

# **UTSLÄPP AV VÄXTHUSGASER I MJÖLKPRODUKTIONEN**

**UNDERLAG TILL KLIMATCERTIFIERING**



## INNEHÅLL

1	Inledning .....	1
2	Metanbildning hos idisslare .....	3
2.1	Mätning av metanutsläpp .....	3
2.2	Möjligheter att minska metanutsläppen .....	6
2.2.1	Ökad mjölkavkastning .....	6
2.2.2	Friska och fruktsamma djur - djurvälstånd .....	8
2.3	Förslag till åtgärder .....	10
3	Stallgödselhantering .....	11
3.1	Beräkning av metanutsläpp och lustgasutsläpp .....	12
3.2	Möjligheter att minska växthusgasutsläppen .....	14
3.2.1	Förbättrat kväveutnyttjande .....	14
3.2.2	Biogasproduktion av stallgödsel .....	15
3.3	Förslag åtgärder och kriterier .....	17
4	Energianvändning .....	18
4.1	Värdera energi .....	19
4.2	Mjölföretagets energianvändning .....	20
4.2.1	Inomgårds .....	21
4.2.2	I fält .....	23
4.3	Förslag åtgärder .....	25
4.3.1	Kriterier vid investering .....	26
4.3.2	Energikartläggning .....	26
5	Utfodring .....	27
5.1	Effektivisering .....	27
5.2	Byta mot fodermedel med lägre utsläpp .....	29
5.3	Ökad andel lokalodlat foder .....	30
5.4	Förslag till åtgärder .....	30
6	Förslag till kriterier för mjölkproduktion .....	30
	Metanbildning hos idisslare .....	30
	Utfodring .....	31
	Stallgödselhantering .....	31
	Energi på mjölkgården .....	32
7	Referenser .....	33
7.1	Personliga meddelanden .....	35



# 1 INLEDNING

Denna rapport är en del i projektet "Klimatmärkning för mat". Detta projekt initierades av KRAV och Svenskt Sigill under 2007, och syftet är att "minska klimatpåverkan genom att skapa ett märkningssystem för mat där konsumenterna kan göra medvetna klimatval och företagen kan stärka sin konkurrenskraft". Projektet drivs av KRAV och IP Sigill kvalitetsystem i samverkan med Milko, Lantmännen, LRF, Scan och Skånemejerier. Även Jordbruksverket medverkar som adjungerad i projektet. ([www.klimatmarkningen.se](http://www.klimatmarkningen.se))

Våren 2008 uppdrog projektet åt SIK – Institutet för Livsmedel och Bioteknik AB att arbeta fram regelförslag för klimatcertifiering av Mjolkproduktion. Ansvarig utförare har varit Christel Cederberg, och projektets beställare har varit Anna Richert på Svenskt Sigill och Zahrah Ekmark, KRAV. I arbetet med att ta fram ett regelunderlag för mjolkproduktion har även Maria Berglund, Hushållningssällskapet Halland medverkat.

Denna rapport om mjolkproduktion skall utgöra en kunskapsgrund för kriterieförslag för klimatcertifierad mjolkproduktion. Utgångspunkten är främst publicerade livscykelanalyser (LCA) av mjolkprodukter, kompletterad med annan relevant forskning och kunskapsunderlag. Svenska LCA-studier visar att växthusgasutsläppen från mjolkproduktionens hela livscykel fram till och med gårdsgrinden motsvarar ca 1 kg CO<sub>2</sub>-ekv<sup>1</sup> per kg mjolk (Cederberg & Flysjö 2004; Cederberg m fl 2007). Då inkluderas utsläpp vid produktion och slutanvändning av alla insatsvaror och från biologiska processer, utom förändringar av kolförråd i biomassa och mark från markanvändning vid foderproduktion. En sammanställning av LCA-studier från 10 OECD-länder visar att de beräknade utsläppen fram till och med gårdsgrinden varierar inom området 0,8 – 1,4 kg CO<sub>2</sub>-ekv/kg mjolk, medan en sammanställning av studier från sex europeiska länder visar på utsläpp inom området 1 – 1,4 kg CO<sub>2</sub>-ekv/kg mjolk (Sevenster & de Jong, 2008). I dessa studier är det små skillnader mellan de totala växthusgasutsläppen per kg konventionell och ekologisk mjolk, men fördelningen mellan växthusgaserna skiljer sig något åt. Ekologisk mjolkproduktion har högre metanutsläpp per kg mjolk per g a lägre avkastning hos korna, men lägre utsläpp av CO<sub>2</sub> och N<sub>2</sub>O per g a lägre energianvändning och ingen användning av mineralgödsel.

Svensk mjolkproduktion förefaller alltså ligga i det lägre spannet vad gäller växthusgasutsläpp per kg mjolk. Jämförelserna skall dock tolkas med försiktighet eftersom metod och antaganden kan skilja sig åt mellan olika studier, till exempel angående hur systemgränserna är satta och hur biprodukten kött har allokerats. Utsläppen i transporter och förädling efter gårdsgrinden beräknas öka utsläppen per kg mjolk med ytterligare 10-20 % (Sevenster & Jong 2008). Hur stora dessa emissioner blir beror på en mängd faktorer; transporter, energianvändning i mejerier samt olika förädlingsgrad av produkten.

---

<sup>1</sup> "Koldioxidkvaliteter" (CO<sub>2</sub>-ekv) används för att kunna jämföra olika klimatgasers växthusverkan. I dessa LCA-studier är omräkningstalen gjorda enligt äldre IPCC-riktlinjer från 1996 (vilka också används i Kyoto-protokollet), dvs 1 kg CH<sub>4</sub> =21 kg CO<sub>2</sub>-ekv och 1 kg N<sub>2</sub>O=310 kg CO<sub>2</sub>-ekv. Senaste IPCC-riktlinjerna anger omräkningstalen 1 kg CH<sub>4</sub> =25 kg CO<sub>2</sub>-ekv och 1 kg N<sub>2</sub>O=298 kg CO<sub>2</sub>-ekv (IPCC, 2007).

Denna rapport behandlar utsläpp i primärproduktionen, d v s fram tills gårdsgrind. Det största bidraget från mjölkproduktionens växthusgasutsläpp utgörs av metanavgången orsakade av kornas och rekryteringsdjurens foderomsättning (40-45 %). Därefter kommer foderproduktionen som beräknas stå för 35–40 % av de totala utsläpp och som behandlas i separat rapport. Resterande utsläpp kommer från hantering av stallgödsel där metanproduktion vid flytgödsel är viktigast samt den direkta energianvändningen i mjölkproduktion. Eftersom elen som används i Sverige kommer från elproduktion med relativt låga CO<sub>2</sub>-utsläpp har elanvändningen i mjölkstallar liten betydelse för de totala växthusgasutsläppen.

I kapitel 2 beskrivs kornas metanbildning i foderomsättning och det diskuteras vilka åtgärder som kan minska dessa utsläpp. Kapitel 3 redogör för utsläpp från stallgödselhantering och i kapitel 4 diskuteras den direkta energianvändningen i mjölkproduktionen och dess utsläpp. Kapitel 5 redogör för utfodringens betydelse, t ex val av olika fodermedel, foderspill m m och detta kapitel hänger samman med ett fristående rapportunderlag som beskriver möjligheter att minska växthusgasutsläppen från foderproduktion. Slutligen, i kapitel 6 lämnas förslag till kriterier för klimatcertifiering av mjölkproduktion.

## 2 METANBILDNING HOS IDISSLARE

Idisslare producerar metan vid fodersmältningen, detta är en naturlig och oundviklig process. Metanet lämnar djuret med utandningsluften, endast en liten del, ca 2 %, bildas i grovtarm. I idisslarnas våm finns det miljontals mikroorganismer (bakterier, protozoer, svampar) som bryter ned det foder som enkeltmagade djur har svårt att utnyttja.

Fodret består till största del av kolhydrater och de utgör ca 75 % av fodrets torrsustansinnehåll. De flesta kolhydrater (t ex stärkelse) kan brytas ner med hjälp av enzymer, medan nedbrytningen av cellulosa kräver närvaro av mikroorganismer. Mikroorganismerna bryter ner fodrets kolhydrater till flyktiga fettsyror, där ättiksyra, propionsyra och smörsyra dominerar. När ättiksyra och smörsyra bildas frigörs vätejoner som är skadliga för korna. De metanbildande bakterierna omvandlar dock vätet till metan och vatten (Berglund m fl 2008).

Avsöndringen av metan innebär energiförluster för djuret, i snitt bedöms 6,5 % av bruttoenergin i foderintaget förloras som metan (IPCC 2006). Förlusten kan variera mycket, mellan 2 – 12 %, där dock de mera extrema värdena har framkommit i försök. En mjölkko som avkastar 9 000 kg mjölk beräknas producera runt 120-130 kg metan per år.

### 2.1 MÄTNING AV METANUTSLÄPP

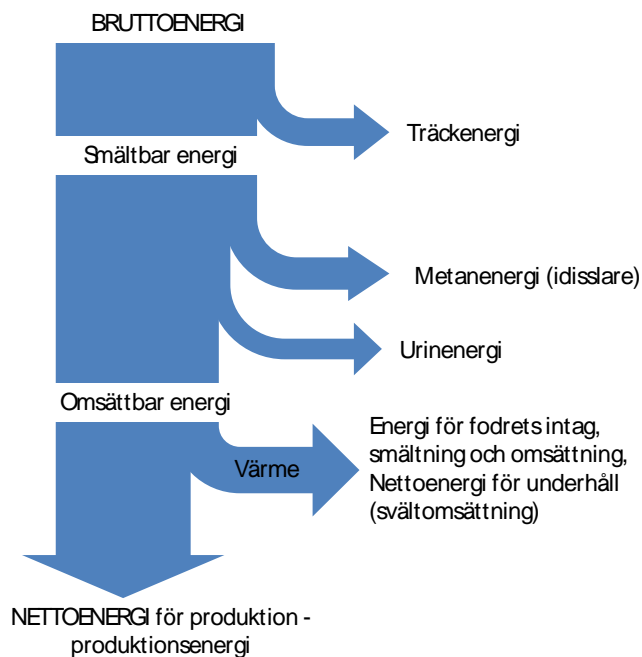
Redan tidigt har forskare varit intresserade av att mäta metanproduktionen hos idisslare eftersom metanbildningen i våmmen innebär en energiförlust för djuret. På enskilda djur har metanproduktionen mätts i respirationskammare, huvudboxar eller med ventilerade huvar/ansiktsmasker. Den mest moderna mättekniken är så kallad "tracerteknik" med användning av gasen SF<sub>6</sub>. En genomsläpplig tub innehållande en kalibrerad mängd SF<sub>6</sub> sätts in i våmmen, utandningsprov tas med visst tidsintervall och kvoten CH<sub>4</sub>/SF<sub>6</sub> beräknas. Det är denna metodik som kommer att användas i de försök som startas hösten 2008 på mjölkkor vid Kungsängen, SLU. Även mätning av metangaser i hela stallar kan göras och slutligen finns det in vitro-metoder med artificiella våmmar. De senaste åren publicerade mätdata från andra länder (t ex Nya Zeeland, Frankrike, Brasilien) bygger på tracertekniken med SF<sub>6</sub> och den kan användas både på uppstallade och lösgående djur. Denna mätmetodik bedöms ge tillfredsällande resultat. Mätningen av gas i djurstallar kräver att mätningen kan göras kontinuerligt och att kalibrering av instrument och gaser är mycket noggrann.

I dagsläget har vi inga aktuella svenska mätvärden av metanproduktion hos idisslare att tillgå utan våra indata uppskattas med olika beräkningsmodeller. Alla modeller bygger på att djurets energiintag kan bestämmas eller uppskattas. När olika modeller jämförs är det viktigt att känna till vilket energibegrepp som avses, och att olika begrepp används i olika länder. I Figur 2.1 illustreras de energibegrepp som används vid värdering av fodrets energiinnehåll. Bruttoenergi är vad som erhålls när ett foder eldas upp och är ganska lika för de flesta foder räknat per kg torrsustans. Klimatpanelens (IPCC) riktlinjer för beräkning av metanutsläpp från idisslare baseras på bruttoenergi (se nedan). I Sverige värderas fodrets energiinnehåll än så länge efter omsättbar energi, medan våra grannländers foderberäkningar baseras på nettoenergi.

