal samt variation inom grupperna.

	<b>Ekologisk</b>	<b>Konv. Medel</b>	<b>Konv. Hög</b>
Antal kor	39 (30-50)	57 (30-115)	65 (28-120)
Antal hektar åkermark	63 (34,8-87)	90 (42,7-138,7)	70 (30,2-163)
Djurtäthet (DE/ha)	0,9 (0,5-1,3)	0,8 (0,5-1,0)	1,2 (1,0-1,4)
Avkastning enligt kokontroll (kg ECM)	9405 (7507-11178)	9133 (8262-10400)	10098 (9000-11600)
Mjölkleverans per ko (kg ECM/år)	7694 (6163-9034)	8338 (7417-9034)	9237 (7440-11500)
Mjölkleverans (kg ECM/ha)	5099 (4166-7003)	5356 (3070-7053)	9464 (7547-14483)
Mjölkleverans (ton ECM/år)	298	476	588
Antal hektar naturbetesmark	19 (1,9-52)	10 (0-25)	11 (0-30)

### 6.1.1 Beräkning av djurtäthet

Djurtätheten beräknades med ledning av Jordbruksverkets (1998:899) indelning och definition av olika djurkategorier. En mjölkko räknas som en djurenhet och här ingår en spädkalv under en månaders ålder. Sex stycken kalvar (1-6 månader) respektive tre stycken övriga nöt (6 månader och äldre) motsvarar en djurenhet.

Vid inventeringen togs data fram om antal djur i kategorierna; mjölkko (inkl. sinko), yngre kvigor (2-12 mån) och äldre kvigor (12-24 mån). Dessa kategorier överensstämde inte helt med den indelning som Jordbruksverket gör. Vid beräkning av djurtätheten antogs därför hälften av kvigor i gruppen 2-12 månader vara under 6 månader och den andra hälften över 6 månaders ålder. Samtliga kalvar antogs vara under en månads ålder vid tillfället för inventeringen.

För att illustrera beräkningen redovisas här ett gårdsexempel. Gården har 50 mjölkkor, 16 yngre kvigor och 14 äldre kvigor. Den brukade arealen är 75 hektar åkermark.

Antalet djurenheter blir:  $50 + (8/6) + ((8+14)/3) = 58,7$  DE.

Djurtätheten (DE/ha) blir därmed:  $58,7$  djurenheter /  $75$  hektar =  $0,8$  DE/ha.

## 6.2 Växtnäringsbalanser

Växtnäringsbalansen är det instrument som idag används på gårdsnivå för att få en överblick över gårdens förvaltning av växtnäringsämnen kväve (N), fosfor (P) och kalium (K). En växtnäringsbalans kan etableras på olika nivåer, allt från ett individuellt fält upp till nationell nivå.

### 6.2.1 STANK

Inom rådgivningsprojektet Greppa Näringen används dataprogrammet *STANK*, STAllgödsel – Näring i Kretslopp, framtaget av Jordbruksverket (SJV). Med hjälp av *STANK* kan växtnäringsbalanser sättas upp på gårdsnivå. In- och utflöden av makronäringsämnen kväve, fosfor och kalium via inköpta resurser respektive produkter inventeras. Dessa data kan sedan användas för att beräkna överskott av näringsämnen per hektar åkermark på gården. Överskott beräknas genom att ta summan av samtliga inflöden och subtrahera med innehållet av det aktuella ämnet i de produkter som försvinner från gården.

I programmet finns möjlighet att skatta kväveförluster i form av ammoniak och nitrat på gårdsnivå. Skattningen av mängden förlorat ammoniakkväve grundar sig på schablonvärden för djurens produktion av stallgödsel och emissionsfaktorer för olika förluskällor.

Utlakning av nitratkväve beräknas i *STANK* utifrån gårdens växtföljd. I dagsläget behandlas skiften med samma gröda som ett enda stort skifte med likadant bruknings sätt (bearbetning, gödning etc.). Planer finns att framöver behandla fälten individuellt och därmed förfinas beräkningarna av kväveläckage på gårdsnivå.

## 6.3 Inflöden av kväve till mjölkgårdarna

### *Gödsel*

Under denna rubrik har kväve via inköpt handelsgödsel och organisk gödsel slagits ihop. På växtnäringsbalansen, gjord i *STANK*, anges mängd (kg) och typ av handelsgödsel respektive stallgödsel samt hur stort respektive inflöde av kväve är.

### *Inköpt foder*

Samtliga typer av fodermedel som används inom gårdens animalieproduktion noteras i växtnäringsbalansen. Det är såväl kommersiella fodermedel som biprodukter från olika tillverkningsprocesser (sockerbruk, bryggeri etc.) samt eventuella inköp av grovfoder och foderspannmål.

### *Kvävefixering*

Baljväxter såsom klöver och ärter lever i symbios med kvävefixerande bakterier vilka koloniserar växtens rötter. Bakterierna tar upp kvävgas ( $N_2$ ) från luften i marken och omvandlar det till en kväveform som är tillgänglig för grödan (nitrat).

Inblandning av klöver i vallarna eller odling av baljväxter i renbestånd (t.ex. ärter) kan tillföra gården kväve via odlade grödor. Framförallt för de ekologiska gårdarna är baljväxterna viktiga för att uppehålla nivån på produktionen både när det gäller växtodling och animalier.



Hur mycket kväve som har fixerats totalt beräknas i STANK och beror på areal, typ av baljväxt samt andelen baljväxt i grödan, grödans avkastning och eventuell giva av handelsgödsel.

#### *Atmosfäriskt nedfall*

Kväve som tillförs marken från atmosfären härrör från utsläpp av kväveföreningar, vissa kan ha sin källa långt ifrån den individuella gården.

#### *Övrigt*

Denna kategori omfattar flöden som strömedel (halm, sågspån, torv etc.) och utsäde.

## **6.4 Utflöden av kväve från mjölkgårdarna**

### *Mjölk*

Den huvudsakliga produkten från gården i detta projekt är mjölken. Kvävet i mjölken förekommer framförallt som en komponent i mjölkproteinet men även i andra former t.ex. urea. I STANK anges ett standardvärde för halten av kväve i mjölk, 0,53 %. Detta motsvarar en proteinhalt om 3,3 % (omvandlingsfaktor 6,25).

Mängden mjölk anges på växtnäringsbalansen som kg ECM där det senare står för energikorrigerad mjölk (*Energy Corrected Milk*). Detta betyder att mängden omräknats till att motsvara mjölk med en fetthalt på 4,0 % och en proteinhalt på 3,4 % (Spörndly, 1999).

### *Kött*

En av förutsättningarna för att gårdarna skulle kunna delta i projektet var att ingen uppfödning av djur till slakt förekom. Detta krav på specialisering grundar sig i att försöka skala bort så många potentiella felkällor som möjligt. Att avgöra hur stor del av kväveinflödet till gården, omvandling till produkter och förluster under vägen som orsakas av mjölken respektive köttet är i det närmaste omöjligt.

Oavsett hur specialiserad mjölkproduktionen blir så kommer det alltid att levereras djur till slakt i form av utslagskor/kvigor. Även de tjurkalvar som föds på gården, men säljs för vidare uppfödning, innebär ett utflöde av kväve. Hur korrigeringen av kväveutflödet gjorts med avseende mjölk respektive kött beskrivs närmare i avsnittet om allokering.

### *Vegetabilier*

Som ett ekonomiskt komplement till mjölken säljer en del mjölkgårdar även grödor som odlats på åkerarealen (både spannmål och grovfoder). Inom Medel-gruppen var det 63 % av gårdarna som sålde vegetabilier och i Hög-gruppen var det 44 %. Inga ekologiska gårdar sålde vegetabilier.

### *Organisk gödsel*

Om djurtätheten på gården är hög kan mer stallgödsel än vad som behövs till gårdens växtodling och överskottet kan därför exporteras från gården. Det var 13 % av gårdarna i Medel-gruppen som sålde stallgödsel och 33 % av gårdarna i Hög-gruppen men ingen i Eko-gruppen.

Förutom djurtätheten kan regler om giva (ton/ha) samt tidpunkter för spridning av stallgödsel påverka hur mycket stallgödsel som kan produceras på gården. En tillräcklig lagringskapacitet

är grundläggande för att ha möjlighet att undvika spridning av stallgödsel under olämpliga tider på året.

## 7 BERÄKNING AV KVÄVEFÖRLUSTER

Med utgångspunkt från inventeringen och intervjun ute hos lantbrukaren så beräknades emissioner av ammoniak och lustgas samt läckage av nitrat.

### 7.1 Emissionsfaktorer och modeller

#### *Ammoniakkväve ( $NH_3-N$ )*

Samtliga ammoniakförluster beräknades med emissionsfaktorer baserade på total-kvävet (Tot-N) i gödseln. I de fall då urin lagrades i brunnar och spreds på åkerarealen användes emissionsfaktorer baserade på förlust av ammoniumkväve ( $NH_4^+-N$ ). Detta eftersom den dominerande kväveformen i urin är ammonium.

För att beräkna hur mycket kväve som förlorades i form av ammoniak från stallgödseln i olika inhysningssystem användes emissionsfaktorer hämtade ur STANK 4.11 (Statens Jordbruksverk).

De emissionsfaktorer som användes i beräkningarna av förluster i lagring och vid spridning av stallgödsel togs från en rapport skriven av Stig Karlsson och Lena Rodhe (2002), Institutet för jordbruks- och miljöteknik (JTI) i Uppsala. I denna rapport redovisades emissionsfaktorerna vid spridning av stallgödsel i procent av ammoniumkväveinnehållet. Dessa faktorer räknades därför om till att gälla förlustprocent av total-kvävet. Omvandlingen gjordes med ledning av den mest aktuella undersökningen av stallgödselns växtnäringsinnehåll utförd av Steineck et al. (1999). Emissionsfaktorerna för lagring av stallgödsel behövde inte räknas om.

Den emissionsfaktor som användes i beräkningarna för att skatta förlusten av ammoniakkväve från betesgödsel är den som används av SCB (Statistiska Centralbyrån) i deras beräkningar av ammoniakavgången från jordbruket.

Spridning av handelsgödsel kan ge upphov till kväveförluster som ammoniak. Den aktuella emissionsfaktorn (1 %) gäller för gödselmedel innehållande ammonium och är den som används av SCB (Bång, Magnus, pers medd., 2003).

Samtliga emissionsfaktorer redovisas i bilaga 1.

#### *Nitratkväve ( $NO_3-N$ )*

Avdelningen för vattenvårdslära vid SLU i Uppsala har tagit fram en beräkningsmodell, *Gårdsmodellen*, för skattning av nitratutlakningen från odlad mark (Hoffman et al., 1999). Denna modell tar hänsyn till ett antal olika faktorer, se avsnittet "Kväveförluster i form av nitrat". I denna studie har en uppdaterad version av den ursprungliga Gårdsmodellen använts, den nya versionen planeras framöver även att användas i STANK. Skillnaden mellan ursprungsversionen och den nya är att den senare är mer detaljerad. I bilaga 2 redovisas den använda modellen.

### Lustgaskväve ( $N_2O-N$ )

IPCC (International Panel on Climate Change) har tagit fram internationella emissionsfaktorer för ett antal kända emissionskällor för lustgas inom jordbrukssektorn. De emissionsfaktorer som användes i denna studie härrör från rapporten "IPCC Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories" (IPCC, 2000).

## 7.2 Stallgödselproduktion och kväveutsöndring

I STANK delas djuren in i olika kategorier med hänsyn till stallgödselproduktion och kväveutsöndring i träck och urin. De kategorier som är aktuella i denna studie är spädkalv (0-2 månader), yngre kviga (2-12 månader), dräktig kviga (12-24 månader) och mjölkko i tre avkastningsklasser, 6000, 8000 och 10 000 kg mjölk/laktation.

Kväveutsöndringen ökar ju högre mjölkavkastningen är. Ökningen är inte proportionell utan snarare svagt exponentiell. Kväveutsöndringen för mjölkkor som producerar 9 000 respektive 11 000 kg ECM/år har uppskattats med ledning av värden för övriga avkastningsnivåer. För spädkalvar har värdet hämtats från en dansk studie då svensk data inte fanns tillgänglig. I tabell 9 visas använda schablonvärden för olika djurkategoriers kväveutsöndring via träck och urin per år.

**Tabell 9.** Utsöndrad mängd kväve (kg N/år) i färsk träck och urin för olika djurkategorier.

Djurkategori	Utsöndrad mängd kväve (kg N/år)	Referens
Spädkalv (0-2 mån)	2,9	Dansk Jordbrukforskning, 2000
Yngre kviga (2-12 mån)	22	STANK 4.11
Äldre kviga (12-24 mån)	47	STANK 4.11
Mjölkkö (6000 kg ECM/år)	100	STANK 4.11
Mjölkkö (8000 kg ECM/år)	117	STANK 4.11
Mjölkkö (9000 kg ECM/år)	130	Egen estimering
Mjölkkö (10 000 kg ECM/år)	139	STANK 4.11
Mjölkkö (11 000 kg ECM/år)	150	Egen Estimering

Stallgödselproduktionen i stallet beräknades utifrån djurantalet på gården, gödseltyp och schablonvärdena i STANK. Mängden kväve som utsöndrats beräknades på samma sätt.

## 7.3 Kväveförluster i form av ammoniak ( $NH_3-N$ )

Det är framförallt stallgödseln och hanteringen av denna som ger upphov till kväveförluster i form av ammoniak på gården. Även spridning av handelsgödsel kan vara en källa om kvävet är i form av ammoniumjoner ( $NH_4^+$ ). När kväveförluster i form av ammoniak diskuteras är det således gårdssystemet som är i fokus eftersom ammoniakförluster är så nära knutna till djurens stallgödselproduktion.

Kvävet i stallgödseln förekommer i många olika kemiska former, som ammoniumjoner ( $NH_4^+$ ), som beståndsdel i protein samt som urea. I urin förekommer största delen av kvävet (98 %) som urea, vilket mycket lätt omvandlas/hydrolyseras till ammoniak. Hur snabbt omvandlingen sker beror på yttre faktorer som stalltemperatur, ventilationsflöde (vindstyrka) och storleken på gödslingsytan.

I tabell 10 redovisas de normvärden för stallgödselns innehåll av total-kväve och ammoniumkväve som använts i beräkningarna.

**Tabell 10.** Olika stallgödseltypers innehåll av total-kväve respektive ammoniumkväve (Steineck et al., 1999).

<b>Gödseltyp</b>	<b>Total kväve (kg N/ton färsk gödsel)</b>	<b>Ammoniumkväve (kg/ton färsk gödsel)</b>
Konventionell fastgödsel (16,6 % ts), n <sup>1</sup> = 18	5,13	2,2
Konventionell flytgödsel (9,8 % ts), n = 15	3,96	1,96
Ekologisk fastgödsel (18 % ts), n = 24	4,91	1,82
Ekologisk flytgödsel (7,5 % ts), n = 24	3,15	1,55

<sup>1</sup> = antal undersökta gårdar inom respektive kategori.

Ett par av gårdarna hanterade en del av stallgödseln som kletgödsel. Kväveinnehållet i fastgödsel har använts även för kletgödsel. Torrsubstanshalten i kletgödsel har antagits vara i genomsnitt 14 %.

Kväve förloras som ammoniak på betet, i stallet, vid lagring och vid spridning av stallgödsel. Mängden kväve som förloras kan bero på flera olika faktorer, dessa diskuteras nedan i respektive avsnitt.

#### *Förluster på bete*

Vid gårdsbesöket fick lantbrukaren svara på frågor angående betesstrategier och betessäsongens längd för mjölkkor och rekrytering. Med dessa data kunde andelen gödsel och därmed kväve som hamnade på bete beräknas. Den totala längden på betessäsongen för mjölkorna varierade mycket mellan gårdarna. För rekryteringen däremot var inte variationen så stor. De hölls ofta ute 5,5-6 månader och därmed hamnade uppskattningsvis cirka hälften av gödseln och kvävet på betet.