---

<sup>2</sup> Svavel-hexafluorid

För att kunna jämföra olika länders modellerade metanutsläpp är det viktigt att det finns en standardiserad metod för beräkningarna av bl a fodrets energiinnehåll och att varje parameter går att härleda. Det kan vara svårt att härleda fodrets kemiska sammansättning och de underliggande ekvationer som används för att beräkna metanproduktionen. De standardanalyser av foder som görs idag täcker inte alltid in de parametrar som krävs i beräkningsmodellerna. På en verklig gård analyseras dessutom inte allt foder och det är omöjligt att på ett säkert sätt mäta vad varje djur verkligen konsumerar totalt.



Figur 2.1: Olika energibegrepp som används vid värdering av foder till idisslare

I klimatpanelens riktlinjer ingår modeller för beräkning av metanemissioner från husdjurens fodersmältning (IPCC, 2006). Beräkningarna utgår från djurens energibehov (anges som bruttoenergi) och hur stor andel av energin som avgår som metan. Energin behövs beräknas utifrån underhålls- respektive produktionsbehov. Här påverkar faktorer som mjölkavkastning, arbete, djurens tillväxt och dräktighet. Man tar även hänsyn till fodrets kvalitet, där låg kvalitet ger låg smältbarhet och därmed högre metanavgång. I den enklaste beräkningsmodellen ges schablonvärden (Tier 1) som är uppdelade efter olika djurkategorier och världsdelar. För västeuropeiska förhållanden beräknas ett schablonvärde för utsläpp om 109 kg CH<sub>4</sub>/mjölkko och år vid avkastningen 6000 kg mjölk/år. Detta är en avkastning som är långt mindre än genomsnittet för kor som ingår i den svenska kokontrollen. I den mer avancerade beräkningsmodellen enligt IPCC:s riktlinjer (Tier 2) ingår parametrar såsom djurens levande vikt, mjölkproduktion/dag, andel av korna som föder en kalv per år och smältbarheten i fodret. Just fodrets smältbarhet är en viktig parameter vid beräkningen av den energi som djuret kan tillgodogöra sig. I riktlinjerna finns det förslag på smältbarhetskoefficienter för olika kategorier av djur. Beräkningarna i klimatpanelens riktlinjer (Tier 2) baseras på nettoenergi som idag är ett vanligt mått i flera länder. I Sverige använder vi än så länge begreppet omsättbar energi, men i det kommande fodervärderingssystemet NORFOR räknar man på

nettoenergi. I IPCC:s riktlinjer anges förlusterna av metan i procent av bruttoenergin, och det är därför nödvändigt att räkna sig tillbaka till bruttoenergi från de energivärden som det finns tillgång till.

Det underlag som används för Naturvårdsverkets beräkningar av metanutsläpp från de svenska nötkreaturen bygger på studier utförda av Erik Lindgren i slutet av 1970-talet där metanemissioner från idisslare modellberäknades utifrån litteraturuppgifter som omfattade 2500 individuella bestämningar av metanförluster. De genomsnittliga metanförlusterna uppgick till 11 % av smältbar energi. Dock varierade resultaten mycket och därmed rekommenderas att denna procentsats inte ska utnyttjas som medeltal för den genomsnittliga metanförlusten från idisslare (Lindgren, 1980). Enligt Lindgrens sammanställning är metanproduktionen främst beroende av den tillförda mängden smältbara kolhydrater, men även av utfodringsnivån. Metanproduktionen, uttryckt som procent av foderintaget, minskar när foderintaget minskar, och ökar när foderintaget ökar. Smältbarheten av kolhydraterna påverkar också metanproduktionen. En lägre smältbarhet på kolhydraterna, som t ex i grovt gräs, ger mer metanproduktion än när fodret har mer smältbara kolhydrater, som t ex biprodukter från sockerindustrin.

I en utvärdering av olika beräkningsmodeller som beställts av Naturvårdsverket föreslås att Sverige ska använda Lindgrens modell i sin rapportering under klimatkonventionen (Bertilsson 2001). Anledningen till detta är bland annat att de svenska utfodringsnormerna kan användas för att sätta in relevanta siffror i Lindgrens modell eftersom man i Sverige utgår från omsättbar energi, medan det skulle krävas att man räknar om fodrets energiinnehåll till nettoenergi för att t ex kunna använda modellerna enligt IPCC:s riktlinjer (Tier 2). Idag används ekvationerna enligt Lindgrens modell, med Bertilssons (2001) antagande angående smältbarhet, grovfoderandel m m, vid Naturvårdsverkets rapportering av nationella växthusgaser (Naturvårdsverket, 2007).

En tysk beräkningsmodell av Kirchgessner m fl (1991) används ofta i metanberäkningar från mjölkkor. Den bygger på kornas vikt och mjölkavkastning och bygger på försök med 67 mjölkande djur.

I Tabell 2.1 jämförs metanproduktionen från mjölkors fodermältning beräknade med dessa olika modeller. Som framgår skiljer sig utsläppen något; beräkningar enligt Lindgrens modell tyder på att det inte är något linjärt samband mellan mjölkavkastning och metanavgång, medan IPCC:s modell visar på ett klart linjärt samband. Beräknade utsläpp enligt Kirchgessner m fl ligger något lägre än övriga modeller. I de LCA-studier av totalt 46 mjölkgårdar som beräknats med indata från 2003 och 2006 (Cederberg & Flysjö 2004; Cederberg mfl 2007) användes Kirchgessners modell, men uppjustering gjordes för en viss överutfodring och därmed är emissionsfaktorerna i dessa studier relativt lika de som används i Naturvårdsverkets klimatrapporering (d v s Lindgren uppdaterad av Bertilsson 2001).

Tabell 2.1: Emissionsfaktorer för metanproduktion hos mjölkkor (vikt 600 kg) med några olika beräkningsmodeller

Mjölkavkastning (kg ECM)	Metanproduktion (kg CH <sub>4</sub> /ko och år)			
	Lindgren <sup>1</sup>	IPCC Tier 2 <sup>2</sup>	Kirchgessner <sup>3</sup>	Kirchgessner använd i LCA-studier <sup>4</sup>
6 000	123	109	100	
9 000	135	138	114	125
10 000	136	148	118	130
11 000	137	158	123	135

- 
- 1) Beräkningarna är gjorda enligt (Lindgren, 1980; Bertilsson, 2001). Överutfodringen antas vara 10 %.
  - 2) Beräkningarna baseras helt på klimatpanelens riktlinjer, Tier 2 (IPCC 2006)
  - 3) Beräkningarna enligt Kirschgessner m fl (1991)
  - 4) Beräkningar enligt (Kirschgessner m fl, 1991) men uppräknat för överutfodring 10 %, dessa värden använda i LCA-studier av mjölkproduktion i Sverige (Cederberg & Flysjö, 2004; Cederberg m fl, 2007)

När metanproduktionen beräknas enligt Lindgrens modell blir det endast en marginell skillnad i metanavgång vid högre andel grovfoder i foderstaten. Om grovfoderandelen i foderstaten ökar från 50 till 70 % beräknas det endast ge 1-2 kg CH<sub>4</sub> mer per år och mjölkko. Detta bygger på att grovfodret har en god kvalitet, d v s hög smältbarhet.

Som framgår av jämförelsen i Tabell 2.1 föreligger det skillnader mellan beräkningsmodellerna, och framförallt vid höga avkastningsnivåer ger IPCC:s riktlinjer betydligt högre utsläpp. Om dessa beräkningsmodeller är mer korrekta än de svenska och Kirschgessners innebär det att vi har räknat metanutsläppen från mjölkkor något för lågt i tidigare LCA-studier och Naturvårdsverkets klimatrapporering. Detta gäller speciellt när vi kommer upp på högre avkastningsnivåer. Skillnaderna i metanavgång mellan olika beräkningsmodeller visar på behovet av mätningar på mjölkkor med dagens foderstater och avkastningsnivåer, vilket alltså inleds under hösten på Kungsängen, SLU.

## 2.2 MÖJLIGHETER ATT MINSKA METANUTSLÄPPEN

### 2.2.1 ÖKAD MJÖLKAVKASTNING

En åtgärd som ofta diskuteras är att minska metanutsläppen genom att satsa på högavkastande mjölkkor. Tanken här är att det "basutsläpp" av metan som varje mjölkko får genom konsumtionen av underhållsfoder slås ut på flera kg mjölk när kon mjölkar 10 000 kg mjölk/år jämfört med en ko som avkastar 8 000 kg mjölk/år. Utsläppen av metan per kg mjölk blir alltså mindre från den högavkastande kon.

I EU:s EIPRO-studie undersöktes vilka produkter som hade störst betydelse för miljöpåverkan av konsumtionen i EU. Mjölk och nötkött identifierades som produkter med stor miljöpåverkan och därför genomfördes en stor studie av förbättringsåtgärder för dessa produkter (Weidema m fl 2008). I denna studie gjordes en analys av effekterna av en intensifiering av mjölkproduktionen i Europa. I nuläget finns 26 miljoner mjölkkor i EU-27, avkastningen i Danmark och Sverige (högavkastningsländer) är 8500 kg/ko och år medan den genomsnittliga avkastningen för alla kor i EU är 5900 kg mjölk/ko. Om alla kor mjölkade som de danska och svenska skulle antalet kor i EU kunna reduceras till 18 miljoner och metanutsläppen från mjölknäringen minska med 24 %. Men denna avkastningsökning har två viktiga sidoeffekter. För det första krävs mera kraftfoder per kg mjölk för att erhålla den högre avkastningen. För det andra förändras köttproduktionen (som biprodukt) från mjölksektorn vid ökad avkastning per ko, den beräknades minska med 30 % p g a av det lägre antalet kor. Dessa två effekter leder till ökade emissioner från foderproduktion och ökade emissioner från det ökade antal dikor som krävs i jordbruket för att hålla köttproduktionen intakt (givet en konstant köttkonsumtion). Vidare diskuterade man i analysen de negativa effekter som en högre avkastning innebär för djurhälsa och risk för ökad medicinering (t ex mera juverinflammationer). Slutsatsen av denna grundliga analys var att de negativa effekterna av en intensifierad mjölkproduktion generellt kan sägas väga tyngre än de positiva effekterna. Weidema m fl (2008) menar att en ökad intensifiering av europeisk mjölkproduktion inte är önskvärd ur miljösynpunkt.

I de LCA-studier som gjorts med data från konventionella och ekologiska mjölkgårdar i Västsverige och Norrland (Cederberg & Flysjö 2004; Cederberg m fl 2007) så användes ekonomisk allokering för att fördela miljöpåverkan mellan mjölk och biprodukten kött (överskottskalvar och kött från utslagskor). Samma allokering användes för konventionella och ekologiska, vilket innebär att 90 % av miljöbelastningen lades på mjölk och 10 % på biprodukterna "överskottskalvar" och "kött från utslagskor". De ekologiska mjölkarna hade en lägre leverans mjölk/ko (orsakat av lägre bruttoavkastning och att kons helmjolk i större omfattning används som foder till kalvarna på ekologiska gårdar) men mjölkpriset var högre så proportionerna mellan mjölk och kött var lika för de två produktionssystemen. Med denna ganska "fyrkantiga" metod att behandla den viktiga biprodukten kött (baserat på relationen mjölkpris/köttpris) erhålls ett metanutsläpp per kg mjölk som är högre för ekologisk än för konventionell mjölk. Från detta kan dras slutsatsen att den lägre levererade mängden mjölk per ko i ekologisk mjölkproduktion är sämre ur klimatsynpunkt.

Men om de två system analyseras på samma sätt som i studien av Weidema m fl (2008) så framkommer att mängden biprodukt i form av kött är mindre i det mera högavkastande konventionella systemet. Konventionell mjölkproduktion kräver alltså mer köttproduktion i självrekryterande system med dikor för att upprätthålla en viss köttproduktion som krävs vid en given konsumtion av kött. Detta belyses med ett exempel i Tabell 2.2.

Tabell 2.2: Biprodukter i form av överskottskalvar och kött från utslagskor i två produktionssystem med olika avkastningsnivå (i detta fall konventionellt och ekologiskt)

	Konv	Eko	Kommentar
Levererad mjölk kg/ko och år	9000	7800	15 % mer i konventionell
Ko/ton mjölk och år	0,11	0,13	
Överskottskalv till köttproduktion, kalv/ton mjölk*år	0,069	0,084	1 kalv/ko, 37 % rekrytering, 63 % till köttproduktion
Kött från utslagsko, kg slaktvikt/ton mjölk*år	11,8	13,9	37 % utslagskor/år, 290 kg slaktvikt/ko

En konventionell ko bedöms att leverera runt 15 % mera mjölk per år än en ekologisk, underlag för detta antagande är de data som samlades in på mjölkgårdar i SV Sverige och i Norrland (Cederberg & Flysjö 2004; Cederberg m fl 2007). Detta innebär att det krävs 0,11 ko respektive 0,13 ko/ton mjölk som levereras till mejerierna från konventionell respektive ekologisk produktion. Om vi antar att det i varje system föds en levande kalv per ko och år och att rekryteringen är 37 % innebär det att 63 % av kalvarna är så kallade överskottskalvar som är tillgängliga för köttproduktion. Tack vare mjölkproduktionens kalvproduktion slipper vi att hålla ett visst antal dikor som föder kalvar för köttproduktion (givet att köttkonsumtionen är konstant). För den konventionella produktionen slipper vi 0,069 diko/ ton mjölk och år och för den ekologiska 0,084 diko/ton mjölk och år. Vidare blir det kött från utslagskorna. Vi räknar att 37 % av mjölkarna slaktas ut årligen, lika för båda systemen. Slaktvikten bedöms till 290 kg/ko. Detta innebär att per ton konventionell mjölk produceras också 11,8 kg slaktvikt och år ( $0,11 \cdot 0,37 \cdot 290 = 11,8$ ) och för varje ton ekologisk mjölk produceras 13,9 kg slaktvikt och år ( $0,13 \cdot 0,37 \cdot 290 = 13,9$ ).

Det finns idag inte någon systemanalys som beaktar hela det mjölkproducerande systemet i Sverige och undersöker dess interaktion med nötköttsproduktionen. Mjölkoantalet har minskat med 30 % i Sverige sedan 1990 men med relativt bibehållen totalproduktion tack vare ökad avkastning per ko. Samtidigt har antalet dikor ökat kraftigt för att kompensera bortfallet av kött från mjölk, totala effekten vad gäller klimateffekt av denna förändring är

inte utredd. Att föreslå en fortsatt intensifiering av mjölkavkastningen per ko med argumentet minskad klimatpåverkan är mycket tveksam sett i ljuset av ovanstående exempel av konventionell och ekologisk mjölkproduktion, där den ekologiska mjölks produktion av mera kött per ton mjölk innebär att emissioner undviks i självrekryterande köttproduktion givet att konsumtionen av kött är konstant. Förbättringsanalyserna av den europeiska mjölk- och nötköttsproduktion visar också mycket entydigt att en ökad intensifiering av europeisk mjölkproduktion inte är önskvärd så länge konsumtionen av nötkött är oförändrad (Weidema m fl 2008).

Inga kriterier föreslås som styr mot ökad avkastning per mjölkko med syfte att minska metanutsläppen per kg mjölk eftersom nettoeffekten (så länge nötköttskonsumtionen inte minskar väsentligt) av denna åtgärd är liten eller möjligen t o m negativ.

### 2.2.2 FRISKA OCH FRUKTSAMMA DJUR - DJURVÄLFÄRD

Att mjölkorna är friska och fruktsamma så att de kan producera mjölk under lång tid samt en kalv per år är viktigt för det totala mjölksystemets effektivitet. En mjölkko som är sjuk producerar dels mindre än en frisk ko, och om hon medicineras får mjölken inte levereras till mejeriet, d v s det blir mindre producerad mängd mjölk att slå ut växthusgasutsläppen på. Att mjölkkon har lätt för att bli dräktig är naturligtvis mycket viktigt för den årliga mjölkproduktionen men också för produktion av kalvar, dels i form av rekryteringsdjur, dels i form av "överskottskalvar" som är viktiga för köttproduktionen i landet. Några viktiga indikatorer för friska och "effektiva" djur listas och diskuteras i Tabell 2.3

Tabell 2.3 Indikatorer för effektivt mjölk (och kött) produktion liksom djurvälstånd

Indikator	Betydelse för en klimateffektiv mjölkproduktion
Rekryteringsandel	Enligt kokontrollen så ligger rekryteringsandelen i svensk mjölkproduktion i dag mellan 36 – 38 % och en stor del av besättningar finns inom intervallet 35 – 45 % (Larsson, pers medd 2008). Det innebär att nästan 40 % av mjölkorna ersätts av kvigor årligen (utslagskor). Man kan argumentera att en hög omsättning i mjölkbesättningar inte har så stor betydelse ur klimatsynpunkt eftersom det ändå blir en nyttig produkt (kött) av dessa utslagskor. Men uppfödningen av mjölkkvigan kräver sannolikt mera resurser än kött djur i form av intensivare utfodring och sannolikt mindre betesdrift av naturbeten, och därmed större nettoutsläpp av växthusgaser. I dag är det i genomsnitt 2,4 laktationer per mjölkko, och om denna livstidsproduktion kan öka (d v s rekryteringsandelen minska), så kan utsläppen från uppfödningen av kvigan (fram till första kalvning) slås ut per flera kg mjölk.
Dödlighet, kor	Alla utslagskor kommer dock inte till slakt (och blir en nyttig output produkt i form av kött) utan dör eller avlivs på gårdarna och får tas om hand i kadaverhantering. För Holsteinkorna är det drygt 6 % av totala koantalet och för SRB 4 % (Lidfeldt 2006). Hög andel självdöda/avlivade kor är negativt ur såväl ekonomisk som miljömässig synpunkt eftersom ingen köttprodukt levereras från mjölksystemet och man får dessutom kostnader (och utsläpp) från kadaverhantering.
Dödlighet, kalvar	<p>Mjölkproduktionens kalvar är viktiga eftersom de dels skall ersätta utslagna mjölkkor och dels är de en viktig "råvara" för köttproduktionen. En frisk tjurkalv från mjölkproduktion är en betydande resurs eftersom man har sluppit att hålla en diko ett år för att föda fram en kalv – detta innebär en stor besparing av framförallt metanutsläpp och men även foderproduktion när man ser till hela mjölk-köttsystemet. Därför är en hög kalv- och ungdjursdödlighet i mjölksystemet negativt ur klimatsynpunkt.</p> <p>En ökad användning av könsorterad sperma så att man kan planera mjölkproduktionens kalvproduktion efter behovet av kvigkalvar för rekrytering och tjurkalvar för köttproduktion är en intressant utvecklingsmöjlighet för en mera resurseffektiv och klimatvänlig mjölk- och köttproduktion i interaktion.</p>
Friska djur – lite medicinering	Självklart är det viktigt att korna är friska så att de producerar efter sin kapacitet och att medicinering kan hållas nere. Medicinering leder ofta till karenstider för mjölkleverans och därmed spill i produktion, d v s all den producerade mjölkråvaran på gården kan inte levereras vidare som produkt till mejeriet. Vidare finns det också studier som visar att sjuka djur bidrar till större foderförbrukning i en besättning – korna måste äta mer när de inte är friska. Det viktiga nyckeltalet fodereffektivitet påverkas således på mer än ett sätt när djuren inte är friska och i synnerhet om mycket medicinering måste sättas in.

Svensk Mjök utvecklar nu ett rådgivningssystem för djurvälstånd med syftet att använda välfärdsindikatorer från kodatabasen som beskriver djurens välfärd på den enskilda gården,

samt också att beskriva djurvälståndens betydelse för gårdens ekonomi. Analyser från detta projekt visar att besättningar med god djurvälstånd har låga dödlighetsnivåer för kalvar, ungdjur och kor i kombination med god fruktsamhet och i regel också låg frekvens veterinärbehandlingar. Å andra sidan har besättningar med hög dödlighet eller dålig fruktsamhet en hög risk för sämre djurvälstånd. Resultaten tyder på att man med en kombination av sammanlagt ca 10 nyckeltal från seminbokföring, djursjukdata och CDB kan riskklassa djurvälstånden i besättningen med 90 % säkerhet (Hallén Sandgren m fl, 2008).

### 2.3 FÖRSLAG TILL ÅTGÄRDER

Vår bedömning är att den viktigaste åtgärden för att minska metanutsläppen från det totala mjölksystemet, även beaktat interaktionen med köttproduktionen, är ett ökat arbete på gårdsnivå för minskad dödlighet (mjölkkor, kvigor och kalvar), ökad fruktsamhet (ej för långa kalvningsintervall, sänkt inkalvningsåldern kvigor) samt minskad medicinering (friskare djur). I Svensk Mjölks projekt om djurvälstånd utvecklas nu ett webb-verktyg som kan användas direkt ute på mjölkgårdarna och där besättningar med dåliga värden på viktiga välfärdsnyckeltal, som tex hög dödlighet kor och kalvar, larmas och rådgivning kan sättas in. Detta system för djurvälstånd med uppföljande rådgivning vid behov bedöms vara i drift hösten 2009 och kan därför användas i ett klimatcertifieringssystem för mjölkgårdar från 2010.

### 3 STALLGÖDSELHANTERING

Detta kapitel rör utsläppen av metan och lustgas som sker vid stallgödselhanteringen, från det att gödseln lämnar djuret till dess den sprids. Jämfört med grisproduktion utgör växthusgasutsläppen från stallgödselhanteringen från nötkreatur en något lägre andel av de totala utsläppen. Det beror bl a på att metan från idisslarnas fodermältning får mycket stort genomslag och att metanproduktionen från nötgödsel är relativt låg.

**Metan** bildas när mikroorganismer bryter ner organiskt material under syrefria förhållanden. I gödselhanteringssystemet sker den allra mesta metanproduktionen i gödsellagret. I tex klimatpanelens riktlinjer beräknas bara metanproduktion från gödsellagringen (IPCC, 2006). När gödseln hanteras som flytgödsel sker den mesta nedbrytningen i syrefri miljö, och metanproduktionen kan då vara betydande. Om det finns ett svämtäcke, vilket det oftast gör på nötflytgödsel, kommer en del av metanet att brytas ner (oxideras) när gasen passerar genom svämtäcket eftersom det där finns både syrefria och syrerika zoner. De totala metanutsläppen kommer därför att vara lägre om flytgödsellager har svämtäcke än om det saknar svämtäcke. Enligt klimatpanelens riktlinjer bedöms svämtäcket kunna reducera metanproduktionen i ett flytgödsellager med ca 40 % (IPCC, 2006). För gödsel som lagras som fastgödsel eller släpps på bete är syretillgången större, och metanproduktionen blir därmed lägre. Om syretillgången är dålig vid fastgödsellagring (tex vid låg ts-halt och därmed potentiellt sämre struktur och luftgenomsläpplighet) kan metanproduktionen bli högre. Metanproduktionen från djupströbäddar kan vara i samma storleksordning som från flytgödsel, avgången påverkas av lagringstiden (IPCC, 2006).