Betesmarken delades in i två olika kategorier, bete på åkermark respektive naturbetesmark. Naturbetesmarken karaktäriserades av att den inte plöjs samt att den inte får någon handelsgödsel utan vårdas uteslutande av djuren. Den emissionsfaktor som används i Sverige (8 % av total-kvävet i gödseln) används för både bete på åkermark och på naturbetesmark. Ingen hänsyn tas således till om marken får handelsgödsel eller inte. Hur mycket kväve som förloras sägs istället bero på djurtätheten på betet. Ju högre djurtäthet desto högre koncentration av kväve från kreaturgödsel och därmed större förluster.

#### *Förluster i stall*

Det kväve som blev kvar efter avdrag för kväve på bete hamnade i stallet. Det finns ett flertal olika inhysningssystem för nötkreatur idag och i STANK finns emissionsfaktorer för uppbundet system, lösdrift och djupströbädd. Om djur har inhysts i spaltbox har emissionsfaktorn för lösdrift använts.

För det uppbundna systemet är emissionsfaktorn 4 % av kvävet i gödseln bakom djuret medan motsvarande siffra för lösdriftssystemet är 7 %. Motiveringen till den högre faktorn för lösdrift är att en större golvyta blir gödselbemängd vilket ökar avgången av ammoniak. Det faktum att

det finns möjlighet till en större luftväxling över golvet i en lösdrift jämfört med i en ränna bakom båsfallen ökar risken för förluster. Både spaltgolv och helt golv används i lösdrifter men ingen skillnad görs mellan dessa när det gäller emission av ammoniak i STANK.

En djupströbbädd karaktäriseras av att nytt strö tillförs kontinuerligt och att hela bädden tas ut en eller två gånger per år. När bädden får ligga så pass länge börjar en nedbrytningsprocess där temperaturen inuti bädden ökar. Resultatet blir att nedbrytningsprodukter som ammoniak, koldioxid och vatten frigörs. Emissionsfaktorn i STANK är 20 %. Denna faktor har använts för samtliga djupströsystem som påträffats ute på gårdarna, även om bäddarna togs ut och förnyades oftare än två gånger per år.

#### *Förluster vid lagring av stallgödsel*

När hänsyn tagits till förluster i stall är nästa förlustpost lagringen. Storleken på ammoniakförlusterna påverkas av vilken typ av gödsel som lagras, fastgödsel och urin, kletgödsel, flytgödsel eller djupströgödsel, samt hur den lagras. Fastgödsel, kletgödsel och djupströgödsel lagras oftast på en hårdgjord platta. Lagring av flytgödsel och urin sker i brunnar men dessa kan se lite olika ut. Brunnarna kan antingen ha bottenfyllning eller fyllning ovanifrån där det senare ger något högre förluster. Det finns olika möjligheter till täckning av gödselytan, inget täcke, svämtäcke eller tak. En brunn med tak ger minst förluster av ammoniak, mycket på grund av att luftväxlingen över gödselytan minskar.

#### *Förluster vid spridning av stallgödsel*

Gödseltypen avgör med vilken teknik den kan spridas ute på fälten. Samtliga gödselslag kan bredspridas. Spridning av fastgödsel, djupströgödsel och kletgödsel sker med valsförsedd spridarvagn och urin samt flytgödsel med hjälp av en tunna med spridarplatta. De två senare gödseltyperna kan även spridas med släpslangsteknik och/eller ytmyllningsaggregat. Dessa spridningstekniker leder till en minskad ammoniakavgång jämfört med bredspridning.

Efter själva spridningen kan förlusten av kväve minskas genom att gödseln på något sätt blandas med jorden, detta förutsatt att gödseln inte sprids i växande gröda. Hur snabbt denna nedplöjning/nedmyllning sker avgör hur mycket förlusterna kan reduceras. Ju snabbare gödseln blandas med jorden desto mindre blir förlusterna.

Att sprida i växande gröda (i vall alternativt i stråsäd) ökar risken för kväveförluster som ammoniak något.

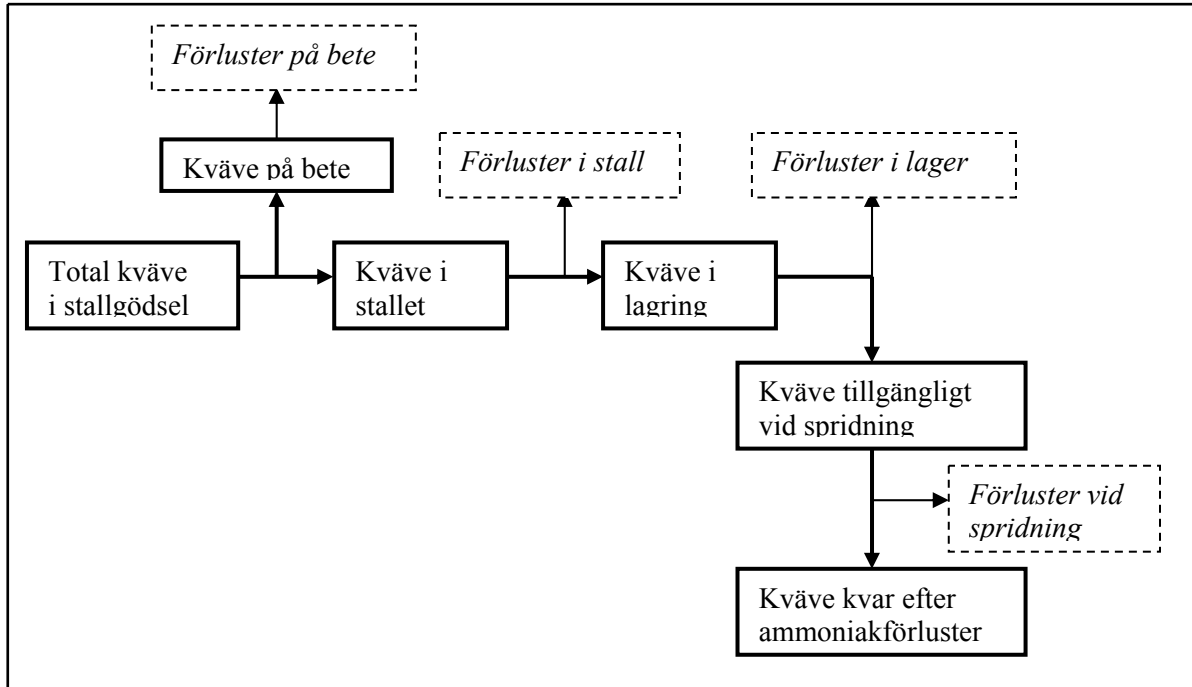
Emissionsfaktorerna för spridning av stallgödsel baseras på förlust av gödseln ammoniuminnehåll i rapporten av Karlsson och Rodhe (2002). Eftersom beräkningarna från början grundar sig på förlust av total-kväve omvandlades faktorerna för fast- och flytgödsel med ledning av en rapport skriven av Steineck et al. (1999). Enligt denna rapport uppgår ammoniuminnehållet i fastgödsel från nöt till 44 % av total-kvävet och motsvarande siffra för flytgödsel är 50 %. Emissionsfaktorerna för spridning av urin har inte räknats om, eftersom huvuddelen av kvävet i urin är i form av ammonium.

#### *Förluster vid spridning av handelsgödsel*

Som tidigare nämnts kan även handelsgödsel vara en källa till kväveförluster i form av ammoniak. Två olika kväveformer dominerar i de handelsgödselmedel som används mest i Sverige, nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) och ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ). Ingen ammoniakavgång sker från nitratbaserade

gödselmedel men från de gödselmedel där kvävet är delvis alternativt helt i form av ammonium kan kväve förloras som ammoniak. I beräkningarna har en emissionsfaktor på 1 % använts för den mängd av ammoniumbaserade gödselmedel som spridits (Bång, Magnus, pers medd. 2003).

I figur 5 visas en sammanfattning över var ammoniakkväve förloras inom animalieproduktionen.



**Figur 5.** Översikt över förlustposter för ammoniakkväve inom animalieproduktionen.

#### 7.4 Kväveförluster i form av nitrat (NO<sub>3</sub>-N)

Kväveförluster som nitrat sker uteslutande på fälten. Hur stor den så kallade utlakningen av nitrat är beror på jordart, nederbörds mängd, när på året som marken bearbetas, mängd kväve via tillförd stall- och handelsgödsel samt på växtföljden. Här nedan presenteras de olika faktorerna som ingår i Gårdsmodellen.

##### *Grundutlakningen*

Hur stor fältets grundutlakning är beror på jordarten, nederbörds mängd över året samt hur mycket torrs substans via stallgödsel som tillförs marken i medeltal per hektar och år. Årsnederbörden för den enskilda gården hämtades från den väderstation som låg geografiskt närmast (SMHI, 2001). De aktuella värdena varierade från 588 mm till 975 mm i medelårsnederbörd.

Tillförd mängd ton torrs substans (ts) per hektar via stallgödsel beräknades genom att dividera spridd mängd ts för det inventerade växtodlingsåret med gårdens åkerareal.

Jordarterna delades in i tre grupper, sand- och mulljord, lerig till lättlera samt mellan- till styv lera. Ytterligare en definierad jordart fanns att välja på vid inventeringen, Mo. Skiften med denna huvudsakliga jordart lades i kategorin lerig till lättlera.

### Årets gröda

En grödas rotsystem påverkar markens struktur. Skillnader mellan olika grödor ligger i hur långt ner i markprofilen som rötterna sträcker sig samt hur kraftigt rotsystemet är.

### Bearbetningstidpunkten

Marken är inte lika benägen att läcka kväve under hela växtodlingsåret. Perioder då grödan är i ett vilostadium och inte tar upp så mycket kväve alternativt då marken inte är bevuxen innebär att risken för utlakning är större om marken utsätts för någon slags bearbetning. Gårdsmodellen tar därför hänsyn till tidpunkten för bearbetning.

### Stallgödsling

Om gården har djur produceras stallgödsel och denna sprids på åkermarken. Att få ett exakt mått på hur mycket kväve som finns i gödseln är mycket svårt. Och sålunda är det svårt att avgöra giva samt att förutse effekten av stallgödseln på grödan, risk för en överoptimal kvävegiva finns. Stallgödsel kan därmed bidra till utlakningen, hur stor denna påverkan blir beror på när under växtodlingsåret som gödseln sprids. Förutom kväve tillför stallgödseln även organiskt material som kan komma att höja markens mullhalt om tillförseln sker regelbundet. Mullhalten i sig kan innebära en ökad risk för nitratutlakning.

### Gödslingsintensiteten

Ju mer kväve som finns i marken desto större är risken för förluster. Om en större kvävegiva ges än vad som förväntas behövas för önskad avkastning (överoptimal kvävegiva) kan en del av överskottet lakas ur marken. *Gödslingsintensiteten* är den femte nyckelfaktorn.

#### **Kväveutlakningen (kg/ha) beräknas enligt följande formel:**

(Grundutlakning x Grödfaktor x Bearbetningsfaktor) + Stallgödslingseffekt + Effekt av gödslingsintensiteten.

Vid gårdsbesöket inventerades gårdens åkerskiften med avseende på areal (hektar), huvudsaklig jordart (sand, mo, lättlera, mellanlera eller styv lera), årets gröda (+ eventuell fånggröda) samt förfrukt (+ eventuell fånggröda). När det gällde gödslingen av skiftena togs data fram om kvävegiva i form av handelsgödsel, typ och giva/or av stallgödsel samt dess spridningstidpunkt/er. Om fältet bearbetades efter skörd och i så fall vilken typ av bearbetning som utfördes noterades.

I nedanstående tabell (tabell 11) redovisas hur olika faktorer påverkar läckaget av nitrat från åkermarken.

**Tabell 11.** Olika parametrars påverkan på läckage av nitrat från åkermark

<b>Parameter</b>	<b>Ökar läckaget</b>	<b>Minskar läckaget</b>
Lättare jordar (sand, mull)	X	
Regelbunden tillförsel av stallgödsel	X	
Ökande nederbörd	X	
Vårbearbetning		X
Hösbearbetning	X	
Användande av fånggrödor		X

## 7.5 Kväveförluster i form av lustgas (N<sub>2</sub>O-N)

Lustgas (N<sub>2</sub>O) är en växthusgas som bidrar till kväveförlusterna på gårdsnivå. I tabell 12 finns de olika källorna och deras respektive emissionsfaktor.

Lustgas kan bildas som en mellanprodukt i denitrifikationsprocessen där nitrat (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) omvandlas till kvävgas (N<sub>2</sub>) av bakterier i marken. Detta brukar kallas direkt lustgas avgång. Även när förlorat kväve i form av ammoniak och nitrat omsätts i de biologiska systemen kan lustgas avgå, dessa kallas indirekta förluster.

**Tabell 12.** Emissionsfaktorer uttryckt som procent av total-kvävet (Tot-N) för respektive källa (IPCC, 2000).

Källa	Emissionsfaktor (% av Tot-N)
Lagring av flytgödsel	0,1
Lagring av fast/djupströgödsel	2,0
Kväve via kreaturgödsel på åkerbete	2,0
Kväve via kreaturgödsel på naturbetesmark	1,0
Kväve via handelsgödsel spridd på åkermark	1,25
Kväve via stallgödsel spridd på åkermark	1,25
Kväve via kvävefixering av baljväxter	1,25
Kväve med ursprung från nitratutlakning (indirekt förlust)	2,50
Kväve med ursprung från ammoniakemission (indirekt förlust)	1,0

## 8 RESURSER

### 8.1 Handelsgödsel

Vid gårdsbesöket inventerades använd mängd av olika handelsgödselmedel i växtodlingen för växtodlingsåret 2002. Inventerad mängd handelsgödsel överensstämde inte alltid till hundra procent med den mängd som angavs på gårdens växtnäringsbalans. Detta kan t.ex. bero på lagerförändringar. I samtliga beräkningar har den verkligt spridda mängden handelsgödsel och det kväve som denna tillfört använts.

Davis och Haglund (1999) har gjort en livscykelinventering av produktionen av de handelsgödselmedel som används i bland annat Sverige. I rapporten redovisas emissioner etc. för tillverkning av ett kilo av diverse handelsgödselmedel med olika koncentration av växtnäringsämnen. De värden som redovisas i nedanstående tabell (tabell 13) är omräknade till att gälla för tillverkning etc. av 1 kg rent kväve respektive fosfor i form av handelsgödsel.

**Tabell 13.** Energianvändning och två av de emissioner vid tillverkning av 1 kg kväve respektive 1 kg fosfor som handelsgödsel (Davis och Haglund, 1999).

Parameter	1 kg kväve	1 kg fosfor
<i>Resurs</i>		
Energiförbrukning (MJ)	45,8	30,5
<i>Emission</i>		
Koldioxid (g)	3 300	1 250
Lustgas (g)	16,7	-



De mest använda gödselmedlen ute på gårdarna var kalksalpeter och N28. Användning av NP- och NPK-medel var mer ovanligt.

## 8.2 Kraftfoder

Samtliga av de fodermedel som användes ute på gårdarna indelades i olika kategorier utefter ursprung alternativt innehåll av protein. Naturligtvis köpte inte alla konventionella respektive ekologiska gårdar in samma variant av koncentrat respektive färdigfoder. Det hade dock varit en omöjlighet att ta hänsyn till alla varianter utefter deras individuella recept. Därför har fodermedel som klassas som koncentrat ute på marknaden sammanfogats till en kategori och motsvarande har gjorts för färdigfoder. Data om vilka råvaror som ingår i koncentratet och färdigfodret representeras av den produkt inom respektive kategori som står för den största andelen av den svenska marknaden. Recepten kan ses i bilaga 3. I nedanstående tabell (tabell 14) visas vad de olika grupperna köpte in för typ av fodermedel.

**Tabell 14.** Andel (%) av gårdarna inom respektive grupp som köpte in foder inom de olika fodermedelskategorierna.

	Ekologisk	Konv. Medel	Konv. Hög
Koncentrat	83 %	100 %	100 %
Färdigfoder	67 %	88 %	67 %
Kalvnäring	0 %	50 %	44 %
Mineralfoder	83 %	75 %	78 %
HP-massa	17 %	38 %	11 %
Betfor	17 %	75 %	44 %
Betfiber	0 %	0 %	33 %
Sojamjöl	0 %	25 %	33 %
Foderspannmål	87 %	50 %	44 %
Grovfoder	33 %	25 %	11 %
Övrigt	33 % <sup>1</sup>	38 % <sup>2</sup>	11 % <sup>3</sup>

<sup>1</sup> åkerböna, <sup>2</sup> proteinmix, dravpellets, vetefodermjöl och citruspulpa <sup>3</sup> proteinmix

Att redovisa all grunddata som berör inköpta kraftfodermedel är för stort för detta arbete. Särskilt intresserade hänvisas därför till en kommande rapport av Christel Cederberg inom ramen för projektet "Miljönyckeltal på mjölkgårdar" vid Svensk Mjölk.