Mängden bildad metan påverkas även av temperatur, lagringstid och gödselns sammansättning. Vid låg temperatur avtar mikroorganismernas aktivitet och därmed även metanproduktionen. Nötgödseln ger generellt mindre metan per kg VS (Volatile Solides, dvs organiskt material) än grisdödsel eftersom fodret redan brutits ner av mikroorganismer i vommen och andelen lättomsättbart organiskt material är lägre i nöt- än i svingödsel. På en mjölkgård kommer den mesta metanproduktionen från idisslarnas fodermältning, medan stallgödselhanteringen utgör den stora metankällan vid grisproduktion.

**Lustgas** kan bildas dels direkt via nitrifikation och denitrifikation av kvävet som finns i stallgödseln, dels indirekt via förluster av reaktivt kväve (ammoniak, kväveoxider) som omvandlas till lustgas i andra delar av ekosystemet. Den direkta lustgasavgången är, precis som vid avgången i mark (se underlaget om foder), beroende av tillgången på kväve, vattenhalt och temperatur och dessutom av kolinnehållet, lagringstiden och hur gödseln hanteras. För att lustgas ska bildas i gödseln måste först ammoniak oxideras till nitrat (nitrifikation), vilket kräver tillgång till syre. Denitrifikation, dvs när nitrat och nitrit omvandlas till luftkväve och lustgas, sker endast under syrefria förhållanden. Andelen lustgas ökar vid lägre pH, hög nitrathalt och mindre tillgång till fukt (IPCC, 2006). I en miljö där det finns omväxlande syrefria och syrerika zoner kan både nitrifikation och denitrifikation ske, vilket gynnar lustgasavgången. Sådana miljöer förekommer bl a i svämtäcket och i fastgödsel. Sammantaget innebär detta att lustgasavgången bedöms vara större från fastgödsel och flytgödsel med svämtäcke än flytgödsel utan svämtäcke, vilket är det motsatta förhållandet jämfört med metanemissioner från fast- och flytgödselsystem. När det gäller djupströbäddar tycks lustgasavgången kunna vara betydande, vilket kan bero på att lustgasproduktionen stimuleras av tramp och omblandning av gödsel och strömedel (IPCC, 2006)

När det gäller de indirekta lustgasemissionerna finns det flera faktorer som påverkar ammoniakförlusterna i stall, lager och fält. Ammoniakförlusterna är generellt större i lager än i stall. För att minska ammoniakförlusterna är det viktigt att hålla nere luftomsättningen över gödselytan, t ex genom täckning eller liten kontaktyta med luften. Ammoniakavgången blir även lägre vid låg temperatur och lågt pH. Vid ett lägre pH-värdet förskjuts jämvikten mellan ammonium och ammoniak så att andel ammoniumkväve ökar. Kol/kväveknoten påverkar ammoniakavgången då mikroorganismerna kan binda mer kväve i organiska föreningar vid god tillgång på (relativt lättomsättbart) kol. Strömedlens effekt på ammoniakavgången i stall beror bl a på mängden strömedel och på deras uppsugande förmåga. Torv, som har god uppsugningsförmåga, kan dessutom minska ammoniakförlusterna eftersom den sänker pH-värdet. Ammoniakförlusterna i stall anges i litteraturen variera mellan ca 5-20 % av gödselns kväveinnehåll, där djupströ generellt ger höga förluster och stall med uppbundna kor ger lägre förluster (liten gödselyta mot luften). Lagringsförlusterna anges vara lägst för flytgödsel (några %), högre för fastgödsel (ca 20 %) och högst för djupströgödsel och urin (30-40 %), men det finns många faktorer som t ex täckning, temperatur och luftväxlingar som påverkar förlusterna. Spridningsförlusterna varierar mycket där snabb nedbrukning eller spridning i växande gröda är två åtgärder för att hålla nere förlusterna. (Greppa Näringen, 2008)

I fältförsök där man mätt metan-, lustgas- och ammoniakavgången vid spridning av flytgödsel med olika spridningstekniker har man sett att metanförlusterna över ett längre tidsintervall var försumbara eller till och med negativa, vilket innebär att marken fungerat som sänka för metan. Lustgasavgången var signifikant högre från leden där gödseln myllades istället för bandspreds (Rodhe & Pell, 2005).

### 3.1 BERÄKNING AV METANUTSLÄPP OCH LUSTGASUTSLÄPP

Ett vanligt sätt att beräkna metan- och lustgasemissionerna från stallgödsellagring är att följa klimatpanelens riktlinjer (IPCC, 2006). Där beräknas (enligt Tier 2) **metanutsläppen** från lagring utifrån gödselns innehåll av organiskt material, den maximala metanproduktionspotentialen ( $B_0$ , se Tabell 3.1) och en metanomvandlingsfaktor (MCF) som anger hur stor andel av denna potential som uppnås (se

Tabell 3.2).

Värdena i tabellen motsvarar de värden i klimatpanelens riktlinjer som anses vara relevanta för svensk mjölkproduktion. Observera dock att metanomvandlingsfaktorn (MCF) är temperaturberoende och att värdena i Tabell 3.2 gäller vid en medeltemperatur på upp till 10 °C, vilket är det lägsta temperaturintervallet i riktlinjerna. Medeltemperaturen i svenska gödsellager kan vara lägre, vilket även påverkar metanproduktionen.

Om man har flytgödsel (med svämtäcke) från mjölkkor skulle den beräknade metanproduktionen från gödsellagret bli  $0,24 \cdot 0,1 = 0,024 \text{ m}^3$  metan per kg organiskt material. Om stallgödseln innehåller 7 % TS och VS är 87 % av TS skulle metanproduktionen vid lagringen bli  $0,024 \cdot 0,07 \cdot 0,87 \cdot 1000 = 1,5 \text{ m}^3$  metan per  $\text{m}^3$  flytgödsel eller **1,0 kg metan per  $\text{m}^3$  flytgödsel** ( $1 \text{ m}^3 \text{ CH}_4 = 0,67 \text{ kg CH}_4$ ) eller **25 kg CO<sub>2</sub>-ekv per  $\text{m}^3$  flytgödsel**.

Tabell 3.1: Maximal metanproduktionspotential,  $B_0$ , för gödsel från olika djurslag (IPCC, 2006)

Djurslag	$B_0$ ( $\text{m}^3 \text{ CH}_4/\text{kg VS}$ ) <sup>a</sup>
Mjölkkor	0,24
Övriga nötkreatur	0,18

<sup>a</sup> Avser standardvärden för Västeuropa. VS = Volatile solids, d v s organiskt material

Tabell 3.2: Metanomvandlingsfaktor, MCF, för olika lagringstekniker av stallgödsel vid medeltemperatur  $\leq 10$  °C (IPCC, 2006)<sup>a</sup>

Lagringsteknik	MCF (% av B <sub>0</sub> )	Kommentar
Bete, rastfälla	1	Gödsel som får ligga kvar orörd på marken
Fastgödsel	2	
Flytgödsel, utan svämtäcke	17	
Flytgödsel, med svämtäcke	10	Svämtäcket antas reducera emissionerna med ca 40 %
Djupströ	3	Avser lagringstid kortare än en månad
Djupströ	17	Avser lagringstid längre än en månad

<sup>a</sup> MCF anges som procent av metanproduktionspotentialen B<sub>0</sub> (se Tabell 3.1).

Enligt klimatpanelens riktlinjer (Tier 2) beräknas de **direkta lustgasemissionerna** utifrån mängden totalkväve i gödseln, utan hänsyn tagen till ammoniakförluster i stall och lager, samt en emissionsfaktor (se Tabell 3.3) för hur stor andel av kvävet som avgår som lustgas. Emissionsfaktorn varierar mellan olika gödselslag och hanteringssystem.

Om kväveinnehållet i nötflytgödseln är 4 kg N-tot/m<sup>3</sup> (exklusive ammoniakförluster i stall och lager) skulle de direkta lustgasemissionerna från flytgödsellager med svämtäcke bli  $4 \cdot 0,005 = 0,02$  kg N<sub>2</sub>O-N/m<sup>3</sup> gödsel. Det motsvarar **0,031 kg N<sub>2</sub>O/m<sup>3</sup> gödsel** (1 kg N<sub>2</sub>O-N = 1,57 kg N<sub>2</sub>O) **eller 9 kg CO<sub>2</sub>-ekv/m<sup>3</sup> gödsel**.

Tabell 3.3: Emissionsfaktor för direkta lustgasemissioner, EF<sub>3</sub>, för olika lagringstekniker av stallgödsel (IPCC, 2006)

Lagringsteknik	EF <sub>3</sub> (kg N <sub>2</sub> O-N/kg utsöndrat N)	Kommentar
Fastgödsel	0,005	>20 % ts
Flytgödsel, utan svämtäcke	0	Emissionerna antas vara försumbara p g a avsaknaden av oxiderade kväveformer och obefintlig nitrifikation och denitrifikation
Flytgödsel, med svämtäcke	0,005	
Djupströ, utan omblandning	0,01	
Djupströ, med omblandning	0,07	
Fågelgödsel	0,001	

De **indirekta lustgasemissionerna** beräknas enligt klimatpanelens riktlinjer utifrån de totala kväveförlusterna samt en emissionsfaktor som anger hur stor andel av det förlorade kvävet som omvandlas till lustgas. För ammoniak anges denna emissionsfaktor till 1 %. Om ammoniakförlusterna i stall, lagring och spridning sammanlagt är 30 % av totalkväve skulle de indirekta lustgasemissionerna till följd av ammoniakavgången i exemplet ovan vara  $4 \cdot 0,3 \cdot 0,01 = 0,012$  kg N<sub>2</sub>O-N/m<sup>3</sup> gödsel. Det skulle motsvara **0,019 kg N<sub>2</sub>O/m<sup>3</sup> gödsel** (1 kg N<sub>2</sub>O-N = 1,57 kg N<sub>2</sub>O) **eller 5,6 kg CO<sub>2</sub>-ekv/m<sup>3</sup> gödsel**.

Totalt beräknas växthusgasutsläppen från detta system med flytgödsel och svämtäcke bli 40 kg CO<sub>2</sub>-ekv per kubikmeter. Utan svämtäcke beräknas metanutsläppen bli högre (se Tabell 3.2), medan de direkta lustgasemissionerna bli lägre. För att kunna bedöma vad de totala effekterna på växthusgasutsläppen blir behöver hänsyn även tas de indirekta lustgasemissionerna och hur kvävet i stallgödseln utnyttjas. Om lagringen sker utan täckning och ammoniakförlusterna därmed ökar beräknas även de indirekta lustgasemissionerna från omsättningen av ammoniak i andra delar av ekosystemet att öka. Ammoniakförlusterna innebär även att mindre mängd kväve finns kvar till växtodlingen. Om detta kompenseras genom ökad användning av mineralgödselkväve medför det högre växthusgasutsläpp dels för att mer kväve totalt sett kommer att snurra runt i systemet och dels för att mer mineralgödselkväve måste produceras och denna produktion är förknippad med höga växthusgasutsläpp. Ett system med fastgödsel beräknas ge lägre metanförluster, förutsatt att lagringen sker med god tillgång på syre. Risken för ammoniakförluster är dock större, speciellt

från urinen om brunnen inte är täckt, vilket riskerar att leda till högre indirekta lustgasemissioner och sämre kväveutnyttjande som kompenseras med mer mineralgödsel. Lagringen av fastgödsel ger direkta lustgasemissioner.

System med djupströgödsel tycks kunna ge både höga metan- och lustgasemissioner (se tabeller ovan) och är därför mindre lämpligt ur klimatsynpunkt. Detta stallgödselsystem används dock sällan inom mjölkproduktion, med undantag för uppfödning av ungdjur.

Diskussionen ovan bygger på klimatpanelens modellberäkningar som är anpassade för internationella förhållanden. På JTI genomför man nu mätningar av växthusgasutsläpp från stallgödselhantering under svenska förhållanden (JTI, 2008). Resultaten från dessa försök kommer att ge oss bättre kunskap om växthusgasutsläpp från de gödselsystem och förutsättningar som råder i Sverige.

## 3.2 MÖJLIGHETER ATT MINSKA VÄXTHUSGASUTSLÄPPEN

Det finns många möjligheter att minska växthusgasutsläppen från stallgödselhanteringen. En grundförutsättning är att hushålla med kvävet, vilket omfattar åtgärder för att minska kväveförlusterna och överutfodringen av protein. Det handlar även om att minska förlusterna av metan och reaktiva kväveföreningar, t ex genom lämplig teknisk utformning och uppsamling av växthusgaserna.

### 3.2.1 FÖRBÄTTRAT KVÄVEUTNYTTJANDE

Genom att optimera **utfodringen** med proteinfoder kan kväveinnehållet i gödseln minskas. Det innebär även att risken för lustgas- och ammoniakemissionerna kan minska. Tidigare studier visar att det genom ändrad utfodring av svenska mjölkkor går att minska kvävemängden i gödseln med 10 % utan att det påverkar avkastningen eller hälsan negativt (Greppa, 2008). Detta kan göras genom minskad råproteinhalt i fodret och differentiering av fodret under laktationen. Odlingen av proteinfoder ger även relativt höga växthusgasutsläpp (Flysjö m fl, 2008), och minskad överutfodring med proteinfoder ger därmed dubbel nytta.

**Täckningen** av stallgödsellagret påverkar växthusgasavgången. Nötflytgödseln bildar generellt bra svämtäcke, vilket kan reducera metanavgången men öka lustgasavgången. Rötad gödsel bildar sämre svämtäcke än orötad gödsel. Om man vill skapa bättre täckning av den rötade gödseln genom att tillsätta halm i lagret finns dock risk för att växthusgasutsläppen ökar. Man får då ett skikt med både syrefria och syrerika zoner som kan stimulera lustgasbildningen och tillförsel av en relativt lättillgänglig kolkälla kan stimulera metanproduktionen. Gastätt tak eller duk över efterrötkammaren eller rötrestlagret och insamling av gasen minskar emissionerna från lagret. I praktiken kan det dock vara svårt att få till ett helt gastätt system.

Genom att tillsätta **syra** i flytgödseln och därmed sänka pH kan ammoniakförlusterna minskas avsevärt, men risken för kväveläckage kan öka något (Weidema m fl, 2008). Vid ett lägre pH-värde förskjuts jämvikten mellan ammonium och ammoniak (den form som kan avgå som gas) så att andel ammoniumkväve ökar. Nettoeffekten på växthusgasutsläppen påverkas dock av hur man värderar effekten av det sparade kvävet i stallgödseln och hur mycket mineralgödsel som man antar att den syrabehandlade gödseln kan ersätta. Vid ett lågt pH avgår dock en större andel av kvävet som lustgas vid både nitrifikation och denitrifikation, och de direkta lustgasemissionerna från stallgödsellagret blir därmed högre (Sommer m fl, 2001; IPCC, 2006). Försök med att syrabehandla nötflytgödsel visar även på kraftigt minskade metanemissioner från stallgödsellagret (Faculty of Agricultural Sciences, 2008). De

metanproducerande mikroorganismerna är känsliga för pH-värde och deras aktivitet avtar kraftigt vid låga pH-värden.

### 3.2.2 BIOGASPRODUKTION AV STALLGÖDSEL

Biogasproduktion<sup>3</sup> från stallgödsel har flera potentiella fördelar ur klimatsynpunkt:

- Rötning av gödseln kan avsevärt **reducera metanutsläppen** från gödsellagret dels eftersom biogasen från rötammaren samlas in och dels för att det återstår så lite lättnedbrytbart organiskt material i den rötade gödseln som kan omsättas till metan i efterföljande lager. Försök från Danmark tyder på att metanförlusterna från stallgödselhanteringen kan halveras när gödseln rötas istället för att lagras på traditionellt sätt (Sommer m fl, 2001). Effekterna på metanavgången kommer dock att variera mycket beroende på utformningen och förlusterna i systemet, se diskussion nedan!
- Rötad gödsel är potentiellt ett **bättre gödselmedel** än orötad gödsel. Andelen direkt växttillgängligt kväve ökar när gödseln rötats eftersom organiskt material bryts ner och organiskt bundet kväve därmed frigörs. Om detta kväve utnyttjas väl kan man minska behovet av mineralgödsel. Riskerna är dock större för kväveförluster från lagring av rötad gödsel än orötad gödsel eftersom pH-värdet är högre, mängden ammoniumkväve är högre och den rötade gödseln inte bildar lika bra svämtäcke (se även ovan om täckning). Den rötade gödseln är mer lättflytande och tränger därmed lättare ner i marken vid spridning, men ammoniakförlusterna påverkas även av spridningsteknik och väder. Försök tyder på att lustgasemissionerna från mark är lägre från rötad gödsel, vilket kan förklaras med den innehåller mindre lättillgängligt kol som används av de lustgasproducerande mikroorganismerna (Sommer m fl, 2001).
- Biogasen är en **förnybar energikälla** och kan ersätta fossila bränslen. Rötning är ofta det enda möjligheten att producera energi från stallgödsel. Om mängden stallgödsel från en ko är 2 ton TS per år skulle den kunna ge ca 3,6 MWh biogas per år. Om hänsyn tas till energibehovet för att producera biogasen bedöms nettoutbytet vara drygt 2 MWh per ko och år (avser produktion i en central biogasanläggning, hänsyn tagen till transporter, värme- och elbehov i biogas) (Berglund & Börjesson, 2003).

Tidigare systemanalyser av biogasproduktion har visat att stallgödsel kan vara det bästa substratet ur växthusgassynpunkt, och t.o.m. ge "negativa" utsläpp om biogasen ersätter fossila bränslen och man tar hänsyn till minskade metanförluster från lagringen av stallgödsel (Börjesson & Berglund, 2007). Men detta förutsätter att förlusterna av biogas och reaktivt kväve är små och gasen verkligen ersätter fossila bränslen! Mängden metan som produceras per kubikmeter gödsel är betydligt större vid rötning än vid konventionell lagring av gödsel, och även små procentuella förluster kommer då att få stor betydelse. Om biogasutbytet från nötgödsel är ca 210 liter metan per kg VS skulle det motsvara ca 8,5 kg metan per kubikmeter nötflytgödsel (samma förutsättningar som i exemplet i kapitel 3.1), vilket kan jämföras med ca 1 kg metan vid konventionell lagring. Om mer än 12 % av biogasen läcker ut från biogassystemet skulle metanförlusterna i detta räkneexempel vara lägre från det traditionella stallgödselsystemet än från biogassystemet. Observera att här har hänsyn inte tagits till fördel-

---

<sup>3</sup> Biogasproduktion, eller rötning, innebär att mikroorganismer bryter ner organiskt material från t ex stallgödsel i en syrefri miljö. Biogasen består framförallt av metan, som är en energirik gas, och koldioxid. Gasen samlas upp och används för energiändamål. Den rötade produkten kallas ibland för rötrest. I detta kapitel diskuteras endast biogasproduktion från gårdsbaserade biogasanläggningar och samröttningsanläggningar (även kallade centrala anläggningar). Biogasproduktion från avloppsreningsverk ingår inte.

en med att biogas kan ersätta fossila bränslen. I en tidigare systemanalys av biogas skulle metanförlusterna vid biogasproduktionen från svingödsel kunna vara upp till 30 % av producerad biogas innan ett fossilbränslebaserat energisystem skulle ge lägre växthusgasutsläpp (Börjesson & Berglund, 2007). Det saknas dock god kunskap om hur stora läckagen är vid biogasproduktion, speciellt från gårdsanläggningar. Äldre uppskattningar från centrala biogasanläggningar tyder på att metanavgången från rötrestlagret kan motsvara ca 10 % av den totala biogasproduktionen i anläggningen (ibid.), och det är därför viktigt att även samla upp denna gas. Om man inte har avsättning för all gas är det viktigt att den bränns (facklas) innan den släpps ut i atmosfären eftersom metan är en mycket potent växthusgas.

I Sverige finns det ett femtontal centrala biogasanläggningar där stallgödsel ofta utgör en volymmässigt stor andel av substratet. Stallgödsel är ett bra substrat eftersom det bidrar till en stabil process, men biogasutbytet är lågt per volymenhet. För animalieproducenterna som levererar gödsel till en central biogasanläggning och tar tillbaks rötrest kan det vara en fördel om gödsel från olika djurslag blandas i biogasanläggningen eftersom växtnäringsammansättningen ändras. Gris- och fågelproducenter blir av med fosfor (och eventuellt kväve) och får mer kalium, medan mjölkproducenterna blir av med kalium och får mer fosfor. Samröttningsanläggningar innebär dock kostsamma transporter och potentiell risk smittspridning mellan gårdar. En stor andel av biogasen från dessa anläggningar uppgraderas, d v s renas från koldioxid och andra oönskade gaser samt trycksätts, till fordons-gaskvalitet.

Än så länge har det funnits relativt få gårdsbaserade biogasanläggningar och de anläggningar som byggts har ofta speciella förutsättningar, t ex naturbruksgymnasier, mycket stort djurantal eller behov av att omhänderta avfall från gårdsslakteri eller växtnärings-försörjning i ekologisk produktion. Några förklaringar till den låga utbyggnaden som varit hittills av gårdsbaserad biogasproduktion är bristande lönsamhet och begränsade avsättnings-möjligheter för biogasen. Biogasproduktionen har stora skalfördelar och därför behövs det ofta många djur för att komma ner i rimliga produktionskostnader. När det gäller avsättningen av gasen är behovet av värme, som är det enklaste och billigaste sättet att utnyttja biogasen, ofta betydligt mindre på gården än vad biogasproduktionen möjliggör. Ersättningen för elproduktion har varit låg i Sverige, men med stigande elpriser och möjligheten till elcertifikat har lönsamheten för kraftvärmeproduktion förbättrats. Än så länge finns det ingen kommersiell lösning för produktion av fordonsgas på gårdsnivå, men flera projekt drivs nu för att utveckla denna teknik.

Nu ökar intresset för gårdsbaserad biogasproduktion vilket bl a beror på förslaget om investeringsstöd och ökade energipriser. Ett viktigt motiv till stödet är att biogasproduktion från stallgödsel ger stor klimatnytta. Det pågår, ibland sedan några år, även flera projekt runt om i landet för att bygga flera gårdsanläggningar som kopplas ihop med ett gemensamt gasnät, vilket säkerställer avsättningen av biogasen och möjliggör att den kan uppgraderas och användas som fordonsbränsle. Sådana lösningar är mest realistiska där det finns flera större och biogasintresserade gårdar inom ett begränsat område.

Om man jämför biogasproduktion i samband med gris- respektive mjölkproduktion verkar fördelarna var större för en grigård. Grigödseln ger mer biogas per kg VS än vad nötgödseln ger eftersom mycket av det lättnedbrytbara materialet redan har brutits ner i vommen. Idag är kraftvärme ofta det mest intressanta alternativet vid gårdsbaserad biogasproduktion. Kraftvärmeverket genererar generellt mer värme än vad som behövs för att värma

biogasanläggningen, och det är mer troligt att grisproducenten, speciellt med smågrisar, har behov av överskottsvärmen. Stallgödselhanteringen står för en större andel av grisproduktionens än mjölkproduktionens totala klimatpåverkan (se t ex Berglund m fl, 2008), och insamling av växthusgaser från stallgödsellagret via biogasproduktion ger därmed en större procentuell reduktion på grisgården.

Biogasproduktion har potential att vara ett effektivt medel för att tydligt minska växthusgasutsläppen i flera delar av animalieproduktionens livscykel. Men det finns även risk för att växthusgasutsläppen ökar om det blir stora förluster av metan eller kväve. Vi har dålig kunskap om utsläppen av växthusgaser vid gårdsbaserad biogasproduktion. Bra täckning av rötrestlagret (gärna med duk eller tak så att gasen kan samlas upp) och avsättning av all biogas, om inte annat via fackling, är två viktiga punkter för att minimera förlusterna.