## 8.3 Diesel

Inför gårdsbesöket bads lantbrukarna ta fram inköp av diesel för åren 2000, 2001 och 2002. För varje enskild gård beräknades sedan ett medelvärde över dessa tre år. Anledningen till detta är att förbrukningen av dessa resurser är till viss del beroende på väderleken under året.

Förutom lantbrukarens egna inköp av diesel kan gården tillföras diesel via maskintjänster som körs inom gårdens växtodling. Vid gårdsbesöken inventerades vilka maskintjänster som köptes in det aktuella inventeringsåret samt hur stor kvantiteten var (antal timmar alternativt antal hektar). Genom att använda schablonvärden för olika fältaktivitetens dieselförbrukning kunde en skattning av mängden maskintjänst diesel fås. I bilaga 4 finns samtliga schablonvärden. Om lantbrukaren själv körde någon/några maskintjänster inventerades även dessa. Samma schablonvärden användes och förbrukningen subtraherades från gårdens egna diesel.

I de fall där lantbrukaren endast kunnat ge en kostnadsuppgift över hur mycket diesel de köpt in har årsmedelvärden för dieselpriiset (kronor per liter) använts. I bilaga 5 finns samtliga värden och referenser.

#### **8.4 Elektricitet**

Även gårdens elförbrukning inventerades över åren 2000, 2001 och 2002.

Det var inte alltid möjligt för lantbrukarna att på elräkningen urskilja vad som gick till mjölkproduktionen och vad det egna hushållet förbrukade. För att separera dessa och urskilja vad som gick till hushållet användes schablonvärden (SCB) för ett hushålls elförbrukning med respektive utan eluppvärmning, se bilaga 5. För denna elanvändning har värden för svensk genomsnittsel använts, produktionsåret 1996 (Brännström-Norberg et al., 1996).

Energianvändningen i studien anges som sekundär energi, d v s i den form som den används i processerna. För elförbrukning inom Sverige har data för svensk genomsnittsel använts.

#### **8.5 Ensilageplast**

Ensilageplast som användes till rundbalar och/eller fyrkantsbalar inventerades. Antalet balar multiplicerades med ett schablonvärde om 1,4 kg plast/bal (Svensson, Bo, pers medd. 2003). Övrig plast till torn- alternativt plansilo, limpa och korv exkluderades på grund av den ringa mängden jämfört med mängden plast till balarna.

Data för tillverkning av polyetenplast hämtades från APME (1994). Energianvändning för filmning är hämtad från Trioplast (Almedahl, Carina, pers medd. 2003). Det är antaget att all ensilageplast återvinns genom förbränning för produktion av fjärrvärme.

#### **8.6 Bekämpningsmedel**

Vid inventeringen lämnade lantbrukarna uppgifter om vilka grödor som besprutats samt med vilket preparat och med vilken dos under 2002. När det gällde glyfosat (Roundup) beskrev de insamlade uppgifter en genomsnittlig användning i växtföljden. Data för energianvändning i produktion av bekämpningsmedel hämtades från Green (1987).

### **9 RESULTAT**

#### **9.1 Gårdsdata**

Gruppen Konv Hög levererade signifikant mer mjölk per hektar än de övriga grupperna. Ingen skillnad i detta mått på produktionsintensitet kunde påvisas mellan Eko- och Medel-gruppen.

Inga signifikanta skillnader kunde påvisas mellan grupperna med avseende på åkerareal, antal kor, andel vall i växtodlingen eller för djurtäthet. Tabellen nedan (tabell 15) visar medelvärden samt den minsta skillnad som behövdes för att påvisa en signifikant skillnad mellan gårdar (LSD).

**Tabell 15.** Medelvärden, p-värden och minsta signifikanta skillnad (LSD) för analys av allmänna gårdsdata.

	<b>Ekologisk</b>	<b>Konv. Medel</b>	<b>Konv. Hög</b>	<b>p&lt;</b>	<b>LSD</b>
Antal kor	39	58	65	0,181	29
Antal hektar åkermark	62,9	89,7	70,1	0,304	39
Djurtäthet (DE)	0,9	0,8	1,2	0,306	0,4
Produktionsintensitet (kg ECM/ha)	5233	5977	9093	0,015	2728
Andel vall i växtföljden (%)	40	36	45	0,195	12

## 9.2 Gårdsperspektivet

### 9.2.1 Kväveöverskott

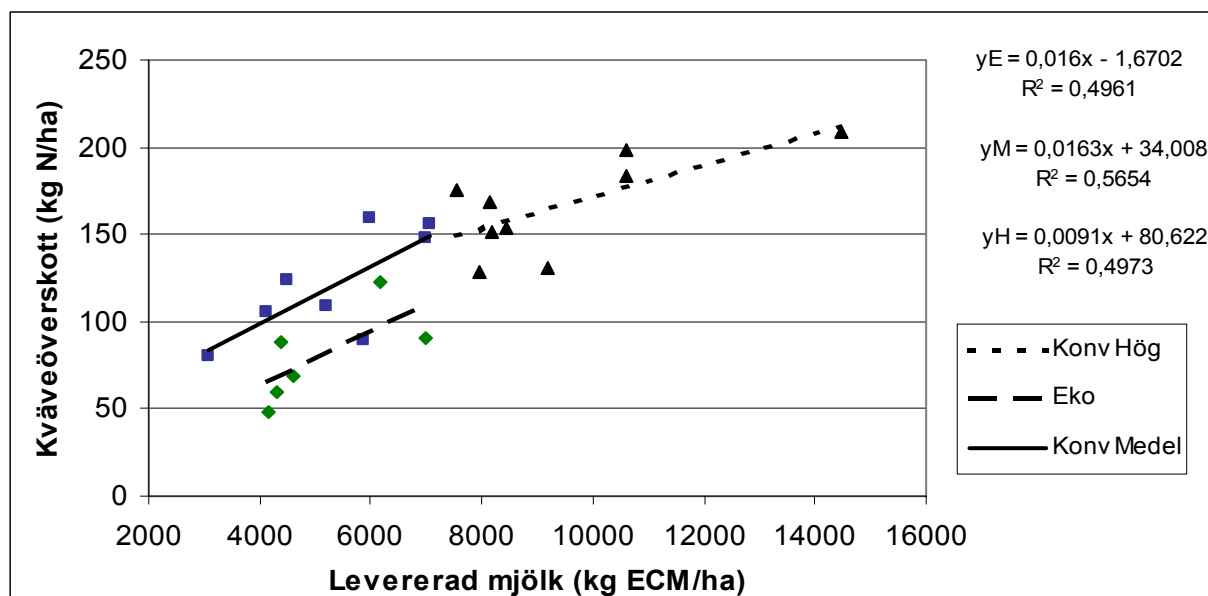
I tabell 16 visas kvävebalanserna för de olika grupperna inom detta perspektiv.

**Tabell 16.** Kvävebalans för de olika grupperna, redovisat som medelvärden samt variation inom grupp.

	<b>Ekologisk</b>	<b>Konv. Medel</b>	<b>Konv. Hög</b>
<b>Inflöden</b> (kg N/ha)			
Gödsel	5 (0-30)	74 (11-111)	91 (57-115)
Inköpt foder	41 (18-86)	56 (32-100)	96 (66-148)
Kvävefixering	53 (38-64)	25 (15-41)	34 (15-57)
Atm. nedfall	8 (5-10)	8 (4-11)	8 (4-12)
Övrigt	4 (0-12)	1 (0-2)	3 (1-8)
<b>Total IN</b>	<b>111 (70-164)</b>	<b>164 (112-202)</b>	<b>232 (177-334)</b>
<b>Utflöden</b> (kg N/ha)			
Mjölk	28 (17-41)	28 (17-38)	48 (37-67)
Kött	4 (2-6)	4 (2-5)	7 (4-13)
Vegetabilier	0	9 (0-35)	5 (0-22)
Organisk gödsel	0	1 (0-8)	6 (0-45)
<b>Total UT</b>	<b>32 (20-46)</b>	<b>42 (31-74)</b>	<b>66 (45-125)</b>
<b>Överskott</b> (kg N/ha)	<b>79 (48-123)</b>	<b>122 (80-159)</b>	<b>166 (129-209)</b>

Den statistiska bearbetningen visade att Eko-gruppen hade signifikant lägre kväveöverskott per hektar jämfört med de konventionella grupperna. Det fanns inga signifikanta skillnader mellan de båda konventionella grupperna när det gäller kväveöverskottet per hektar.

Figur 6 illustrerar förhållandet mellan produktionsintensiteten och kväveöverskottet (kg N/ha) på gårdarna. Ekvationerna till höger i diagrammen beskriver sambanden för de olika grupperna (E = Ekologisk, M = Konv. Medel och H = Konv. Hög).



**Figur 6.** Samband mellan produktionsintensitet och kväveöverskott inom de olika grupperna.

Korrelationen mellan produktionsintensitet (kg ECM/ha) och kväveöverskott (kg N/ha) var positiv för samtliga grupper d v s av diagrammet framgår att en ökad leverans av mjölk per hektar leder till ett ökat kväveöverskott per hektar.  $R^2$ -värdena måste betraktas som relativt höga för samtliga grupper d v s sambanden mellan kväveöverskott och produktionsintensiteten är relativt starka.

### 9.2.2 Kväveförluster och förklaringsgrader

Gruppen Konv. Hög hade störst beräknad förlust av ammoniakkväve per hektar och denna skillnad visade sig vara signifikant i jämförelse med de övriga grupperna (se tabell 17). Mellan Eko-gruppen och Medel-gruppen fanns inga skillnader som kunde påvisas statistiskt. Förlust av kväve i form av nitrat per hektar uppvisade inga statistiska skillnader mellan grupper. När det gällde kväve förlorat som lustgas hade gruppen Konv. Hög även här signifikant större beräknad förlust jämfört med Eko- och Medel-gruppen.

**Tabell 17.** Beräknade kväveförluster samt förklaringsgrad, medeltal och variationsbredd inom grupp.

	Ekologisk	Konv. Medel	Konv. Hög
<b>Förlust</b> (kg N/ha)			
Ammoniakkväve (NH <sub>3</sub> -N)	25 (16-34)	23 (14-35)	40 (24-55)
Nitratkväve (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N)	26 (23-30)	28 (21-33)	33 (23-49)
Lustgaskväve (N <sub>2</sub> O-N)	3 (3-4)	4 (2-5)	5 (4-6)
<b>Total förlust</b>	<b>54 (45-67)</b>	<b>55 (45-60)</b>	<b>78 (51-110)</b>
<b>Förklaringsgrad</b> <sup>1</sup> (%)	72 %	45 %	47 %

<sup>1</sup> Anger här hur stor del av det totala kväveöverskottet som har hittas i form av förluster av ammoniak, nitrat och lustgas.

Förklaringsgraden anger hur stor andel (%) av gårdens kväveöverskott som kunde spåras med hjälp av beräknade kväveförluster. Det fanns starkt signifikanta skillnader i förklaringsgrad

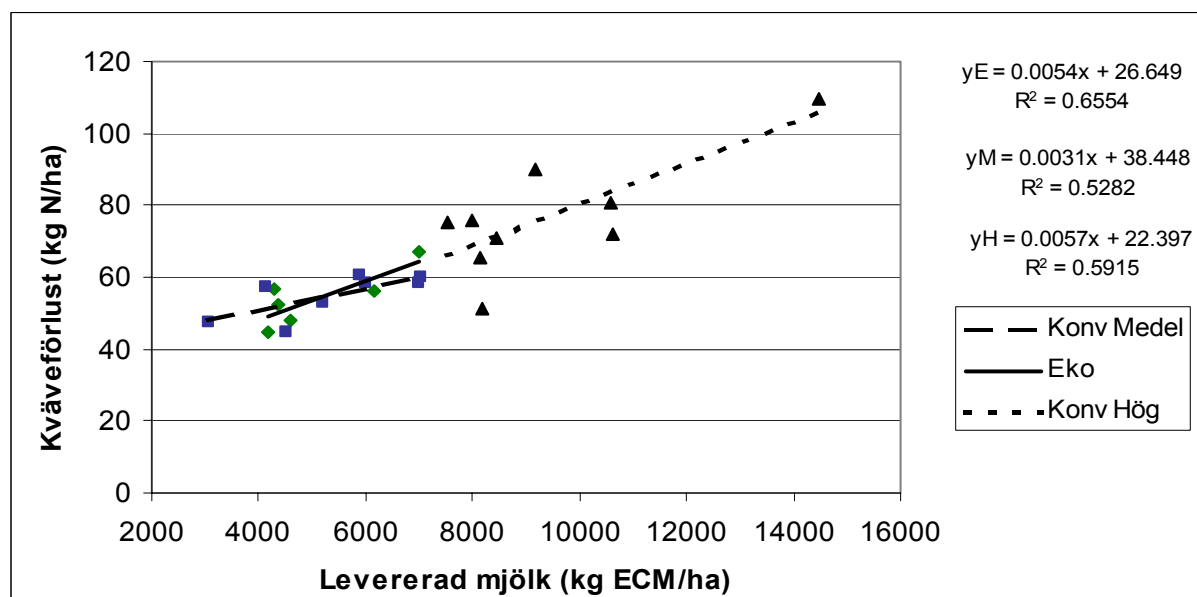
mellan grupper. Eko-gruppens förklaringsgrad var signifikant högre jämfört med de båda konventionella grupperna.

Tabell 18 visar en fördelning över var och vilka aktiviteter inom gårdarna som leder till förlust av ammoniakkväve. Till exempel hade de ekologiska gårdarna större andel av förlusterna knutna till betet jämfört med övriga grupper. Detta kan bero på att Eko-gårdarna hade en signifikant längre betessäsong än de konventionella gårdarna.

**Tabell 18.** Fördelning av beräknad kväveförlust som ammoniak mellan de olika förluskällorna.

	Ekologisk	Konv. Medel	Konv. Hög
I stall	17 %	23 %	20 %
På bete	14 %	10 %	7 %
Vid lagring	29 %	21 %	26 %
Vid spridning av stallgödsel	40 %	43 %	46 %
Vid spridning av handelsgödsel	-	2 %	1 %

Sambandet mellan beräknad kväveförlust och produktionsintensitet per hektar åker var positivt för samtliga grupper, där av ger en ökad produktionsintensitet ökade kväveförluster. Figur 7 illustrerar sambanden för de individuella grupperna.



**Figur 7.** Samband mellan produktionsintensitet och total beräknad kväveförlust inom de olika grupperna.

I bilaga 6 redovisas medelvärden, standardavvikelser samt max- och min-värden ur analysen i SAS för Gårds- respektive Mjölkperspektivet.

## 9.3 Mjölkperspektivet

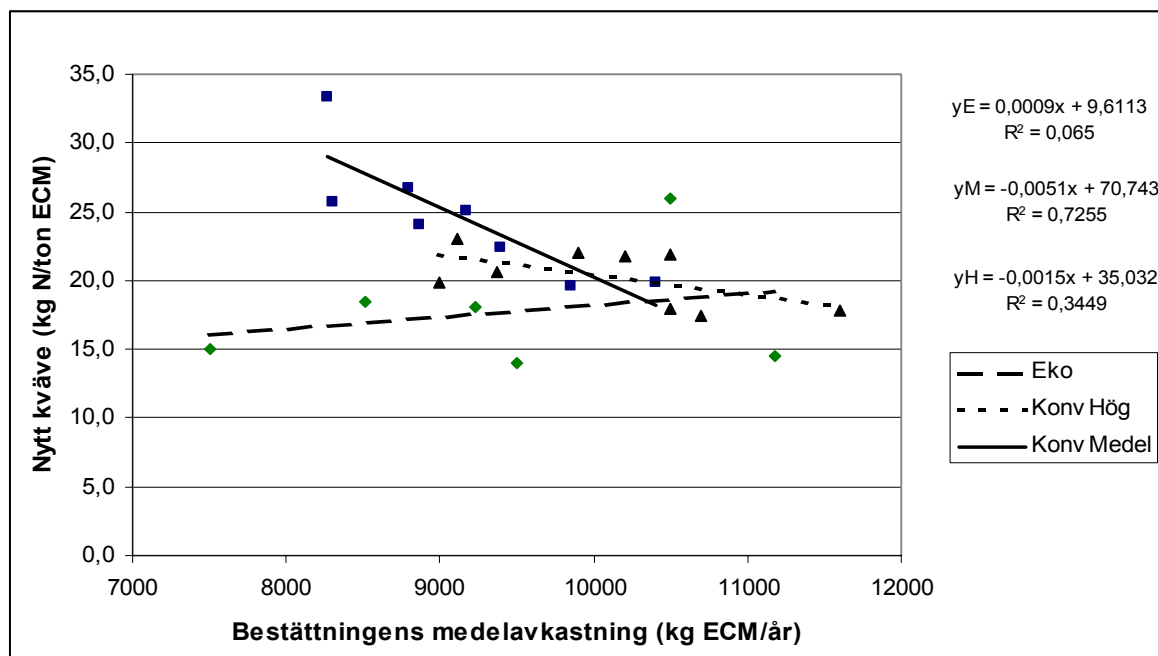
### 9.3.1 Kväveöverskott

Gruppen Konv. Medel hade störst inflöde av nytt kväve per ton ECM och detta visade sig vara signifikant högre än övriga grupper. Även kväveöverskottet var signifikant större för denna grupp, starkast var signifikansen mellan denna grupp och Eko-gruppen. I tabell 19 redovisas kvävebalanserna för de olika grupperna.

**Tabell 19.** Kvävebalanser för de olika grupperna, redovisat som medelvärden samt variationsbredd inom grupp.

	Ekologisk	Konv. Medel	Konv. Hög
<b>Inflöden</b> (kg N/ton ECM)			
Gödsel	0,6 (0-3,5)	10,8 (2,6-16,3)	7,3 (2,8-10,4)
Inköpt foder	6,8 (3,9-10,6)	9,4 (7,3-12,7)	9,5 (7,4-12,2)
Kvävefixering	10,3 (4,4-18,2)	4,5 (2,4-6,4)	3,4 (1,3-4,7)
<b>Totalt IN</b>	<b>17,7 (14,1-26,0)</b>	<b>24,6 (19,6-33,3)</b>	<b>20,3 (17,4-23,0)</b>
<b>Utflyde</b> (kg N/ton ECM)			
Mjök	5,2	5,3	5,3
<b>Överskott</b> (kg N/ton ECM)	<b>12,5 (9,3-20,7)</b>	<b>19,3 (14,3-28,0)</b>	<b>15,0 (12,1-17,7)</b>

I figur 8 visas hur inflödet av nytt kväve påverkas av medelavkastningen i besättningen inom respektive grupp.



**Figur 8.** Samband mellan inflöde av nytt kväve och besättnings medelavkastning per ko och år.

För den ekologiska gruppen var sambandet svagt positivt d v s en ökad avkastning (kg ECM/ko och år) leder till ett större inflöde av nytt kväve. Variationen mellan gårdar inom denna grupp

var stor, där av det låga  $R^2$ -värdet ( $R^2 = 0,065$ ). Sambanden för de båda konventionella grupperna var negativa vilket kan tolkas som att de utnyttjar kvävet effektivare ju högre avkastningen blir. För gruppen Konv. Medel minskade inflödet av nytt kväve mest när mjölkavkastningen ökade (störst ökning av effektiviteten). Inom Medel-gruppen var variationen mellan gårdar lägst ( $R^2 = 0,73$ ), jämfört med de övriga grupper.

### 9.3.2 Kväveförluster och förklaringsgrader

För de beräknade förlusterna av ammoniak- eller nitratkväve som skedde inom gårdens gränser kunde inga signifikanta skillnader påvisas mellan grupperna. Gruppen Konv. Hög hade signifikant lägre förlust av lustgaskväve jämfört med övriga grupper. I tabell 20 redovisas de beräknade kväveförlusterna inom gårdens gränser.

**Tabell 20.** Beräknade kväveförluster inom gården för respektive grupp.

	Ekologisk	Konv. Medel	Konv. Hög
<b>Förlust</b> (kg N/ton ECM)			
Ammoniakkväve ( $\text{NH}_3\text{-N}$ )	4,4 (3,5-5,9)	3,7 (2,6-4,8)	3,8 (1,9-4,9)
Nitratkväve ( $\text{NO}_3^- \text{-N}$ )	4,9 (2,8-7,6)	4,4 (2,7-6,7)	3,1 (1,4-4,8)
Lustgaskväve ( $\text{N}_2\text{O-N}$ )	0,6 (0,4-0,8)	0,6 (0,4-0,8)	0,5 (0,3-0,8)
<b>Total beräknad förlust</b>	9,9 (7,0-13,4)	8,7 (6,7-10,9)	7,2 (2,8-8,6)
Överskott efter förluster	2,6	10,6	7,8
Förklaringsgrad <sup>1</sup> (%)	84 %	46 %	49 %

<sup>1</sup> Anger här hur stor del av det totala kväveöverskottet som har hittas i form av förluster av ammoniak, nitrat och lustgas.

Andelen av kväveöverskottet om kunde hittas som förluster inom gården (d v s förklaringsgraden) var signifikant högst för Eko-gruppen, 84 %. Förklaringsgraden för Medel-gruppen var 46 % och för Hög-gruppen 49 %.

Till de beräknade kväveförlusterna inom gården lades de förluster som skedde utanför gårdens gränser via inköpta resurser såsom foder och handelsgödsel. I tabell 21 visas hur stora förlusterna var i de olika grupperna.

**Tabell 21.** Beräknade totala kväveförluster i livscykeln, medeltal och variationsbredd inom grupperna.

Förlust (kg N/ton ECM)	Ekologisk	Konv. Medel	Konv. Hög
Ammoniakkväve ( $\text{NH}_3\text{-N}$ )	4,6 (3,5-6,2)	3,8 (2,6-4,9)	3,8 (1,9-4,9)
Nitratkväve ( $\text{NO}_3^- \text{-N}$ )	6,5 (5,0- 9,2)	5,5 (4,1-7,9)	4,4 (3,2-6,0)
Lustgaskväve ( $\text{N}_2\text{O-N}$ )	0,7 (0,6-0,8)	0,8 (0,6-1,0)	0,6 (0,5-0,7)

De ekologiska gårdarna hade både störst total förlust av ammoniak och nitrat per ton ECM medan Medel-gruppen låg högst när det gällde lustgas.

Förlust av ammoniak skedde till 99 % inom gårdens gränser för båda de konventionella grupperna. Eko-gårdarna hade i medeltal 96 % av ammoniakförlusterna på gården. För övriga kväveförluster skedde en större andel av förlusterna utanför gården. Tabell 22 visar hur stor andel av kväveförlusten som nitrat som skedde inom gårdens respektive utanför gården.

**Tabell 22.** Andel av kväveförlusten som nitrat som skede på gården respektive utanför gården.

<b>Källa</b>	<b>Ekologisk</b>	<b>Konv. Medel</b>	<b>Konv. Hög</b>
<i>På gården</i>	73 %	77 %	68 %
<i>Utanför gården</i>			
Via inköpt foder	27 %	23 %	32 %

Gårdarna i Hög-gruppen hade störst andel av nitratförlusterna utanför gården jämfört med övriga grupper. Den ekologiska gruppen låg mellan de båda konventionella grupperna.

Även lustgaskväve kan förloras från källor utanför gården, tabell 23 visar fördelningen mellan källorna.

**Tabell 23.** Andel av kväveförlusten som lustgas som sker på gården respektive utanför gården.

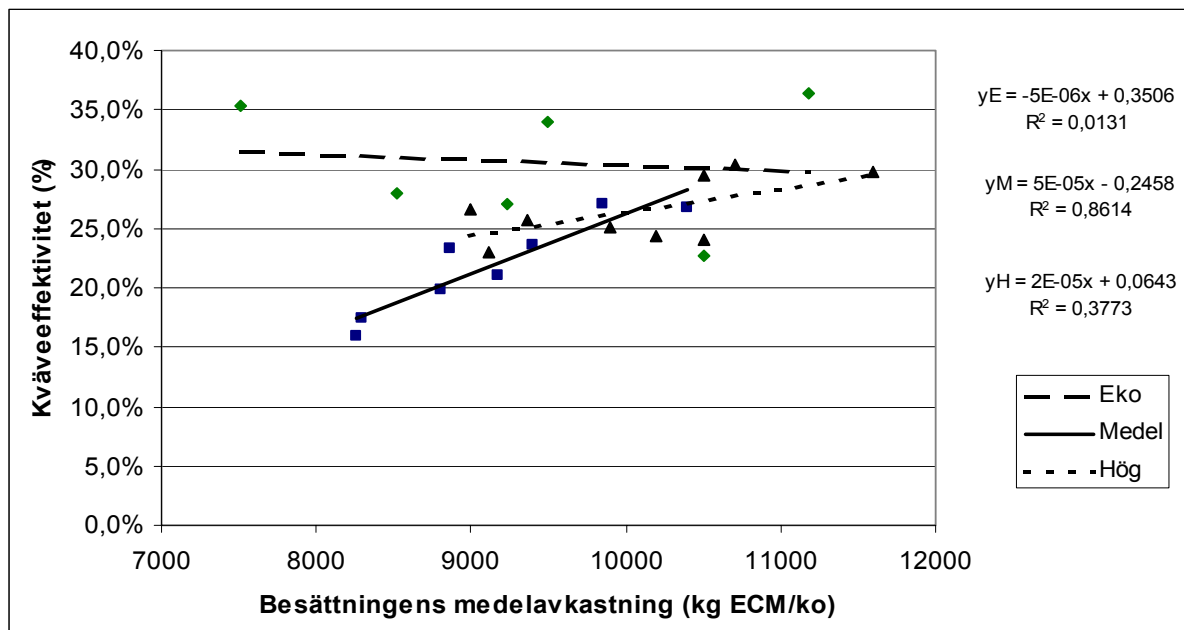
<b>Källa</b>	<b>Ekologisk</b>	<b>Konv. Medel</b>	<b>Konv. Hög</b>
<i>På gården</i>	82 %	71 %	68 %
<i>Utanför gården</i>			
Via handelsgödsel	-	12 %	10 %
Via inköpt foder	18 %	17 %	23 %

Skördenivåerna i ekologisk odling är generellt lägre jämfört med det konventionella bruknings sättet. Detta medför att mer mark behövs för att producera en viss mängd ekologiskt foder i jämförelse med en konventionell odling, markanvändningen blir högre på ekologiska gårdar. I denna studie blev den totala markanvändningen (på och utanför gården) för den ekologiska gruppen 1,8 m<sup>2</sup>/kg mjölk. De båda konventionella grupperna hade en lägre markanvändning, 1,3 m<sup>2</sup>/kg mjölk för Medel-gruppen respektive 1,0 m<sup>2</sup>/kg mjölk för Hög-gruppen.

### **9.3.3 Kväveeffektivitet**

Kväveeffektiviteten är här beräknad som kvoten mellan mängden kväve som utsöndras via mjölken och mängden nytt kväve in till mjölkproduktionen via foder, handelsgödsel samt baljväxtfixering. Starkast var sambandet mellan denna kväveeffektivitet och medelavkastningen i besättningen för gruppen Konv. Medel följt av Konv. Hög och sist Eko-gruppen, se figur 9.





**Figur 9.** Samband mellan kväveeffektiviteten i mjölkproduktionen och besättningens medel avkastning.

I medeltal hade Medel-gruppen en kväveeffektivitet på 22 %. Motsvarande effektivitet för Hög-gruppen var 27 % och för de ekologiska gårdarna 31 %. För de konventionella gårdarna ökade kväveeffektiviteten med en ökad mjölkavkastning i besättningen, störst ökning i Medel-gruppen. Sambandet för Eko-gruppen var det motsatta, dock minskade inte kväveeffektiviteten mycket med en ökad avkastning. Variationen mellan Eko-gårdarna var även här stor,  $R^2 = 0,013$ .

## 9.4 Energi

### 9.4.1 Fossil

Gruppen Konventionell Medel hade högst total användning av fossil energi, 2,08 MJ/kg mjölk, se tabell 24. Naturgas är en viktig energikälla i tillverkningen av handelsgödsel och i produktionen av kraftfoder används också ett flertal olika fossila energikällor. Den ekologiska gruppen låg lägst med 1,35 MJ/ kg mjölk.

Tjugofyra procent av den totala energin användes på gården (dieselförbrukning i växtodling etc.) i gruppen Konv. Medel. Motsvarande andel var för den ekologiska gruppen 46 % och för Hög-gruppen 22 %. I tabell 24 redovisas gruppernas värden.

För Eko-gruppen var dieselförbrukningen större inom gårdens gränser i jämförelse med de båda konventionella grupperna.

### 9.4.2 Elektricitet

Majoriteten av elanvändningen skedde på gårdsnivå och störst var andelen för de ekologiska gårdarna, 91 %. Även den totala elenergianvändningen var störst för Eko-gruppen, se tabell 24.

Användning av el inom gårdens gränser uttryckt som kWh/koplats<sup>3</sup> var högst för Eko-gruppen, 1602 kWh/koplats. De konventionella gårdarna låg något lägre, 1221 kWh för Medel-gruppen och 1290 kWh för Hög-gruppen.

#### 9.4.3 Förnyelsebar energi och övrig energi

Förnyelsebar energi innefattar energikällor som t.ex. trä och ånga. I nedanstående tabell (tabell 24) redovisas hur mycket energi som användes i livscykeln med ursprung från förnyelsebar respektive övrig energi.

#### 9.4.4 Total energianvändning

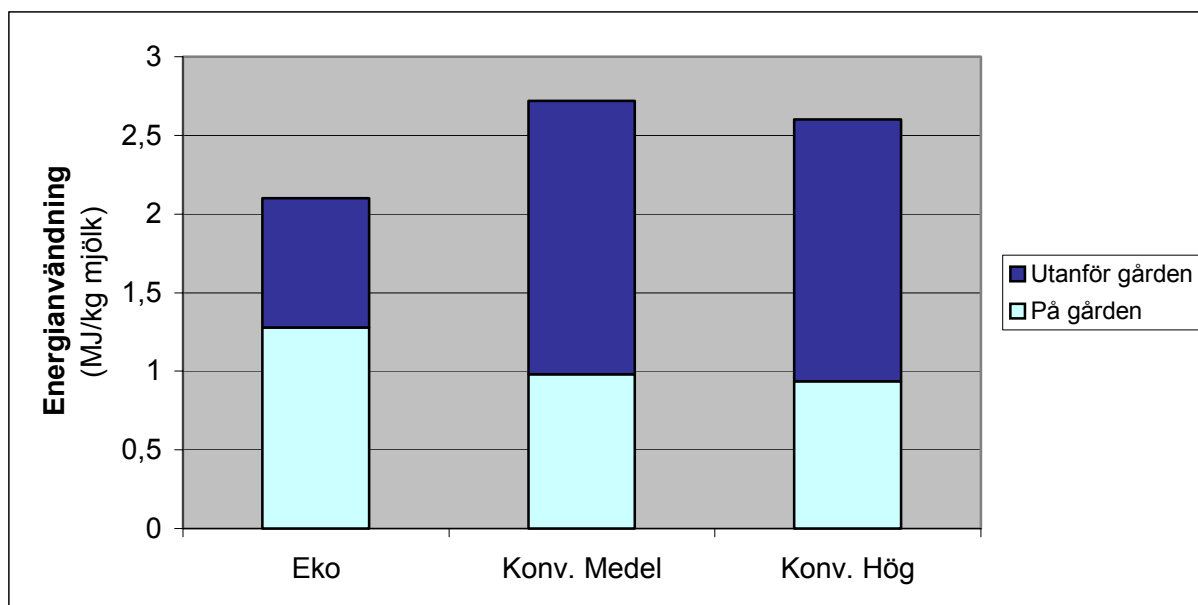
I tabell 24 visas den totala energianvändningen i livscykeln som krävdes för att leverera ett kg mjölk från gården.