### 3.3 FÖRSLAG ÅTGÄRDER OCH KRITERIER

En grundförutsättning för att uppnå låga växthusgasutsläppen från stallgödselhanteringen är att hushålla med kvävet, dels genom att ta väl vara på det kväve som finns i gödseln och dels minska kväveinnehållet i träck och urin från djuren. Stora kväveförluster ger upphov till växthusgasutsläpp i flera delar av livscykeln. Kvävet kan förloras direkt som lustgas. När kvävet förloras i reaktiv form, som ammoniak eller kväveoxider, leder det till indirekta lustgasemissioner när kvävet omvandlas till lustgas i andra delar av ekosystemet. Om kvävet i stallgödseln inte utnyttjas väl utan man kompenserar med större andel mineralgödselkväve innebär det dels högre direkta lustgasemissioner eftersom mer kväve cirkulerar i systemet och högre växthusgasutsläpp från produktion av mineralgödseln. En viktig åtgärd för att minska kväveinnehållet i träck och urin som lämnar djuren är att undvika överutfodring av protein vilket minskar kväveinnehållet i gödseln och därmed även risken för kväveförluster. Arbete för att bättre kvävehushållningen ligger helt i linje med miljöarbetet inom djurhållningen.

Biogasproduktion från stallgödsel kan vara ett sätt att minska växthusgasutsläpp i flera delar av animalieproduktionens livscykel. Biogasproduktionen har fördelar av att ge förnybart bränsle, möjliggöra effektivare utnyttjande av kvävet i stallgödseln och potentiellt minska växthusgasutsläppen från stallgödselhanteringen. Vår bedömning är dock att det är för tidigt med kriterier kring biogasproduktion på den enskilda mjölkgården. Det finns ett tiotal gårdsbaserade biogasanläggningar i Sverige idag, vilket ska ställas i relation till ca 7 000 mjölkproducenter. Av dessa saknar flertalet förutsättningar idag för lönsam biogasproduktion p g a i sammanhanget små gårdar och osäkra avsättningsmöjligheter för gasen. Effekten på ett lantbruksföretags totala växthusgasutsläpp blir dessutom större på en grsigård än en mjölkgård eftersom stallgödselhanteringen har större betydelse för de totala utsläppen på grsigården och svinggödseln ger mer biogas. Utvecklingen går framåt och förutsättningarna kan komma att förbättras i framtiden.

När det gäller olika stallgödselsystem tycks djupströ kunna ge både relativt höga lustgas- och metanemissioner. Dessutom innebär detta system risk för stora ammoniakförluster i stall, lagring och vid spridning. Djupströ är dock ovanligt vid mjölkproduktion (används i så fall främst vid uppfödning av ungdjur) och har större betydelse för andra djurslag och produktionsformer. Idag bedömer vi därför att det inte är aktuellt med restriktioner för djupströgödsel vid mjölkproduktion.

## 4 ENERGIANVÄNDNING

Energianvändningen står för en relativt liten andel av jordbrukets totala klimatpåverkan, merparten av växthusgasutsläppen uppstår istället i olika biologiska processer. Baserat på statistiken över energianvändningen i jordbrukssektorn (se Tabell 4.1) och schablonvärden för växthusgasutsläpp för fossila bränslen (0,26-0,29 kg CO<sub>2</sub>-ekv/kWh) och el (55 g CO<sub>2</sub>-ekv/kWh) skulle jordbrukets energianvändning bidra med drygt 1 miljon ton CO<sub>2</sub>-ekv per år. Detta kan jämföras med att metan- och lustgasemissionerna från jordbrukssektorn beräknas till 8,8 miljoner ton CO<sub>2</sub>-ekv per år (Naturvårdsverket, 2007). Då har hänsyn inte tagits till emissioner från produktion av insatsvaror som mineralgödsel och importerat foder eller till effekter av ändrat kolförråd i mark.

Utifrån resultaten från en enkätundersökning som skickades till lantbruksföretag beräknades jordbrukets totala energianvändning år 2007 till 3,1 TWh för uppvärmning, belysning etc. (exklusive bostäder och växthus) och till 2,9 TWh i form av drivmedel i fordon (se Tabell 4.1) (SCB, 2008). Energianvändningen varierar från år till år vilket bl a beror på variationer i väder (påverkar t ex oljebehovet vid torkning) och strukturella förändringar.

Tabell 4.1: Energianvändning i det svenska jordbruket år 2007 (SCB, 2008)

Energislag	Energianvändning	Värmevärde	Energianvändning (TWh)
<b>Uppvärmning, belysning etc.</b>			
Olja	5,6*10 <sup>4</sup> m <sup>3</sup>	9,95-10,58 MWh/m <sup>3</sup>	0,57
Ved	4,8*10 <sup>5</sup> m <sup>3</sup>	1,24 MWh/m <sup>3</sup>	0,59
Halm	6,1*10 <sup>4</sup> ton	4,1 MWh/m <sup>3</sup>	0,25
Flis, bark, spån	2,8*10 <sup>5</sup> m <sup>3</sup>	0,75 MWh/m <sup>3</sup>	0,21
Övriga biobränslen (spannmål, pellets etc.)	n.a.	n.a.	0,11
Gasol etc.	n.a.	n.a.	0,010
Elektricitet			1,4
<b>Totalt</b>			<b>3,1</b>
<b>Fordonsdrift</b>			
Diesel	2,8*10 <sup>5</sup> m <sup>3</sup>	9,8 MWh/m <sup>3</sup>	2,7
Bensin	1,3*10 <sup>4</sup> m <sup>3</sup>	8,7 MWh/m <sup>3</sup>	0,11
RME <sup>1</sup> + etanol (E85)	n.a.	n.a.	0,04
<b>Totalt</b>			<b>2,9</b>

<sup>1</sup> "RME" står för rapsmetylester

I en livscykelanalys av mjölkproduktion i sydvästra Sverige beräknades den totala energianvändningen<sup>4</sup> fram till dess att mjölken lämnade gården uppgå till ca 2 MJ fossil energi och 0,6 MJ el per kg ECM vid konventionell produktion. Motsvarande siffror för ekologisk produktion var ca 1,4 MJ fossil energi och 0,7 MJ el per kg ECM. Det skulle motsvara ca 0,18 (vid konventionell produktion) respektive 0,13<sup>5</sup> kg CO<sub>2</sub>-ekv per kg ECM (ekologisk produktion), vilket kan jämföras med att de totala växthusgasutsläppen beräknades till ca

<sup>4</sup> Energianvändningen är angiven som *sekundär energi*, d v s i den form som energin används i processerna. Inkluderar energin som används på gården samt för produktion av insatsvaror.

<sup>5</sup> Baserat på antagandet att energianvändning ger upphov till ca 85 g CO<sub>2</sub>-ekv/MJ fossila bränslen (motsvarar emissioner från dieseldriven lastbil, inkluderar emissioner från produktion och slutanvändning av bränslet) och ca 15 g CO<sub>2</sub>-ekv/MJ el (motsvarar genomsnittlig elmix som används i Sverige, hänsyn tagen till emissioner från produktion och distributionsförluster).

1,0-1,1 respektive 1,0 kg CO<sub>2</sub>-ekv per kg ECM<sup>6</sup> (Cederberg & Flysjö, 2004). En motsvarande analys av norrländsk konventionell och ekologisk mjölkproduktion visade på likartade totala växthusgasutsläppen, men att energianvändningen per kg ECM var något högre och därmed även en större andel av de totala växthusgasutsläppen (Cederberg m fl, 2007).

Även om energianvändningen står för en liten del av jordbrukets klimatpåverkan är klimatfrågan starkt kopplad till energianvändningen i ett vidare samhällsperspektiv. Åtgärder som syftar till energieffektivisering eller minskade växthusgasutsläpp från energianvändningen är därför viktiga i alla sektorer, även inom jordbruket, för att minska samhällets totala klimatpåverkan och beroende av fossil energi.

## 4.1 VÄRDERA ENERGI

Växthusgasutsläppen från energianvändningen varierar mellan olika energikällor och produktionsformer (se tex Tabell 1.1 i underlaget om utsläpp av växthusgaser i foderproduktionen), och det kan därmed vara svårt att entydigt värdera klimatpåverkan av energianvändningen. Särskilt tydligt är detta för klimatpåverkan av elproduktion. Produktionen av el i t ex vind-, vatten- eller kärnkraftverk ger bara upphov till något enstaka gram koldioxidekvivalenter per MJ el. Elproduktion som baseras på fossila bränslen som kol, olja och naturgas ger däremot ca 150-300 g CO<sub>2</sub>-ekv per MJ el, där utsläppsnivån styrs av vilket bränsle som används och verkningsgraden i anläggningen (Berglund m fl, 2008). Klimatpåverkan av gårdens elanvändning kommer därmed att påverkas starkt av vilka antaganden man gör om elens ursprung. Idag finns det möjlighet att teckna elavtal som beaktar elens ursprung. Tanken är att detta system ska stimulera elproduktion med låg negativ miljöpåverkan. Att enbart köpa t ex förnybar el innebär dock inte per automatik att elproduktionen kommer att ändras i önskad riktning eftersom resultatet kan bli att elkunder som inte gjort något aktivt val istället får en elmix med lägre andel förnybar el.

Ett vanligt argument för produktion av biobränslen, t ex från energigrödor eller skörderester, är att de kan användas för att ersätta fossila bränslen och därmed bidra till att minska växthusgasutsläppen. Men även här kan det vara svårt att bedöma hur de totala växthusgasutsläppen påverkas av en sådan åtgärd. Om biobränslet används som biodrivmedel, t ex i form av RME eller etanol, kommer det med mycket stor sannolikhet att ersätta fossila drivmedel, t ex via låginblandning i diesel eller bensin, och effekterna är då lätta att bedöma. Om biobränslet däremot används för värme- och eventuell elproduktion blir bilden mer komplex, och flera faktorer behöver beaktas för att bedöma hur bl a bränslemixen i värmesystemet påverkas och vilka konsekvenser det ger. Idag utgör trädbränslen, avfall och andra biobränslen ca tvåtredjedelar av energitillförseln i den svenska fjärrvärmeproduktionen, medan man i början av 1980-talet producerade den allra mesta fjärrvärmens med olja (Energimyndigheten, 2007). De stora förändringarna förklaras med kostnadsförändringar, effekter av styrmedel och av fjärrvärmens flexibilitet att använda olika bränslen. Om biobränslet används på den egna gården behöver hänsyn tas till vilket bränsle som ersätts, eventuellt pannbyte (påverkas verkningsgraden, och därmed även bränslebehovet) eller om värmen används till nya ändamål (börjar man t ex värma upp tidigare ouppvärmda utrymmen).

När man diskuterar energianvändningens miljöpåverkan och effekterna av bränslebyten eller produktion av förnybar energi räcker det inte med att endast se till den enskilda gården eller

---

<sup>6</sup> Här har beräkningarna uppdaterat med omräkningstalen för metan och lustgas enligt IPCC (2007), d v s 25 kg CO<sub>2</sub>-ekv/kg CH<sub>4</sub> och 298 CO<sub>2</sub>-ekv/kg N<sub>2</sub>O.

jordbrukssektorn. Risken är då nämligen stor för suboptimering eller att man missar betydande effekter som kan ske i övriga samhället. Om lantbrukaren t ex börjar bärga halm för energiändamål kan han visserligen sänka växthusgasutsläppen som sker på gården om halmen t ex ersätter olja för uppvärmning på gården. Visst, det kan vara en bra åtgärd, men totalt sett hade utsläppsminskningen kanske blivit ännu större om halmen istället sameldats i ett kolkraftverk och därmed ersatt kol. Det krävs djupare systemanalyser för att kunna bedöma de totala effekterna av olika åtgärder och identifiera de mest effektiva alternativen.