**Tabell 24.** Energianvändning i livscykeln i för att leverera ett kg mjölk från gården (MJ/kg mjölk).

	<b>Ekologisk</b>	<b>Konv. Medel</b>	<b>Konv. Hög</b>
Fossil energianvändning, total	1,35	2,08	1,96
<i>På gården</i>	<i>0,62</i>	<i>0,50</i>	<i>0,44</i>
<i>Andel på gården (%)</i>	<i>46%</i>	<i>24%</i>	<i>22%</i>
Elanvändning, total	0,74	0,60	0,58
<i>På gården</i>	<i>0,67</i>	<i>0,48</i>	<i>0,46</i>
<i>Andel på gården (%)</i>	<i>91%</i>	<i>79%</i>	<i>79%</i>
Förnyelsebar energi	0,011	0,054	0,056
Övrig energi	0,00034	0,00065	0,00065
<b>Total energianvändning</b>	<b>2,10</b>	<b>2,73</b>	<b>2,60</b>
<i>Andel på gården</i>	<i>61 %</i>	<i>36 %</i>	<i>36 %</i>

Figur 10 illustrerar gruppskillnaderna mellan var energianvändningen sker, på gården respektive utanför gården.

<sup>3</sup> En *koplats* motsvarar en mjölkko och rekryteringen knuten till henne.



**Figur 10.** Total energianvändning per kilo levererad mjölk samt fördelning mellan användning på gården och utanför gården.

Energianvändningen per ko (här inklusive rekrytering) kan vara intressant. Eko-gruppens värde var lägst, 16,1 GJ/ko och år, medan Medel-gruppen fick 22,6 GJ/ko och år och Hög-gruppen 23,9 GJ/ko och år.

## 10 DISKUSSION

### 10.1 Kväve

Ett av målen med denna studie var att undersöka förutsättningarna för miljönyckeltal i mjölkproduktionen. Dessa nyckeltal skulle kunna användas som hjälpmedel i arbetet med att framförallt minska förlusterna av kväve på gårdsnivå och därmed produktionens påverkan på miljön.

Idag är det vedertaget att beräkna kväveöverskottet per hektar, d.v.s. nyckeltalet involverar gårdens åkerareal. Beräkningen kan göras oavsett om gården säljer produkter med animaliskt och/eller vegetabilisk ursprung. I denna studie motsvaras denna metod av Gårdsperspektivet. Det andra av beräkningssättet i studien, Mjölkperspektivet, baseras på gårdens huvudsakliga produkt mjölken och hur stor del av kväveflödena denna produkt orsakar.

#### *Kväveöverskott*

Den ekologiska gruppen hade signifikant lägst överskott per hektar åkermark, viktiga förklaringar till detta är att ingen handelsgödsel får användas och inköpen av kraftfoder är väsentligt lägre inom ekologisk produktion. Inflödet av kväve via inköpt foder var mer än halverat på Eko-gårdarna i jämförelse med gruppen Konv. Hög. Detta är ett resultat av den strävan och det regelverk som finns att producera mjölk baserat på mer hemmaproducerat foder.

Kvävefixeringen per hektar åkermark var mer än dubbelt så hög för Eko-gruppen jämfört med Konv. Medel och drygt 50 % högre än Konv. Hög. På växtnärbalanserna anges bland annat

andelen klöver i vallarna. Denna andel var i genomsnitt 25-30 % på de ekologiska gårdarna och 10-15 % på de konventionella. Klöverandelen är således en av de bidragande orsakerna till att Eko-gårdarna har ett större inflöde av kväve via kvävefixering jämfört med konventionella gårdar. Trots att skördenivåerna generellt är högre inom konventionell växtodling och kvävefixeringen således kan bli större per hektar väger detta inte upp ovanstående skillnad i klöverandel.

Den högre djurtätheten på gårdarna inom gruppen Konv. Hög kan delvis vara anledningen till det högre utflödet av kväve via mjölk motsvarande 48 kg N/ha. En annan faktor som kan påverka är att medelavkastningen per ko var högst för denna grupp. För de två andra grupperna var utflödet lika, runt 28 kg N/ha. Trots den högre leveransen av mjölk-kväve har Hög-gruppen dock fortfarande störst kväveöverskott per hektar.

Inom Mjölkperspektivet rangordnar sig grupperna på ett annorlunda sätt. Här hade Medel-gruppen det högre kväveöverskottet räknat per ton ECM levererat från gården och skillnaden mot de övriga grupperna var signifikant. Denna grupp köpte i medeltal in relativt mycket kväve till produktionen (främst via handelsgödsel) men verkar inte få motsvarande utbyte i mjölkproduktionen som Hög-gruppen.

Om en mjölkgård skall kunna leverera mycket mjölk per hektar åkermark är en ökad specialisering en bidragande faktor. Istället för att driva en stor växtodling kan korna sättas mer i fokus och deras produktionsförutsättningar optimeras. Denna specialisering bidrar till att mer foder behöver köpas in, dels på grund av en minskad foderareal och dels på grund av en ökad avkastningsnivå hos mjölkorna. Möjligtvis kan detta scenario utgöra en del av skillnaden mellan grupperna Konv. Medel och Konv. Hög .

En tänkbar anledning till att Eko-gårdarnas och Hög-gårdarnas kväveöverskott per ton mjölk är så lika är förhållandet mellan inflöde av kväve och levererad mjölk. Gruppen Konv. Hög har ett stort inflöde av kväve men även en stor mängd levererad mjölk som detta kväve kan slås ut på. Det motsatta gäller för Eko-gruppen som har ett relativt litet inflöde av kväve men även en relativt låg leverans av mjölk.

Om man tittar närmare på individuella inflöden så är det intressant att se att inflödet av kväve via baljväxtfixering hos Eko-gruppen är i samma nivå som inflödet via handelsgödsel för Konv. Medel. Detta illustrerar hur viktig kvävefixeringen är som inflödespost för de ekologiska gårdarna. Hur stort genomslag en ökning av kvävefixeringen får på gårdarnas totala kväveöverskott visas i avsnittet "Känslighetsanalys av kvävefixeringen i STANK".

#### *Kväveförluster*

Inom Gårdsperspektivet hade gruppen Konv. Hög signifikant högre beräknade kväveförluster i form av ammoniak och lustgas. Den mest troliga orsaken till detta är en högre djurtäthet. Inom båda förlustposterna är stallgödselproduktionen på gården central. Ju mer djur det finns per hektar desto mer stallgödsel produceras och desto mer kväve finns tillgängligt för förluster.

Mängden förlorat ammoniakkväve uttryckt per hektar är i nivå med en tidigare undersökning utförd under svenska förhållanden av Cederberg och Bergström (1999). En intressant jämförelse kan göras med en studie utförd av Jarvis och Ledgard (2002). De fann att förlusten inom ett intensivt betesdominerat system var 27 kg NH<sub>3</sub>-N/ha vilket liknar Medel- och Eko-gruppens

förluster. Dock bör inte alltför stora slutsatser dras i detta fall, då produktionssystemen är så olika och dessutom emissionsfaktorer är individuella för olika länder.

Eko-gruppen hade störst förlust av ammoniakkväve i Mjölkperspektivet, men skillnaden jämfört med de andra var inte signifikant. Den större förlusten kan ha en orsak i den lägre mjölkleveransen per ko. En annan möjlig orsak kan vara den högre frekvensen av att inhysa rekrytering på djupströbäddar inom Eko-gruppen. Emissionsfaktorerna i STANK för stall och lagring av djupströgödsel är högre än motsvarande faktorer för andra gödseltyper. Forskning på området har slagit fast att djupströbäddar är en källa för ökade förluster av ammoniakkväve. I nedanstående avsnitt, 10.4 "Inventering och metoder", diskuteras modellberäkningarnas inverkan på resultatet.

Majoriteten av kväveförlusterna som ammoniak sker inom gårdens gränser i motsats till förlust av nitrat- och lustgaskväve där även förluster sker utanför gårdens gränser.

Störst andel av nitratläckaget utanför gården hade gruppen Konv. Hög (32 %). En möjlig orsak kan vara det relativt stora inflödet av inköpt kraftfoder. Detta i sin tur kan vara en konsekvens av den högre nivån på mjölkavkastningen för denna grupp. Andelen nitratläckage utanför gården var för Medel-gruppen 23 % och för Eko-gårdarna 27 %. Det kan tyckas underligt att Eko-gruppen har en så hög andel av nitratförlusterna utanför gården trots en strävan mot en högre självförsörjningsgrad på foder. Orsakerna till detta kan vara många men här nedan diskuteras två av dessa.

Det konventionella koncentratet respektive färdigfodret baseras till stor del på biprodukter (sojamjöl, rapsmjöl etc.), jämfört med de ekologiska motsvarigheterna. Den ekonomiska allokeringen medför att biprodukterna får en mindre del av orsakat nitratläckage bundet till sig. Den andra orsaken kan vara att skördenivåerna i ekologisk odling ofta är lägre vilket leder till ett högre läckage per enhet skördad produkt. Markanvändningen för att leverera ett kilo mjölk visade sig också vara större för den ekologiska gruppen jämfört med de båda konventionella. Vilken gröda som odlas (typ av markanvändning) samt storleken på markanvändningen har betydelse för nitratläckaget.

Förluster av lustgas sker inte endast på gården utan också i produktionen av resurser så som handelsgödsel och kraftfoder. Inga stora skillnader kunde påvisas mellan de båda konventionella grupperna när man ser till förlusternas fördelning mellan olika källor. Dock speglar denna fördelning att gårdarna inom Hög-gruppen köper in något mer foder jämfört med gruppen Konventionell Medel. Kväveförlusterna som lustgas via inköpt foder var 17 % för Medel respektive 23 % för Hög.

#### *Förklaringsgrader*

Inom både Gårdsperspektivet och Mjölkperspektivet hade Eko-gruppen en signifikant högre förklaringsgrad (d v s en större andel av kväveöverskottet hittades som förluster i beräkningarna) jämfört med de båda konventionella grupperna. Den mest troliga orsaken till detta förhållande är att inflödena av kväve på de ekologiska gårdarna är små jämfört med de konventionella gårdarnas. Här kan även det faktum att modellberäkningar använts påverka resultatet, se avsnitt 10.4.

På två av de ekologiska gårdarna blev förklaringsgraden inom Mjölkperspektivet över 100 % vilket inte är möjligt i verkligheten. Detta kan vara en indikation på att kväveförlusterna systematiskt har överskattats på de ekologiska gårdarna.

#### *Kväveeffektivitet*

De ekologiska gårdarna hade högst kväveeffektivitet inom mjölkperspektivet. Störst var skillnaden mellan denna grupp och Konventionell Medel (nio procent). Den troligaste anledningen till detta förhållande är återigen att Eko-gårdarna har ett så pass litet inflöde av kväve till produktionen jämfört med de konventionella gårdarna.

Den beräknade kväveeffektiviteten inom mjölkproduktionen varierade mellan 16-36 %, med de flesta gårdarna i intervallet 23-27 %. Kväveeffektiviteten på "ko-nivå" ligger inom detta intervall (Castillo et al, 2000; Deltén, 2001).

## 10.2 Känslighetsanalys av kvävefixeringen i STANK

Kvävefixeringen står för en stor andel (>50 %) av kväveinflödet på de ekologiska gårdarna. Det är svårt att få en helt korrekt skattning av kvävefixeringen i STANK, därför har en känslighetsanalys utförts. Denna analys syftar till att se hur kväveöverskottet inom de olika perspektiven påverkas om kvävefixeringen ökas med 25 respektive 50 %. Att öka med 25 % är realistiskt för de flesta gårdarna i denna studie medan 50 % är något i överkant om vallarna skall kunna användas direkt som djurfoder utan inblandning av andra fodermedel.

Tabell 25 visar kvävefixering samt kväveöverskott i Gårdsperspektivet för de olika grupperna innan och efter de två ökningarna. Trots en ökning på 50 % kommer den ekologiska gruppens kväveöverskott inte över de båda konventionella gruppernas ursprungliga överskott (122 respektive 166 kg N/ha).

**Tabell 25.** Känslighetsanalys av kvävefixering och kväveöverskott i Gårdsperspektivet, alla värden angivna som kg N/ha.

	Ekologisk	Konv. Medel	Konv. Hög
<i>Utgångsvärde</i>			
Kvävefixering	53	25	34
Överskott	79	122	166
+ 25 %			
Kvävefixering	66	32	42
Överskott	94	129	175
+ 50 %			
Kvävefixering	79	38	51
Överskott	107	135	183

Kvävefixeringens betydelse för den ekologiska mjölkproduktionen illustreras av att gruppens överskott ökar med 15 respektive 13 kg N/ha när de två ökningarna utförs. Dessa värden kan jämföras med 7 och 6 kg N/ha för Medel-gruppen respektive 9 och 8 kg N/ha för Hög-gruppen.

Motsvarande procedur har utförts med siffror från Mjölkperspektivet och resultatet redovisas i tabell 26.

**Tabell 26.** Känslighetsanalys av kvävefixering och kväveöverskott inom gården (Mjölkperspektivet), alla värden angivna som kg N/ton ECM.

	<b>Ekologisk</b>	<b>Konv. Medel</b>	<b>Konv. Hög</b>
<i>Utgångsvärde</i>			
Nytt kväve <sup>1</sup>	17	24	20
Överskott	12	19	15
+ 25 %			
Nytt kväve	19	26	21
Överskott	15	20	16
+ 50 %			
Nytt kväve	22	27	22
Överskott	17	21	16

<sup>1</sup> Nytt kväve = kväveinflöden till mjölken (handelsgödsel, inköpt foder och kvävefixering). Dock har endast kvävefixeringen ökat med 25 respektive 50%.

Ökningen av fixerat kväve för grupperna närmare varandra. Redan vid en ökning med 25 % är den ekologiska gruppen uppe i samma kväveöverskott per ton ECM som gruppen Konventionell Hög, 15 kg N/ton ECM. Anledningen är att flödena relateras till mjölkleveransen. Hög-gruppen får ett lågt överskott p.g.a. att de producerar mycket mjölk vilket innebär fler ton mjölk att slå ut överskottet på. Det motsatta gäller för den ekologiska gruppen som levererar relativt lite mjölk och därför får ett högre överskott per ton ECM. Gruppen Konventionell Medel har relativt stora inflöden av kväve dock levererar de inte så pass mycket mjölk så att deras överskott kommer under Hög-gruppens.

#### *Kvävefixering och emission av lustgas*

Kvävefixering är en förluskälla för lustgaskväve (N<sub>2</sub>O-N). Därför påverkar ökningarna av kvävefixeringen även emissionerna av lustgas. I tabell 27 visas hur stort utslag respektive ökning får på gruppernas lustgasemissioner.

**Tabell 27.** Kvävefixeringens betydelse för emissionen av lustgas inom de olika perspektiven.

	<b>Ekologisk</b>	<b>Konv. Medel</b>	<b>Konv. Hög</b>
<b>Gårdsperspektivet</b>			
(kg N <sub>2</sub> O-N/ha)			
<i>Utgångsvärde</i>	3,2	3,3	4,5
+ 25 %	3,4	3,4	4,6
+ 50 %	3,5	3,5	4,7
<b>Mjölkperspektivet</b>			
(kg N <sub>2</sub> O-N/ton ECM)			
<i>Utgångsvärde</i>	0,6	0,6	0,5
+ 25 %	0,7	0,7	0,5
+ 50 %	0,7	0,7	0,5

### 10.3 Energi

Mellan de båda konventionella grupperna var skillnaderna mycket små oavsett om jämförelsen gjordes mellan energi använd på gården eller energi använd utanför gårdens gränser, uttryckt som MJ/kg mjölk.

Eko-gruppen hade högst energianvändning per kilo mjölk via diesel samt el inom gårdens gränser. Nästan hälften, 46 %, av den totala användningen av fossil energi skedde på gården. Motsvarande andel för de konventionella gårdarna var 24 % för Medel och 22 % för Hög.

Majoriteten av elförbrukningen skedde inom mjölkgårdens gränser. I denna studie visade sig de ekologiska gårdarna förbruka 91 % av elanvändningen på gården. De konventionella gårdarna låg något lägre, 79 %. En trolig anledning till detta är inköp av handelsgödsel och en större mängd fodermedel på konventionella gårdar, dessa resurser tillför en energipost som använts utanför gården.

Energianvändningen har i denna studie uttryckts i megajoule per kilo levererad mjölk. Detta i sig kan vara en av anledningarna till att Eko-gårdarna har högre energianvändning inom gården. Ekologiska gårdar har en lägre mjölkleverans per ko i jämförelse med konventionella gårdar. Faktorer som t.ex. grödor i växtodlingen, inhysningssystem, utfodringsapparat samt typ av mjölkningstrustning kan naturligtvis också påverka. Variationen när det gäller ovanstående faktorer har varit stor inom samtliga grupper. Därför har inget specifikt kunnat pekats ut som möjlig orsak till skillnaden mellan ekologiskt och konventionellt bruknings sätt med avseende på energianvändningen inom gårdens gränser.

Den totala energianvändningen var lägst för den ekologiska gruppen, 2,10 MJ/kg mjölk. Gruppen Konv. Hög låg något lägre jämfört med Konv. Medel, 2,60 MJ/kg mjölk respektive 2,73 MJ/kg mjölk. Mjölkkornas avkastning var, i medeltal, högre i gruppen Konv. Hög än i Konv. Medel. En högre avkastning leder ofta till en större leverans av mjölk per ko och detta kan vara en möjlig anledning till att Hög-gruppen har den lägre energianvändningen bland de konventionella grupperna.

Energianvändningen per ko blev lägre för den ekologiska gruppen jämfört med de konventionella. Tidigare studier (Refsgaard et al., 1998) stödjer detta förhållande. Dock är det återigen svårt att jämföra värden mellan olika studier eftersom förutsättningar och omfattning ofta är annorlunda.

### 10.4 Inventering och metoder

I denna studie har mjölkgårdar valts att studeras utifrån data från ett produktionsår. Naturligtvis är det mycket som kan variera mellan olika år på en gård t.ex. kan framgången i växtodlingen avgöra hur mycket foder som behöver köpas in. Syftet med studien är dock att få en uppfattning om variationen mellan gårdar och olika produktionssätt. Halberg (1999) undersökte konventionella och ekologiska mjölkgårdar i Danmark. Han kunde visa att variationen mellan gårdar var större än årsvariationen inom gårdar.

Alla gårdar har i denna studie ”utsatts” för samma beräkningsprocedurer, därmed finns möjlighet att få ett mått på variationen mellan gårdarna. De modeller som använts för att beräkna kväveförlusterna i form av ammoniak och nitrat är vedertagna modeller och de som är bäst anpassade till svenska förhållanden. För förlust av kväve som lustgas har internationella



emissionsfaktorer använts, enligt IPCC. Dessa faktorer kan endast ge en grov uppskattning av förlusten. Modellerna har till uppgift att spegla verkligheten så bra som möjligt. Dock är en beskrivning av verkligheten till 100 % omöjlig för alla de olika situationer som kan förekomma i de studerade biologiska systemen.

#### *Emissionsfaktorer - ammoniakkväve*

De emissionsfaktorer som används i detta arbete är de som används i STANK. Emissionen av ammoniak påverkas av många yttre faktorer som t.ex. temperatur i stallen och vind vid stallgödselspridning på fält. På grund av detta kan emissionsfaktorerna endast ses som en skattning av hur mycket kväve som, i genomsnitt, kan tänkas förloras inom de olika posterna (stall etc.).

Att jämföra emissionsfaktorer mellan länder i syfte att försöka hitta den ”sanna” emissionen är vanskligt. Detta p.g.a. att det är mycket som kan vara olika mellan produktionssystemen. Men det kan vara intressant att se hur stort utslaget blir när olika länders emissionsfaktorer används. Här ges ett exempel som baseras på att en yngre kviga (2-12 mån) betar ett naturbete 5,5 månader (46 %) per år. Denna kviga utsöndrar, enligt STANK, 22 kg N/år i träck och urin. Därmed hamnar;  $22 \cdot 0,46 = 10$  kg N/år på bete. Emissionsfaktorn för bete, oavsett typ av betesmark, är 8 %. Om denna faktor används innebär det att;  $10 \cdot 0,08 = 0,8$  kg N/år förloras som  $NH_3-N$ .

En engelsk studie (Misselbrook et al., 2000) redovisar en emission om 1,9 g  $NH_3-N$ /dag på bete för nöt upptill 1 års ålder. En betesperiod om 5,5 månader (165 dagar) innebär då att;  $1,9 \cdot 165 = 0,3$  kg N/år förloras som  $NH_3-N$ .

Djupströsystem är det stallsystem som leder till störst förluster enligt STANK. Framförallt är emissionsfaktorerna höga i stall (20 % av Tot-N) och i lager (30 % av Tot-N). I Danmark används emissionsfaktorn 6 % i stall och 25 % i lager (Hutchings et al., 2001).

Förklaringsgraden var för den ekologiska gruppen var nästan dubbelt så hög som för de konventionella grupperna. Emissionsfaktorerna för ammoniakkväve är osäkra och det finns en risk att förlusterna är överskattade inom Eko-gruppen. Förutom denna överskattning för ekologiska gårdarna är det troligt att en underskattning av förlusterna ha gjorts på de konventionella gårdarna.

#### *Emissionsfaktorer - lustgaskväve*

Emissionsfaktorer för lustgas har hämtats från IPCC (2000). Faktorerna är osäkra p.g.a. att mätbarheten är låg d.v.s. det är svårt att mäta hur mycket lustgas som avgår från lantbrukets aktiviteter. Faktorerna är även medelvärden för olika lantbruksområden i hela världen och därmed inte anpassade fullt ut till svenska förhållanden.

#### *Denitrifikation och mullhaltsförändringar*

Utöver beräknade förluster kan kväve försvinna från gårdssystemet via biologiska processer. Denitrifikation är en process där nitrat omvandlas till kvävgas ( $N_2$ ) av bakterier i marken under syrefria förhållanden. Eftersom lerjordar är mer kompakta än sandjordar är kväveförlusten via denitrifikation större för dessa. För lerjordar kan förlusten av kväve nå 30-50 kg N/hektar. Skälet till att ingen hänsyn tagits till kväveförlust via denitrifikation är att emissionen av

kvävgas inte har någon negativ miljöeffekt. Dessutom står denna process ytterst inte under människans kontroll.

Om mark tillförs stallgödsel (organiskt material) regelbundet kommer jordens mullhalt att öka. Jordar med hög mullhalt har en tendens att vara läckagekänsliga d v s innebära en ökad risk för kväveförluster som nitrat. Det är dock mycket svårt att utreda om det kväve som frigörs vid nedbrytning av mullen kommer växterna tillgodo eller om det utlakas. Förändringar av markens mullhalt sker inte över en så kort tid som ett växtodlingsår. Därför inkluderades ej denna faktor i studien.

### 10.5 Åtgärder på gårdsnivå

Mjölkgården är en så kallad ”mixed farm” d.v.s. gården innefattar både djuruppfödning och växtodling. Kväveeffektiviteten är högre i växtodlingen än i mjölkproduktionen därför bör åtgärder först och främst tas inom den senare produktionsgrenen.

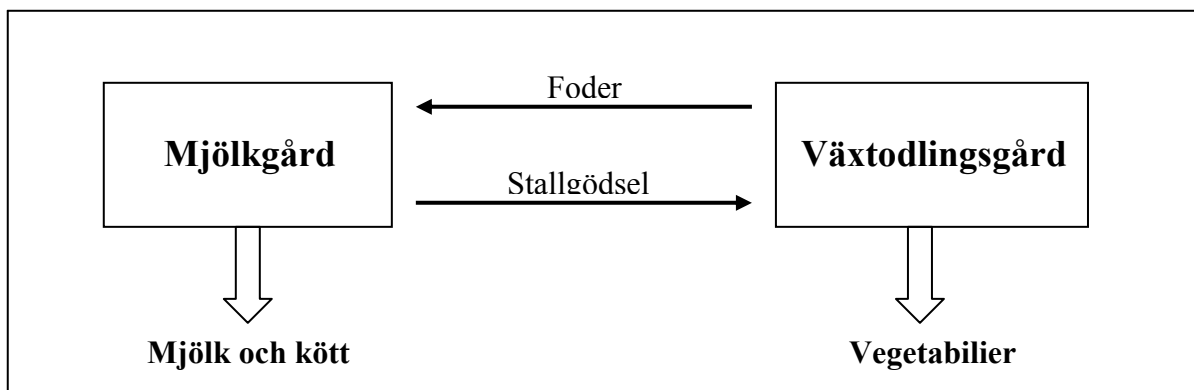
Sammansättningen av kornas foderstat påverkar kons mjölkavkastning men även hennes kväveeffektivitet. Det finns ett negativt samband mellan mjölkavkastning och kväveeffektivitet vilket innebär att ju högre mjölkavkastning desto mindre av foderkvävet omvandlas till beståndsdelar i mjölken. För att öka effektiviteten krävs bland annat balans mellan energi och protein i foderstaten. Fodermedel vars protein inte bryts ner i våmmen utan först i tunntarmen (s.k. by-pass protein) har visat sig öka kväveeffektiviteten. En bättre anpassad foderstat innebär en minskning av kväveföreningar i stallgödseln.

I tabell 28 finns förslag till åtgärder som kan tas på gårdsnivå.

**Tabell 28.** Förslag till åtgärder för att minska kväveförlusterna på gårdsnivå

Djuren	Växtodlingen	Gården
<input type="checkbox"/> Optimera foderstaterna med avseende på kväve och energi	<input type="checkbox"/> Vårbearbeta så mycket som möjligt	<input type="checkbox"/> Håll så låg djurtäthet som möjligt
<input type="checkbox"/> Håll en låg rekryteringsprocent	<input type="checkbox"/> Använd fånggrödor	<input type="checkbox"/> Täck gödselbrunnarna
<input type="checkbox"/> Odlar och använd egna proteingrödor i foderstaten	<input type="checkbox"/> Behovsanpassa givan av handelsgödsel efter grödan	<input type="checkbox"/> Öka självförsörjningsgraden på foder
	<input type="checkbox"/> Undvik bredspridning av flytgödsel och urin	<input type="checkbox"/> Vid nybyggnation investera i flytgödselhantering
	<input type="checkbox"/> Mylla ner stallgödseln	

Att börja odla allt foder inom gården är ett stort steg att ta. Ett alternativ för mjölkgården är att samarbeta med en växtodlingsgård och utbyta resurser, se figur 11. De båda gårdarna kan specialisera sig inom ett område och på så sätt kunna öka effektiviteten inom respektive produktionsgren.



**Figur 11.** Utbyte av resurser mellan en mjölkgård och en växtodlingsgård.

Den rena växtodlingsgårdens kan få in baljväxtvallar i växtföljden och få stallgödsel från mjölkgården. Detta kan leda till att gårdens inköp av handelsgödsel kan minskas. Mjölkgården slipper köpa in foder som kräver ett stort resursuttag vid tillverkning utanför gårdens gränser.

Att minska den totala energianvändningen på gårdsnivå kan åstadkommas genom att minska förbrukningen av resurser som handelsgödsel och inköpta fodermedel. Detta för med sig att gårdens egna resurser som t.ex. stallgödseln måste användas effektivare för att uppnå bra resultat i växtodlingen. Ett minskat inköp av kraftfoder utifrån innebär att självförsörjningsgraden på foder måste höjas på gården. Att förlänga betesperioden och således låta djuren beta en större areal medför en minskad skördeareal. En minskad areal att skörda innebär att en mindre mängd diesel behövs. Dieselförbrukningen kan även reduceras genom att använda maskiner som är mer bränslesnåla. Ingen analys över hur mycket lantbrukarna kör i sin växtodling eller vilken typ av elektrisk utrustning som används inom produktionen har gjorts i denna studie.

## 11 SLUTSATSER

Variationen mellan gårdar inom grupper var stor. Det förekom t.ex. ekologiska gårdar som köpte mer kväve via foder jämfört med konventionella gårdar. Sammantaget verkar det dock vara lättare att ha översyn, ur ett miljöperspektiv, på en ekologisk gård. En större andel av kväveöverskottet kunde spåras till kväveförluster på dessa gårdar, en högre förklaringsgrad. De ekologiska gårdarna har ett mindre inflöde av kväve till produktionen och detta är en av orsak till den högre förklaringsgraden. Åtgärder bör därför först och främst tas för att minska inköp av kväve via resurser som handelsgödsel och foder. Resurser som även innebär förbrukning av ändliga resurser som fossilt bränsle samt fosfor och en ökad användning av energi.

Hur effektivt gårdens mjölkproduktion utnyttjar de inköpta resurserna är naturligtvis också viktigt att uppmärksamma. Kväveeffektiviteten inom animalieproduktionen är lägre än inom vegetabilieproduktionen. Genom att optimera den individuella kons foderstat med avseende på protein och energi skapar man förutsättningar för minskad utsöndring av överskottskväve i träck och urin. Samtidigt för detta med sig en minskad risk för kväveförluster i form av ammoniak och lustgas. En bättre avpassad foderstat kan i förlängningen även vara positivt för ekonomin i produktionen eftersom djurens foder står för över hälften av utgifterna på en mjölkgård.

## 12 SUMMARY

Protecting the environment has with time grown to take a more central role in the society. Agriculture plays an important role in the society since this sector produces our food. More thorough research on how agriculture affects the environment is therefore motivated. This research can be used to improve the agricultural practice from an environmental point of view. This is something that both the farmers and the consumers can profit from.

This study aims to form the basis for creating environmental indicators for use of nitrogen and energy on dairy farms. Twenty-three farmers in western Sweden have been interviewed about their farms, both organic and conventional. They produce milk with different intensity, defined as the amount of milk delivered (sold) per hectare of arable land. The farms were divided in the following groups based on the farms way of production/intensity of production:

- Organic: farms producing milk according to KRAV<sup>4</sup>.
- Conventional Mid: farms delivering below 7500 kg ECM.
- Conventional High: farms delivering more than 7500 kg ECM/ha.

Two different perspectives have been used. In the *Farm-perspective* all activities within the farm is accounted for (farm-gate method) and nitrogen surpluses and losses are related to hectare of arable land. This method is used within the Swedish advisory project "Greppa Näringen" today. The other perspective, the *Milk-perspective*, includes a life cycle inventory. Flows and losses of nitrogen and the energy use is related to the amount of milk (1000 kg ECM) that is delivered from the farm.

Farms in the organic group had, on average, the lowest nitrogen surplus both per hectare (79 kg N) and per 1000 kg ECM (12,5 kg N). The main cause is probably a lower input of nitrogen into the farm compared with the conventional farms. In the Mid-group the nitrogen surplus per hectare was somewhat lower compared with the High-group, 122 kg N/ha and 166 kg N/ha respectively. The relationship was the opposite between the conventional groups in the other Milk-perspective. The surplus was 19,3 kg N/1000 kg ECM in the Mid-group and 15,0 kg N/1000 kg ECM for the High group.

Due to higher livestock density on the farms in the High-group the calculated loss of nitrogen as ammonia (NH<sub>3</sub>-N) and nitrous oxide (N<sub>2</sub>O-N) were the highest per hectare arable land. The organic farms had, in the *Milk-perspective*, the highest calculated losses of nitrogen within the farm. A possible reason for this is the lower amount of milk delivered/sold per cow, i.e less tonnes of milk to divide the nitrogen losses with.

The *rate of explanation* explains how much of the nitrogen surplus that can be found as calculated losses on the farm level. If, for example, the farm has a nitrogen surplus of 100 kg N/ha and the calculated nitrogen losses are 60 kg N/ha, the rate of explanation becomes 60 %. A relatively low input of nitrogen and therefore low nitrogen surplus among the organic farms gives a higher rate of explanation if compared with conventional farms. Since the results are based on calculations with models it is possible that the losses of nitrogen may have been underestimated on the conventional farms and/or overestimated on the organic farms.

---

<sup>4</sup> KRAV is the Swedish control organisation for ecological farming

Through production of fertiliser and concentrate feed, losses of nitrogen (primarily as nitrate and nitrous oxide) and use of energy take place outside the farm and this is included in the Milk-perspective. Conventional farms had a higher share of the energy use and loss of nitrous oxide outside the farm compared with the organic farms. A result based on the use of mineral fertiliser and more purchased fodder on the conventional farms.