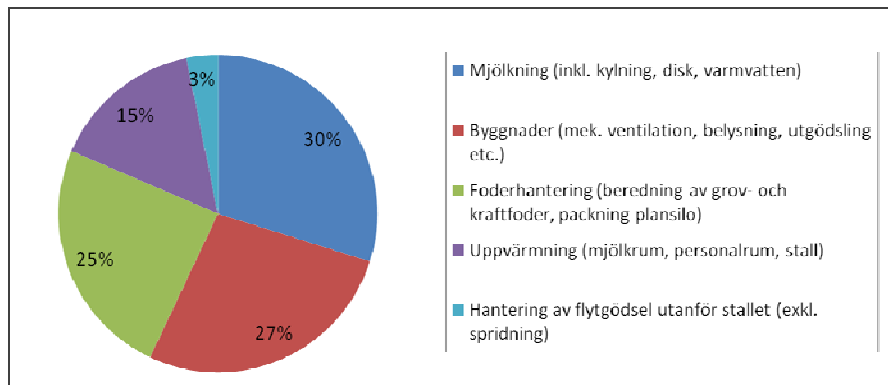
Även om samma enheter (t ex MJ) används för olika energikällor och energibärare är de inte direkt jämförbara. En MJ biobränsle kan inte användas till samma saker som och ge samma nyttigheter som 1 MJ diesel eller 1 MJ el. Biobränslen kan dock t ex användas för att producera el, men omvandlingsförlusterna medför att det krävs mer än 1 MJ biobränslen per producerad MJ el. Ett sätt som används för att jämföra olika energikällor är att räkna om dem till primärenergi. Det innebär att man tar hänsyn till de indirekta energiinsatser som krävs vid råvaruframställning, produktion, distribution etc. Om t ex elen producerats i ett naturgaseldat kraftverk med verkningsgraden 50 % medför det att 1 MJ el motsvaras av ca 2,2 MJ primärenergi i form av naturgas, hänsyn har då även tagits till utvinning av naturgasen och distributionsförluster i elnätet. Elen, liksom andra energibärare och energikällor, kan dock produceras på många olika sätt med varierande omvandlingsförluster och därmed kommer mängden primärenergi att variera beroende på produktionssätt. I denna rapport används inte primärenergibegreppet eller liknande metoder för att räkna om energikällor och energibärare till jämförbara enheter. Visserligen innebär det att sammanställningen av den totala energianvändningen haltar, men sådana omräkningar påverkas starkt av de antaganden som görs och sådana enheter kan vara svåra att ta till sig intuitivt. Istället särredovisas, där så är möjligt, energianvändningen som MJ el, diesel, biobränsle etc. för att göra redovisningen så transparent som möjligt.

I detta kapitel sätts fokus på energianvändningen som sker på gården och hur den kan effektiviseras, d v s genom att minska den totala användningen och andelen fossil energi. Sådana åtgärder kan minska växthusgasutsläppen, men med tanke på de metodfrågor som diskuterats ovan kvantifieras inte effekterna av dessa åtgärder i termer av minskade växthusgasutsläpp. Detta kapitel rör den direkta energianvändningen som sker på gården, t ex i form av diesel till traktorer, men inte den indirekta energianvändningen som kan kopplas till produktionen av mineralgödsel, inköpt foder, plast och andra insatsvaror. I denna rapport ingår energiproduktion endast i de fall den har direkt anknytning till mjölkproduktionen, vilket gäller t ex biogas och värmeåtervinning från mjölk tank, medan produktion av bioenergi, energigrödor, vindkraft etc. faller utanför avgränsningen för denna studie.

## 4.2 MJÖLKFÖRETAGETS ENERGIANVÄNDNING

Det finns relativt få studier om den totala energianvändningen i svenska mjölkföretag. I en undersökning om jordbrukssektorns energianvändning beräknades de svenska mjölkföretagen totalt sett använda 0,44 TWh el och 0,15 TWh diesel inomgårds, d v s exklusive arbete i fält (se 4.1 där energianvändningen angivits som kWh per koplats och år) (Edström m fl, 2005). Energianvändningen för foderproduktion beräknades t ex för alla vallgrödor i landet till 0,41 TWh diesel och 0,09 TWh el (inklusive odling, skörd, transport och lagring). Uppgifter saknas om hur stor andel av olika grödor som går till mjölkproduktion. Beräkningarna i Edström m fl (2005) baseras på nyckeltal som inte fullt ut kan ta hänsyn hur energibehovet påverkas av lokala förutsättningar, val av maskinpark etc. och i vissa fall bygger nyckeltalen på gamla mätningar från 1980-talet. Trots de osäkerheter som dessa faktorer ger överensstämmer den

med nyckeltal beräknade elanvändningen i jordbruket relativt väl överens med tillgänglig statistik, avvikelserna är dock större när det gäller diesel och bränslen för uppvärmning.

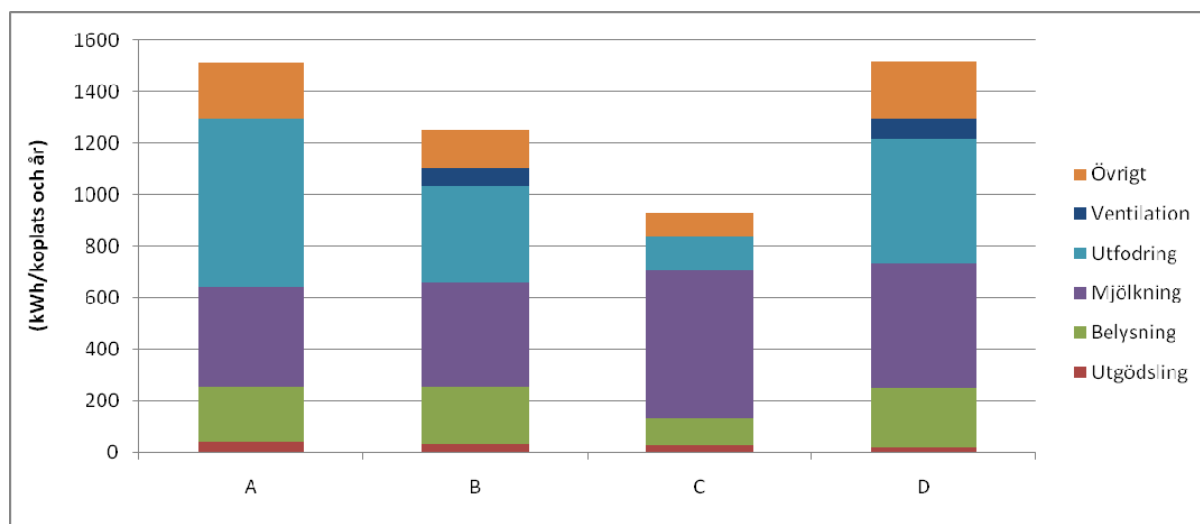


Figur 4.1: Fördelning av energianvändningen inomgårds vid mjolkproduktion. Avser den direkta användningen av el och diesel (Edström m fl, 2005).

#### 4.2.1 INOMGÅRDS

I en undersökning om energiförbrukningen i lantbrukets driftsbyggnader gjordes mätningar på fyra mjölkgårdar (se Figur 2). Det var stora skillnader mellan gårdarna vad gällde t ex foderhantering, ventilation, inhysning av ungdjur och sinkor och mjölkningssystem, vilket även avspeglade sig i energianvändningen (Hörndahl, 2007). Den mesta energianvändningen var i form av el, totalt mellan ca 900-1100 kWh per koplats och år. Tidigare genomförda LCA-studier visar på högre elanvändning. Elanvändningen på mjölkgårdar i norra Sverige låg i genomsnitt på ca 2 200 kWh per år och ko+rekrytering, och på mjölkgårdar i sydvästra Sverige på ca 1 200 (konventionell produktion) respektive 1 600 (ekologisk produktion) kWh per år och ko+rekrytering (Cederberg & Flysjö, 2004; Cederberg m fl, 2007). Skillnaderna förklaras bl a med olika mekanisering i stallarna och teknik för utfodring där flera av de norrländska gårdarna hade elkrävande torsilor och robot.

Vid mätningarna som redovisas i Figur 4 användes generellt en stor andel av energin för utfodring, men variationen var mycket stor. Den lägsta energianvändningen för utfodring uppmättes på gården där man endast använde elektricitet för denna process, på övriga gårdar sköttes utfodringen i varierande grad med traktor. En av huvudförklaringarna till denna skillnad är att verkningsgraden i en elmotor är mycket högre än i en dieselmotor. Mjolkningen är en annan energikrävande process, framförallt för att driva vakuumpumpar och kyla mjölken (gäller både i mjölkningsstall och vid robotmjölkning). Mekanisk ventilation (fanns på gård B och D i figuren) kräver självfallet betydligt mer el än naturligt ventilation, men totalt sett står ventilationen för en mycket liten del av den totala energianvändningen på de undersökta mjölkgårdarna. I posten övrigt ingick bl a elektronisk utrustning, uppvärmning av ev personalrum.



Figur 2: Resultat från mätningar av energianvändningen i fyra mjölkstallar (A–D), angiven som kWh el och diesel per koplats och år (Hörndahl, 2007).

Energibehovet för **mjölknings** (d v s till bl a vakuumpumpar, kylning av mjölken och varmvattenberedning för diskning) kan variera mellan olika stallar. En tidigare litteraturgenomgång visar att det totala energibehovet för mjölkning varierade mellan ca 300 och 600 kWh per koplats och år (här ingår system med robot, uppbundna djur och mjölkstall). Variationen blev mindre när energianvändningen slogs ut per ton mjölk (ca 40-55 kWh/ton mjölk). Fördelningen mellan hur stor andel av energin som användes till mjölkning, varmvatten respektive kylning av mjölken varierade mycket (Hörndahl, 2007). En marknadsöversikt av mjölkrobotar från 2006 visar att leverantörernas uppgger ett elbehov för mjölkning och diskning om ca 15 och 25 kWh per ton mjölk och vattenbehov om ca 200-400 l vatten per ton mjölk (Pettersson, 2006). Mätningar i Danmark visar på stora variationer i elanvändning (ca 20-60 kWh/ton mjölk, i något fall upp mot 80 kWh) och vattenförbrukning (ca 200-600 l/ton mjölk, i ett fall upp mot 900 l) vid robotmjölkning (Brøgger Rasmussen & Pedersen, 2004). Genom uppföljning och bättre intrimning bedömdes förbrukningen kunna minskas i flera fall. Elbehovet i undersökta mjölkstall låg inom samma intervall och vattenförbrukningen var något lägre.

Det finns flera åtgärder för att effektivisera energianvändningen vid mjölkning. Rätt dimensionering (t ex lämplig storlek på och temperatur i varmvattenberedare) och underhåll (t ex för att åtgärda läckage i vakuumsystem) är viktigt för att utnyttja utrustningen effektivt. En annan åtgärd är värmeåtervinning från mjölkkyllningen för varmvattenproduktion. Värmeåtervinningen utnyttjas främst som förvärmning av varmvattnet och en tumregel är att kylning av 1 liter mjölk ger 1 l varmvatten med en temperatur på ca 50 °C (om vattnet värms från ca 25 °C). Temperaturen höjas sedan ytterligare i en elektrisk varmvattenberedare. Värmeåtervinningen skulle då ge ca 30 kWh varmvatten (50°C) per ton mjölk. Värmeåtervinning från mjölkstanken genererar ofta betydligt mer varmvatten än vad som förbrukas i stallet. I vissa fall kan det vara praktiskt realiserbart och ekonomiskt intressant att utnyttja tankvärmerna för uppvärmning av t ex bostadshus. Bästa förutsättningarna för en sådan lösning är om det redan finns ett vattenburet värmedistributionssystem i huset (helst golvvärme eftersom återvinningen ger lågtempererat vatten), stort utrymme för ackumulatortankar (ackumulatorvolymen bör vara ungefär lika stor som mjölkstankarna), någorlunda korta avstånd mellan byggnaderna för att kunna hålla nere kostnaden för

kulvertdragning och tillräckligt hög värmeproduktion från mjölk tanken så att stora delar av husets värmebehov kan täckas.