The total calculated emission of nitrogen as nitrate and ammonia in the lifecycle were highest on the organic farms, 6,5 kg NO<sub>3</sub>-N/1000 kg ECM and 4,6 kg NH<sub>3</sub>-N/1000 kg ECM respectively. A possible cause is the lower delivery of milk per cow compared with the conventional farms. The losses of nitrogen that occur within the farm are calculated with models. The Mid-group had the highest emission of nitrogen as nitrous oxide per tonne milk, but the differences between groups were small.

Nitrogen losses as nitrate outside the farms boundaries represented 32 % of the total calculated losses in the High-group. For the Mid-group the share was 23 % and for the organic group 27 %. The share being higher for the organic group compared with the Mid-group can be due to the composition of the purchased fodder.

Energy use, per kilo milk, within the farm (via diesel and electricity) was higher for the organic farms. A possible cause may be that less milk is delivered/sold per cow in relation to the produced amount. The organic farms also produce a larger share of the fodder on the farm, this demands more energy. More milk stays within the borders of the organic farms due to the fact that calves are to be fed with whole milk to the age of twelve weeks at least. The differences in energy use within the farm were small between the Mid- and High-group.

The total use of energy in the lifecycle was 2,10 MJ/kg milk for the organic group, which was 23 % lower compared with the Mid-group (2,73 MJ/kg milk). The High-group had an energy cost of 2,60 MJ/kg milk.

If the energy use instead is expressed per cow and year the value for the organic group became 16,1 GJ/cow and year, 22,6 GJ/cow and year for the Mid-group and for the High-group 23,9 GJ/cow and year. Although the High-group had a lower usage per kilo milk delivered to the dairy compared with the Mid-group the value per cow became higher. This may be due to the higher delivery of milk per cow in the group Conventional High.

### 13 LITTERATURFÖRTECKNING

- Aarts, H.F.M., Biewinga, E.E. & Van Keulen, H. 1991. Dairy farming systems based on efficient nutrient management. I: *Resource management in De Marke dairy farming system*, sid: 24-44. Nederländerna.
- Aarts, H.F.M., Habekotté, B. & Van Keulen, H. 1999. Nitrogen (N) management in the De Marke dairy farming system. I: *Resource management in the De Marke dairy farming systems*, sid: 68-86. Nederländerna.
- Aarts, H.F.M., Habekotté, B., Hilhorst, G.J., Koskamp, G.J., van der Schans, F.C. & de Vries, C.K. 1999. Efficient resource management in dairy farming on sandy soil. I: *Resource management in the De Marke dairy farming systems*, sid: 116-138. Nederländerna.
- Alexandersson, H. & Karlström Eggertsson, C. 2001. Temperaturen och nederbörden i Sverige 1961-1990, Referensnormaler – utgåva 2. SMHI, Direkt Offset AB. Norrköping.
- APME, Association of plastics manufacturers in Europé. Eco-profiles, Report 6: Polyvinyl Chloride. APME, 1994.
- Benz, E. 2000. Är miljönyckeltal användbara för att beskriva ett lantbruksföretags miljöpåverkan?. Examensarbete 237, Institutionen för ekonomi. Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala.
- Brink, C., Kroeze, C. & Klimont, Z. 2001a. Ammonia abatement and its impact on emissions of nitrous oxide and methane in Europé – Part 1: method. *Atmospheric Environment* 35, sid: 6299-6312.
- Brink, C., Kroeze, C. & Klimont, Z. 2001b. Ammonia abatement and its impact on emissions of nitrous oxide and methane in Europé – Part 2: application for Europe. *Atmospheric Environment* 35, sid: 6313-6325.
- Brännström-Norberg, B-M., Dethlefsen U., Johansson R., Setterwall C. & Tunbrant S. 1996. Life-Cycle Assessment for Vattenfall's Electricity Generation, Summary Report.
- Castillo, A.R., Kebreab, E., Beever, D.E. & France, J. 2000. A review of efficiency of nitrogen utilisation in lactating dairy cows and its relationship with environmental pollution. *Journal of Animal and Feed Sciences* 9. Sid: 1-32.
- Cederberg, C. 1998. Life Cycle Assessment of Milk Production – a comparison of conventional and organic farming. Rapport 643, SIK - Institutet för livsmedel och bioteknik, Göteborg.
- Cederberg, C. & Bergström, S. 1999. Näringsflöden och markanvändning i ekologisk och konventionell mjölkproduktion i Sydsverige. Hushållningssällskapet Halland, Halmstad.
- Chadwick, D.R., Sneath, R.W., Phillips, V.R. & Pain, B.F. 1999. A UK inventory of nitrous oxide emissions from farmed livestock. *Atmospheric Environment* 33, sid: 3345-3354.
- Dansk Jordbruksforskning, 2000. Kväve, fosfor och kalium i husdjursgödsel - normtal 2000. Rapport 36. Foulum.
- Davis, J. & Haglund, C. 1999. Life Cycle Inventory (LCI) of fertiliser production - fertiliser products used in Sweden and western Europe. Rapport 654. SIK - Institutet för livsmedel och bioteknik, Göteborg.
- Deltén, A. 2001. Mjölkens ureahalt och mjölkornas kväveeffektivitet. Examensarbete 148. Institutionen för husdjurens utfodring och vård. Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala.

- Flessa, H., Ruser, R., Dörsch, P., Kamp, T., Jimenez, M.A., Munch, J.C. & Beese, F. 2002. Integrated evaluation of greenhouse gas emissions (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O) from two farming systems in southern Germany. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 91, sid: 175-189.
- Frank, B., Persson, M. & Gustafsson, G. 2002. Feeding dairy cows for decreased ammonia emission. *Livestock Production Science* 76, sid: 171-179.
- Green M B. 1987. Energy in Pesticide Manufacture, distribution and use. In: Z.R. Hessel (ed.) *Energy in Plant Nutrition and Pest Control*. Elsevier, Amsterdam sid: 165-177.
- Groeneveld, R., Bouwman, A.F., Kruitwagen, S. & Van Ierland, E.C. 1998. Nitrate leaching in dairy farming: economic effects of environmental restrictions. *Environmental Pollution* 102, sid: 755-761.
- Halberg, N. 1999. Indicators of resource use and environmental impact for use in a decision aid for Danish livestock farmers. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 76, sid 17-30.
- Hoffman, M., Aronsson, H., Aronsson, C., Nilsson, H. & Albertsson, B. 1999. Gårdsmodellen - en empirisk modell för kväveutlakning. Teknisk rapport 48, Avdelningen för vattenvårdslära, Sverigs Lantbruksuniversitet, Uppsala.
- Hooda, P.S., Moynagh, M., Svoboda, I.F. & Anderson, H.A. 1998. A comparative study of nitrate leaching from intensively managed monoculture grass and grass-clover pastures. *Journal of Agricultural Science* 131, sid: 267-275.
- Hutchings N J, Sommer S G, Andersen J M, & Asman, W A H. 2001. A detailed ammonia emission inventory for Denmark. *Atmospheric Environment* 35, sid: 1959-1968
- Hyde, B.P., Carton, O.T., Toole, P.O. & Misselbrook, T.H. 2003. A new inventory of ammonia emissions from Irish agriculture. *Atmospheric Environment* 37, sid: 55-62.
- IPCC. 2000. IPCC Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories. Chapter 4.7-4.8.
- Jarvis, S.C. & Ledgard, S. 2002. Ammonia emissions from intensive dairying: a comparison of contrasting systems in the United Kingdom and New Zealand. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 92, 82-92.
- Jordbruksverket. 1995. Gödselproduktion, lagringsbehov och djurtäthet vid nötkreaturshållning. Rapport 1995:10, Jönköping.
- Jordbruksverket. 1998. Miljöfarlig verksamhet och hälsoskydd. Förordningen 1998:899, Jönköping.
- Jordbruksverket, 1999. Ammoniakförluster från jordbruket – Förslag till delmål och åtgärder. Rapport 1999:23, Jönköping.
- Jordbruksverket 2003a. Förslag till bestämmelser för att minska nitratutlakningen från jordbruket. Rapport 2003:5, Jönköping.
- Jordbruksverket 2003b. Riktlinjer för gödsling och kalkning 2003. Rapport 2002:11, Jönköping.
- Karlsson, S. & Rodhe, L. 2002. Översyn av Statistiska Centralbyråns beräkning av ammoniakavgången i jordbruket – emissionsfaktorer för ammoniak vid lagring och spridning av stallgödsel. JTI (Institutet för jordbruks- och miljöteknik) uppdragsrapport för SJV. JTI, Uppsala.
- KRAV regler 2002, Kontrollföreningen för ekologisk odling, Uppsala.

- Kebreab, E., France, J., Beever, D.E. & Castillo, A.R. 2001. Nitrogen pollution by dairy cows and its mitigation by dietary manipulation. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 60, sid: 275-285.
- Lindgren, M., Pettersson, O., Hansson, P-A., & Noréen, O. 2002. Jordbruks- och anläggningsmaskinernas motorbelastning och avgasemissioner samt metoder att minska bränsleförbrukning och avgasemissioner. Rapport 308. JTI - Institutet för jordbruks- och miljöteknik, Uppsala.
- Littell, R.C., Milliken, G.A., Stroup, W.W. & Wolfinger, R.D. 1996. SAS system for mixed models, Cary, NC, SAS Institute.
- Mattson, B., Wallén, E., Blom, A. & Stadig, M. 2001. Livscykelanalys av matpotatis. Intern rapport. SIK - Institutet för livsmedel och bioteknik, Göteborg.
- Misselbrook, T.H., Van Der Verden, T.J., Pain, B.F., Jarvis, C.S., Chambers, B.J., Smith, K.A., Phillips, V.R. & Demmers, T.G.M. 2000. Ammonia emission factors for UK agriculture. *Atmospheric Environment*, 34, 871-880.
- Naturvårdsverket, 2002. Miljö kvalitetsnorm för nitrat i grundvatten. Rapport 5180. Naturvårdsverket förlag, Stockholm.
- Refsgaard, K., Halberg, N., Kristensen, E.S. 1998. Energy utilisation in crop and dairy production in organic and conventional livestock production systems. *Agricultural Systems*, 57, 599-630.
- SJVFS 1999:79. Statens jordbruksverks föreskrifter om miljöhänsyn i jordbruket. Jordbruksverket, Jönköping.
- Smits, M.C.J., Valk, H., Elzing, A. & Keen, A. 1995. Effect of protein nutrition on ammonia emission from a cubicle house for dairy cattle. *Livestock Production Science*, 44, 47-156.
- Spörndly, R. (Ed), 1999. Fodertabeller för idisslare 1999. SLU, Institutionen för husdjurens utfodring och vård, Rapport 247, Uppsala.
- STANK, 4.11. Statens Jordbruksverk (SJV).
- Steineck, S., Gustafsson, G., Andersson, A., Tersmeden, M. & Bergström, J. 1999. Stallgödselns innehåll av växtnäring och spårelement. Naturvårdsverket rapport 4947. Naturvårdsverket Förlag, Stockholm.
- Torstensson, G., mfl. 2003. Teknisk beskrivning av utlakningsberäkningen i kalkylprogrammet STANK 4.11. Avdelningen för vattenvårdslära. Ej publicerat.
- Van Eedt, M.M & Fong, P.K.N, 1998. The monitoring of nitrogen surpluses from agriculture. *Environmental Pollution* 102, sid 227-233.
- Van der Hoek, K.W. 1998. Nitrogen efficiency in global animal production. *Environmental Pollution* 102, sid 127-132.
- Van Keulen, H., Von der Meer, H.G. & De Boer, I J.M . 1996. Nutrient balances of livestock production systems in the Netherlands. I: Perspectives of environmental balanced production systems 84, sid 3-18.
- Velthof, G.L. & Oenema, O. 1997. Nitrous oxide emissions from dairy farming systems in the Netherlands. *Netherlands Journal of Agricultural Science* 45, sid: 347-360.
- Velthof, G.L., van Beusichem, M.L. & Oenema, O. 1998. Mitigation of nitrous oxide emission from dairy farming systems. *Environmental Pollution* 102, sid: 173-178.



Zebarth, B.J., Hii, B., Liebscher, H., Chipperfield, K., Paul, J.W., Grove, G. & Szeto, S.Y. 1998. Agricultural land use practices and nitrate contamination in the Abbotsford Aquifer, British Columbia, Canada. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 69, sid: 99-112.

#### Internetadresser

SCB, [www.scb.se](http://www.scb.se), 2003-05-22

#### E-post kommunikation

Larsson, H. 2003. Vattenfall AB Försäljning Sverige. 2003-07-04.

Rietz, H. 2002. Avdelningen för mjölk ekonomi. Svensk Mjök, Eskilstuna.

Rietz, H. 2003. Avdelningen för mjölk ekonomi. Svensk Mjök, Eskilstuna. 2003-06-23.

#### Personligt meddelande

Bo Svensson. 2003. Harplinge Maskinstation, Harplinge

Carina Almedal. 2003. Trioplast.

Johan Helm. 2003. JK:s lantbrukstjänst, Skövde.

Magnus Bång. 2003. Statens Jordbruksverk, Jönköping.

## BILAGA 1

Emissionsfaktorer vid beräkning av kväveförluster i form av ammoniak.

På bete	Faktor (% av total kväve)
	8%

I stall	System	Faktor (% av total kväve)
	Uppbundet	4%
	Lösdrift	7%
	Spaltbox	7%
	Djupströbädd	20%

Vid lagring	Gödseltyp	Teknik	Täckning	Faktor (% av total kväve)
	Fastgödsel	platta	-	20%
	Kletgödsel	platta	-	10%
	Flytgödsel utan täckning	yllning underifrån	-	6%
		yllning ovanifrån	-	7%
	Flytgödsel med täckning	yllning underifrån	tak	1%
			svämtäcke	3%
			annan	2%
		yllning ovanifrån	tak	1%
			svämtäcke	4%
			annan	3%
	Urin utan täckning	yllning underifrån	-	37%
		yllning ovanifrån	-	40%
	Urin med täckning	yllning underifrån	tak	5%
			svämtäcke	17%
			annan	10%
		yllning ovanifrån	tak	5%
			svämtäcke	20%
			annan	12%
	Djupströgödsel ströbädd	platta	-	30%

Spridning av handelsgödsel	Typ	Faktor (% av ammonium innehåll)
	Innehållande NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	1%

## BILAGA 1 forts

### Emissionsfaktorer vid beräkning av kväveförluster i form av ammoniak.

Vid spridning			Stallgödsel typ		
Årstid	Teknik	Nedbrukning	Fast+djuptro*	Urin**	Flytgödsel*
Vårvinter	Bredspridning	Spridning på tjäle	8%	40%	15%
	Släpslang	-	-	30%	10%
Vår	Bredspridning	Omgående	7%	8%	5%
		Nedbrukn. efter 4 tim	14%	14%	7,5%
		Nedbrukn. efter 5-24 tim	22%	20%	10%
		Spridning i vall	31%	35%	20%
		Spridning i stråsäd	-	11%	10%
	Släpslang	Omgående	-	7%	2,5%
		Nedbrukn. efter 4 tim	-	14%	4%
		Nedbrukn. efter 5-24 tim	-	20%	5%
		Spridning i vall	-	25%	15%
		Spridning i stråsäd	-	10%	7,5%
Ytmyllning	Spridning i vall	-	8%	7,5%	
Försommar -sommar	Bredspridning	Spridning i vall	40%	60%	35%
		Spridning i stråsäd	-	10%	10%
	Släpslang	Spridning i vall	-	40%	25%
		Spridning i stråsäd	-	10%	3,5%
	Ytmyllning	Spridning i vall	-	15%	15%
Tidig höst (innan 1:e oktober)	Bredspridning	Omgående	8,8%	15%	2,5%
		Nedbrukn. efter 4 tim	15%	23%	9%
		Nedbrukn. efter 5-24 tim	22%	30%	15%
		Ej nedbrukning	31%	45%	35%
	Släpslang	Omgående	-	10%	1,5%
		Nedbrukn. efter 4 tim	-	18%	4,5%
		Nedbrukn. efter 5-24 tim	-	25%	7,5%
		Ej nedbrukning	-	30%	20%
Sen höst (efter 1:e oktober)	Bredspridning	Omgående	4,4%	10%	2,5%
		Nedbrukn. efter 4 tim	7%	15%	4,0%
		Nedbrukn. efter 5-24 tim	9%	20%	5%
		Ej nedbrukning	13%	25%	15%
	Släpslang	Omgående	-	4%	1,5%
		Nedbrukn. efter 4 tim	-	11%	2%
		Nedbrukn. efter 5-24 tim	-	18%	2,5%
		Ej nedbrukning	-	25%	7,5%

\* Emissionsfaktorerna har räknats om från förlust% av ammoniumkväve till förlust% av Total kväve i stallgödseln.

\*\* Emissionsfaktorerna avser förlust% av ammoniumkväve.

## BILAGA 2 - Gårdsmodellen

### 1) Grundutlakning (tabellen gäller för Götaland)

	Sand- och mulljord (<5%ler)			Lerig-lättlera (5-25%ler)			Mellan-styv lera (>25% ler)		
	<560	560-750	>750	<560	560-750	>750	<560	560-750	>750
Nederbörd, mm	<560	560-750	>750	<560	560-750	>750	<560	560-750	>750
Växtodlingsgård	25	35	45	17,5	25	32,5	10	15	20
Djurgård, ökning av utlakning i kg N per ton ts årlig stallgödsel tillförsel	1,5	2,25	3,25	1	1,75	2,25	0,5	1,25	1,75

### 2) Grödfaktorer (för årets gröda)

Gröda	Faktor
Spannmålsgrödor	1
Höstoljeväxter	1,2
Våroljeväxter	1,2
Gräs- och klöverfrövall	1
Vall	1
Naturbete, betesvall	1
EU-träda	1
Rotfrukter	1
Trindsäd	1,3
Färsipotatis	1,7
Matpotatis	1,7
Fabrikspotatis	1,5
Majs	1,3

OBS! Egen estimering

## BILAGA 2 forts

### 3) Bearbetningstidpunkter (tabellen gäller för Götaland)

Bearbetningstidpunkt	Faktor	Kommentar
Tidig bearbetning/upptagning	1	Med tidig bearbetning menas före 15:e september
Tidig bearb./uppt. + höstråg	0,9	
Sen bearbetning/upptagning	0,9	Med sen bearbetning menas efter 15:e september
Sen bearb./uppt. + insådd fånggröda	0,7	Fånggröda som nedbrukas sent på hösten
Sen bearb./uppt. efter höstsådd fånggröda	0,8	
Vårbearbetning	0,7	
Vårbearbetning av insådd fånggröda från föregående säsong	0,5	I grödan såddes fånggröda som fick växa under vintern och brukades ned på våren.
Vårbearbetning + höstsådd fånggröda	0,6	
Vallinsådd	0,5	
Vall med vårvallbrott	0,9	
Vall utan vallbrott	0,4	
Gräsvall - tidigt vallbrott	1,5	Med tidigt vallbrott menas före 15:e september
Gräsvall - tidigt vallbrott + höstråg	1,4	
Gräsvall - sent vallbrott	1,2	Med sent vallbrott menas efter 15:e september
Klövervall - tidigt vallbrott	2	
KLövervall - tidigt vallbrott + höstråg	1,8	
Klövervall - sent vallbrott	1,5	

### 4) Stallgödsling (gäller södra Sverige)

Andel (%) av ammoniumkvävet i gödseln som förloras vid vår- respektive höstspridning.

Spridningstidpunkt	Vår	Höst			
		Obevuxet	Höstsäd	Höstoljeväxter	Vall
Gröda	Alla				
Sandjord (<5% ler)	10%	90%	75%	30%	25%
Leriga jordar (5-15% ler)	10%	80%	65%	25%	20%
Lättlera (15-25%)	5%	50%	40%	20%	15%
Mellan/styv lera (>25%)	5%	30%	25%	15%	10%
Mulljord	10%	90%	75%	30%	25%

### 5) Överoptimal kvävegiva

Andel (%) av kväveöverskottet som utlakas.

Överoptimalgiva (kg N/ha)	Sand- och mulljord (<5% ler)	Svagt lerig- lättlera (5-25% ler)	Mellan- styv lera (>25% ler)
0-20	20%	15%	10%
20-30	25%	18%	12%
30-40	30%	22%	14%
40-50	35%	26%	17%
>50	40%	30%	20%

### BILAGA 3

#### Recept för konventionellt koncentrat och färdigfoder inlagt i LCA-programmet

##### Konventionellt koncentrat

Råvara	Innehåll (% av kg)
Vetekli	3%
Agrodrank	5%
Rapsmjöl	2%
Melass	4%
Expromjöl	28%
Palmexpeller	6%
Soypass	4%
Betfiber	18%
Sojamjöl	18%
Grönmjöl	3,6%
Kalk	1%
Magnesiumoxid	0,1%
Salt	0,6%
Akofeed	3%
Förtvälat fett	1%
Mättat fett	1,6%
Vitaminpremix	-
Wafolin	-

##### Konventionellt färdigfoder

Råvara	Innehåll (% av kg)
Korn	25%
Vete	5%
Rågvete	9%
Vetekli	4%
Havrekli	2%
Rapsmjöl	13,5%
Melass	4%
Expromjöl	6%
Palmkärneexpeller	5%
Soypass	4%
Betfiber	8%
Sojamjöl	6%
Grönmjöl	3%
Kalk	1%
Monokalciumpfosfat	0,2%
Magnesiumoxid	-
Salt	0,6%
Akofeed	2,5%
Mättat fett	0,5%
Vitaminpremix	-
Vetefodermjöl	-
Wafolin	-

## BILAGA 3 forts

### Recept för ekologiskt koncentrat och färdigfoder inlagt i LCA-programmet

#### Ekologiskt koncentrat

Råvara	Innehåll (% av kg)
KRAV-vete	10%
KRAV-havre	3%
KRAV-rapskaka	15%
KRAV-åkerböna	20%
KRAV-sojaböna	15%
Majsglutenmjöl	15%
KRAV - Lucernpellets	15%
Standardfett	4%
Mineraler	2%
Vitaminer	1%

#### Ekologiskt färdigfoder

Råvara	Innehåll (% av kg)
KRAV-vete	50%
KRAV-havre	7%
KRAV-rapskaka	7%
KRAV-åkerböna	5%
Betfiber	2%
Majsglutenmjöl	9%
KRAV - Lucernpellets	15%
Standardfett	2%
Melass	1%
Mineraler	2%

## BILAGA 4

### Schablonvärden för dieselförbrukningen vid olika fältaktiviteter - 1

Aktivitet	Maskiner	l/ha	Referens
Vårplöjning	Traktor + 4-skärig växelplog	17	Mattsson, B., Wallén, E., Blom, A. & Stadig, M. 2001. <i>Livscykelanalys av matpotatis</i> . Intern rapport. SIK, Institutet för livsmedel och bioteknik. Göteborg.
Ogräsbekämpning	Traktor och sprutaggregat	1,5	Mattsson, B., Wallén, E., Blom, A. & Stadig, M. 2001. <i>Livscykelanalys av matpotatis</i> . Intern rapport. SIK, Institutet för livsmedel och bioteknik. Göteborg.
Flytgödselspridning (släpplang)	140 hk traktor och 12 m <sup>3</sup> tunna	10	Bo Svensson, Harplinge Maskinstation.
Flytgödselspridning (ytmyllning)	140 hk traktor	13	Johan Helm vid JK:s lantbrukstjänst i Skövde
Sådd inklusive handelsgödsel	195 hk traktor och Rapidmaskin 4 m	10	Bo Svensson, Harplinge Maskinstation.
Sådd exklusive handelsgödsel	195 hk traktor och Rapidmaskin 4 m	8	Bo Svensson, Harplinge Maskinstation.
Rundbalsensilering (750 kg balar)	Separat packare och plastare. 140 resp. 95 hk traktorer	0,87*	Bo Svensson, Harplinge Maskinstation.
Hackning	200 hk traktor och hackvagn	11	Inkluderar aktivitetet på fält, inkörning till silo och urlastning. Bo Svensson, Harplinge Maskinstation
Hackning	100 hk traktor, exakthack och bogserad ensilagevagn	47**	Lindgren, M., Pettersson, O., Hansson, P-A. & Noreén, O. 2002. <i>Jordbruks- och anläggningsmaskiners motorbelastning och avgasemissioner samt metoder att minska bränsleförbrukning och avgasemissioner</i> . JTI, Uppsala.
Halmpressning	140 hk traktor och rundbalspress	0,375*	Bo Svensson, Harplinge Maskinstation.
Halmpressning	140 hk traktor och storbalspress	0,526*	Bo Svensson, Harplinge Maskinstation.
Slätterkross	70 hk traktor med slätterkrossaggregat	6,1**	Lindgren, M., Pettersson, O., Hansson, P-A. & Noreén, O. 2002. <i>Jordbruks- och anläggningsmaskiners motorbelastning och avgasemissioner samt metoder att minska bränsleförbrukning och avgasemissioner</i> . JTI, Uppsala.

\* = liter diesel per bal

\*\* = Faktorn 0,84 har använts för omvandling från kg till liter



## BILAGA 4 forts

### Schablonvärden för dieselförbrukningen vid olika fältaktiviteter - 2

Aktivitet	Maskiner	l/ha	Referens
Urinspridning	110 hk traktor, fyllning och spridning	2,5**	Lindgren, M., Pettersson, O., Hansson, P-A. & Noreén, O. 2002. <i>Jordbruks- och anläggningsmaskiners motorbelastning och avgasemissioner samt metoder att minska bränsleförbrukning och avgasemissioner</i> . JTI, Uppsala.
Fastgödselspridning	110 hk traktor + vagn, inkl. lastare	6,8**	Lindgren, M., Pettersson, O., Hansson, P-A. & Noreén, O. 2002. <i>Jordbruks- och anläggningsmaskiners motorbelastning och avgasemissioner samt metoder att minska bränsleförbrukning och avgasemissioner</i> . JTI, Uppsala.
Tröskning		17**	Lindgren, M., Pettersson, O., Hansson, P-A. & Noreén, O. 2002. <i>Jordbruks- och anläggningsmaskiners motorbelastning och avgasemissioner samt metoder att minska bränsleförbrukning och avgasemissioner</i> . JTI, Uppsala.
Kletgödselspridning	110 hk traktor, inkl. transport	4**	Lindgren, M., Pettersson, O., Hansson, P-A. & Noreén, O. 2002. <i>Jordbruks- och anläggningsmaskiners motorbelastning och avgasemissioner samt metoder att minska bränsleförbrukning och avgasemissioner</i> . JTI, Uppsala.
Transport	100 hk traktor	7,6**	Lindgren, M., Pettersson, O., Hansson, P-A. & Noreén, O. 2002. <i>Jordbruks- och anläggningsmaskiners motorbelastning och avgasemissioner samt metoder att minska bränsleförbrukning och avgasemissioner</i> . JTI, Uppsala.
Småbalspressning	100 hk traktor	11,3**	Lindgren, M., Pettersson, O., Hansson, P-A. & Noreén, O. 2002. <i>Jordbruks- och anläggningsmaskiners motorbelastning och avgasemissioner samt metoder att minska bränsleförbrukning och avgasemissioner</i> . JTI, Uppsala.

\*\* = Faktorn 0,84 har använts för omvandling från kg till liter

## BILAGA 5

**Priser på el** (medelpris för respektive år gällande kunder som förbrukar mer än 10 000 kWh/år)

År	Pris (öre/kWh)
2000	50,00
2001	59,62
2002	65,00

Källa: Henrik Larsson, Vattenfall AB Försäljning Sverige, 2003-07-04

**Priser på diesel** (medelpris för respektive år)

År	Pris (kr/l)
2000	5,68
2001	5,82
2002	5,72

Källa: Håkan Rietz, Svensk Mjök, 2003-06-23

### Schablonvärden elförbrukning

Spec.	kWh/år	Aktuellt år
Hushåll, endast hushållsel	5900	2001
Hushåll, med eluppvärmning	14 500	2001

Källa: Statistiska Centralbyrån (SCB), [www.scb.se](http://www.scb.se), 2003-05-22



## BILAGA 6

### Resultat från den statistiska analysen

Minsta kvadrat medelvärden och se (inom parentes). P-värde anger säkerheten för hela modellen och LSD (Least significant difference) anger minsta skillnad som är signifikant på nivån  $p < 0,05$ .

#### Gårdsperspektivet (kg N/ha)

Parameter	Eko	Konv Medel	Konv Hög	p<	LSD
N-överskott	80 (16)	131 (3)	161 (14)	0,0048	44,6
NH <sub>3</sub> -N	25 (4)	23 (3)	39 (3)	0,0022	9,77
NO <sub>3</sub> -N	26 (4)	27 (3)	28 (3)	0,9076	10,4
N <sub>2</sub> O-N	3,2 (0,3)	3,6 (0,3)	4,7 (0,3)	0,004	0,88
Förkl.grad (%)	0,73 (0,06)	0,47 (0,05)	0,47 (0,05)	0,0046	0,16

#### Mjölkperspektivet, inom gårdens gränser (kg N/ton ECM)

Parameter	Eko	Konv Medel	Konv Hög	p<	LSD
Nytt kväve	17,7 (1,5)	24,6 (1,3)	20,3 (1,2)	0,0084	4,19
N-överskott	12,5 (1,5)	19,3 (1,3)	15,0 (1,2)	0,0092	4,17
NH <sub>3</sub> -N	4,4 (0,3)	3,7 (0,3)	3,8 (0,3)	0,2632	0,96
NO <sub>3</sub> -N	4,4 (0,9)	3,7 (0,7)	2,4 (0,7)	0,2207	2,43
N <sub>2</sub> O-N	0,6 (0,05)	0,6 (0,04)	0,4 (0,04)	0,0549	0,14
Förkl.grad (%)	0,84 (0,07)	0,46 (0,06)	0,49 (0,06)	0,0011	0,19

Nr	Titel och författare	År
182	Betespreferens hos stutar på naturbetesmark med två behandlingar Vegetation preference of cattle grazing seminatural pastures subjected to different grazing regimes Olga Widén	2003
183	Effects of reduction of in-parlour feeding on maintenance behaviour, milking behaviour and milking characteristics in Murrah buffaloes Effekten av reducerad kraftfodermängd utfodrad i samband med mjölkning på beteende och mjölkning hos Murrah bufflar Josefina Nordström	2003
184	Locomotive and feeding behaviour of pastured broilers Magdalena Presto	2003
185	Förtorkningsteknikens och förtorkningsgradens effekt på näringmässig och hygienisk kvalitet i ensilage The Effects of Wilting Technology and Degree of Wilting on Nutritional and Hygienic Quality of Silage Lisa Mejerland	2003
186	Effekter av avmaskning på immunitetsutvecklingen mot lungmask hos kalvar Effects of anthelmintic treatment on the development of immunity against lungworm in calves Lotta Bertilsson	2003
187	Mjölkanalyser – en jämförelse mellan ett enkelt IR-instrument för gårdsbruk och befintliga IR-metoder Milk analysis – a comparison between a simple IR-instrument for use on farm level and available IR-methods Mia Sjögren	2003
188	Grisningsboxens inverkan på produktionsresultatet inom smågrisproduktion Effects of farrowing pen design on production results Emma Sonesson	2003
189	Fullfoder och blandfoder till mjölkkor Vad som är viktigt för att lyckas enligt rådgivare och lantbrukare Total Mixed Ration to Dairy Cattle Things that are important to succeed, according to advisors and farmers Kajsa Isacson	2003
190	The behaviour of foals before and after weaning in group Föls beteende före och efter avvänjning i grupp Sara Muhonen och Maria Lönn	2003
191	Vibration on tied cows during transport under different stocking densities and standing orientations Eva Hjerpe	2003

I denna serie publiceras examensarbeten (motsvarande 10 eller 20 poäng i agronomexamen) samt större enskilda arbeten (10-20 poäng) vid Institutionen

för husdjurens utfodring och vård, Sveriges Lantbruksuniversitet. En förteckning över senast utgivna arbeten i denna serie återfinns sist i häftet. Dessa samt tidigare arbeten kan i mån av tillgång erhållas från institutionen.

---

**DISTRIBUTION:**  
**Sveriges Lantbruksuniversitet**  
**Institutionen för husdjurens utfodring och vård**  
**Box 7024**  
**750 07 UPPSALA**  
**Tel. 018-67 28 59**

---