Energianvändningen för **utfodring** styrs mycket av i vilken grad man använder elmotorer (t ex till rälsgående fodervagnar) och dieselmotorer (traktorer) samt av utfodringssystemets utformning. Av de fyra gårdarna i **Figur 2** är energianvändningen för utfodring lägst på den gård där all teknik drivs med el. En viktig förklaring till skillnaderna i total energianvändning är att verkningsgraden är betydligt sämre i en dieselmotor än i en elmotor. Man kan räkna med att ca 25 % av tillförd energi går ut som axeffekt från en traktor, medan verkningsgraden i en elmotor är ca 80-90 %. När t ex fullfoder används påverkas energibehovet vid foderblandningen av mängden foder i blandaren (mer foder ger högre energibehov) och fodrets torrsustanshalt (torrare foder ger högre energibehov) (Hörndahl, 2007).

Jämfört med t ex gris- och fågelproduktion står **belysningen** för en relativt stor andel av energianvändningen på en mjölkgård eftersom korna behöver ljus för att producera mycket mjölk. En viktig åtgärd för att få bra ljusutbyte är att hålla armaturer och reflektor rena. Energianvändningen kan minskas genom att styra belysningen med t ex tidur eller skymningsrelän. Vid ny- eller ombyggnad bör man planera för bra ljusinsläpp och energi-effektiv belysning. Det finns flera alternativ till de traditionella lysrören (T8) som är mer energi-effektiva och som har längre livslängd. Genom att välja lysrörsarmaturer med högfrekvensdon (HF-don) och som är anpassade för s k T5-rör kan elförbrukningen, jämfört med armatur anpassad för T8-rör, reduceras med ca 40 % vid samma ljusutbyte. HF-donen ger ett flimmerfritt ljus och kan förlänga lysrörens livslängd med 25-50 %, men de måste installeras rätt. I nya stallar har det blivit allt vanligare att man installerar armaturer med högtrycksnatrium som förbrukar hälften så mycket el som lysrörsarmatur vid samma ljusutbyte. De har lång livslängd och det behövs få armaturer eftersom effekten är hög, men de kräver hög installationshöjd och ger ett gult ljus som kan uppfattas som mindre behagligt.

#### 4.2.2 I FÄLT

Dieselbehovet vid fältarbete varierar mycket mellan olika aktiviteter (se Tabell 4.2) och påverkas av utrustning och förhållanden i fält som jordart, markstruktur och vattenhalt. Generellt är **jordbearbetningen**, och då framförallt plöjning, det mest dieselkrävande momentet. Dieselbehovet är generellt högre vid plöjning på lerjordar än på lätta jordar samt vid blöta förhållanden och större arbetsdjup. Reducerad jordbearbetning, som bl a kan omfatta grund eller ingen plöjning, kan vara ett alternativ för att minska dieselförbrukningen och kostnaderna för jordbearbetning, men även för att förbättra markstrukturen och bevara mullhalten. Olika jordar och grödor lämpar sig dock olika väl för reducerad jordbearbetning, där lerjordar med god struktur och höstvete kan vara några bra exempel, medan andra system inte alls är lämpade. Mätningar i fält visar att dieselförbrukningen för jordbearbetningen kan minska med mellan 15-60 % beroende på bearbetningssystem (Ericsson, 2004; Olesen m fl, 2005). Ändrad jordbearbetning kan även påverka lustgasavgången och kolhalten i marken eftersom bearbetningen stimulerar mikrobiell aktivitet i marken (och därmed omsättningen av organiskt material). Reducerad bearbetning kan även minska syretillgången i marken, vilket skulle kunna gynna lustgasbildningen. De få undersökningar som finns ger dock inga entydiga eller signifikanta skillnader mellan olika bearbetningssystem (ibid).

Vid **skörd och inlagring** av grovfoder påverkas energibehovet av valet av hanteringssystem (se Tabell 4.2). De olika lagringsteknikerna medför något olika energianvändning, men

hänsyn behöver även tas till utfodringssystemets utformning. I en livscykelanalys av fodermedel bedömdes den totala energianvändningen från skörd fram till foderbordet vara något lägre för hö och ensilage i torsilo än system med rundbalar eller plansilo (Flysjö m fl, 2008). Men då har även petroleumprodukterna som används vid plastproduktion inkluderats. Hänsyn behöver även tas till att el, framförallt till fläktar, utgör ca tre fjärdedelar av energianvändningen vid skörd och lagring av hö, medan elanvändningen är betydligt lägre för övriga alternativ. Att identifiera det mest energieffektiva alternativet påverkas då av hur man väljer att värderar el i förhållande till diesel. Underhåll är en viktig åtgärd för att hålla nere dieselförbrukningen vid skörd av grovfoder. I en ensilagehack används en stor andel av energin (ca 1/3) till hackningen, och vassa knivar är därför viktiga för att hålla nere förbrukningen (Fogelberg m fl, 2007).

Vid skörd av **spannmål** påverkas dieselförbrukningen bl a av skördenivå. Vid tröskning kan man grovt uppskatta förbrukningen till 5 l per hektar plus 2 l per ton bärgad spannmål (Edström m fl, 2005). Vid torkning av spannmål kan oljebehovet uppskattas till ca 0,15 l olja per kg borttorkat vatten, men behovet påverkas av anläggningens verkningsgrad. Genom värmeåtervinning kan denna siffra reduceras med uppskattningsvis 10 % (ibid). Energi-behovet per ton spannmål kommer att variera mellan år beroende på spannmålets ingående vattenhalt och luftfuktigheten. Andra konserveringsmetoder än varmluftstorkning eller komplettering med biobränslen kan reducera oljeanvändningen. De höga effekt-behovet vid torkningen och höga investeringskostnaderna per kW för fastbränslepannor kan ge mycket höga kostnader om torkningen helt baseras på biobränslen, speciellt om pannan enbart används för torkning under en kort period på hösten. Mjölkföretaget har sällan något stort effektbehov för värmeproduktion, undantaget om man värmer stora ytor byggnader och boningshus, som skulle motivera investering i en stor fastbränslepanna.

Vid hantering och spridning av **stallgödsel** står transportererna mellan lager och fält för en relativt stor andel av dieselförbrukningen, och transportavståndet får då stor betydelse. Genom att pumpa flytgödseln istället för att köra den med traktor till fält kan energianvändningen reduceras avsevärt, speciellt om man använder eldriven pump. Ett annat sätt att effektivisera hanteringen av stallgödsel är att reducera volymerna, t ex genom att sätta tak på gödsellagret och därigenom minska inblandningen av regnvatten.

**Vägtransporter** med traktor är mer energikrävande än transport med lastbil. Dieselförbrukningen vid transport med traktor ligger inom intervallet 0,035-0,08 l per ton\*km (lastvikt ca 8-20 ton). Motsvarande siffror för lastbil 0,03-0,04 l/ton\*km för medeltung lastbil (lastförmåga ca 15 ton) och 0,012-0,02 l/ton\*km för tung lastbil med släp (lastförmåga 40 ton). Lassens storlek kan dock för t ex halm och hö begränsas av volym istället för vikten, och dieselförbrukningen per tonkm blir då högre. (Fogelberg m fl, 2007).

Tabell 4.2: Nyckeltal för dieselförbrukning vid fältarbeten (Lindgren m fl, 2002; Edström m fl, 2005)

Moment	Dieselförbrukning (l/ha)
Plöjning	15-30
Stubbearbetning	10-17
Sådd + vält	5-10
Spridning mineralgödsel	1-5
Spridning flytgödsel	6-13
Spridning fastgödsel	5-8
Sprutning	1-2
Tröskning, vete/korn	15-20
Slätterkross, per skörd	5-8

Exakthack, per skörd	Ca 14
Bärgning hö (lastarvagn) + transport (drygt 1 km) , per skörd	5+5
Transport ensilage (drygt 1 km), per skörd	3
Rundbalspress+inplastning, per skörd	Ca 10+10
Packning i plansilo, per skörd	Ca 5

Allmänna åtgärder för att minska dieselförbrukningen vid traktorarbeten är underhåll, att undvika tomgångskörning och hög slirning (10-20% slirning ger bäst verkningsgrad) samt att köra med rätt varvtal och med högt effektuttag. Rätt anpassat däcktryck minskar dieselförbrukningen något. Ett något lägre tryck vid fältarbete ger bättre grepp och mindre slirning, medan ett högre tryck ger minskat rullmotstånd vid vägtransport. Det är även viktigt att anpassa redskapen till traktorn. Mätningar av dieselförbrukningen i en traktor som fick plöja med tre-, fyr- respektive femskärig växelplög visade att plöjning med den fyrskäriga plojen gav högst förbrukning per timme, men att detta alternativ var mest bränsleeffektiv när förbrukningen slogs ut per hektar (24 l/ha, jämfört med 28-30 l/ha för övriga alternativ). I detta exempel var den femskäriga plojen för stor för traktorn och slirningen blev hög (30 %) (Lindgren m fl, 2002).

Utbildning i och genomförande av sparsam körning, som bl a omfattar moment som beskrivits ovan, har visat på bränslebesparingar på runt 20 % (Fogelberg m fl, 2007). Vid enstaka utbildningstillfällen har betydligt högre besparingar noterats. Sparsam körning reducerar inte enbart energiförbrukningen och växthusgasutsläppen, utan även dieselkostnaderna och är därmed en direkt ekonomisk vinst för lantbrukaren.

Det finns lösningar där traktorerna kan drivas, helt eller delvis, med biodrivmedel som t ex RME, biogas eller etanol. Det mest realistiska alternativet idag bedöms vara låginblandning av RME i dieseln. Sådan diesel säljs och används i stor omfattning redan idag. För mer renodlade biodrivmedelsalternativ kan det krävas anpassningar och justeringar, t ex tillsats av tändförbättrare för att kunna använda etanol i en dieselmotor eller montering av trycktankar för biogas. Användning av biogas som fordonsbränsle regleras även av omfattande lagstiftning. Om man vill använda gårdsproducerad biogas som traktorbränsle behöver man även ta hänsyn till att biogasproduktionen är relativt konstant under året medan traktorens bränslebehov följer växtodlingssäsongen och därmed varierar stort. Långtidslagring av biogas är inget alternativ p g a höga kostnader, och andra lösningar behövs då för att få avsättning av gasen. Det behövs djupare systemanalyser för att kunna bedöma hur och var biodrivmedlen gör bäst nytta i samhället, kan hända att det inte är som drivmedel till lantbrukets maskiner.

### 4.3 FÖRSLAG ÅTGÄRDER

Det är svårt att identifiera någon specifik åtgärd på mjölkgårdarna som bör ingå som kriterium för en klimatcertifiering av mjölk. Situationen och behoven skiljer sig åt mellan gårdarna och därmed även förutsättningarna och effekterna av olika åtgärder. Därför föreslås två övergripande åtgärder (Kriterier vid investering respektive Energikartläggning, se nedan) som anpassas till situationen på gårdarna. Dessa åtgärder är relevanta oavsett driftsriktning och därför bör de samordnas med de allmänna reglerna för klimatcertifieringen och gälla alla typer av gårdar i ett klimatcertifieringssystem.

Det övergripande målet för dessa åtgärder är att effektivisera gårdens energianvändning, dels genom att minska den totala energianvändningen, och dels öka andelen förnybar energi. Detta inkluderar även möjligheter att utnyttja tillgångar på gården för

energiutvinning, t ex från stallgödsel eller genom värmeåtervinning. Det kommer dock att behövas mer kunskap och systemanalyser som inkluderar hela samhället för att kunna bedöma hur producerad förnybar energi bäst används ur ett samhällsperspektiv. Hur ska man t ex bäst använda halm som bärgas för energiändamål; på den egna gården för värmeproduktion i företaget, även sälja värme till andra fastigheter (t ex bostäder) eller sälja halmen till kraft- eller fjärrvärmeverk. Att genomföra sådana analyser ligger dock inte på klimatmärkningsprojektets bord.

#### 4.3.1 KRITERIER VID INVESTERING

För att minska lantbruksföretagets energianvändning är det viktigt att tänka till vid investering, t ex i samband med ny- eller ombyggnation eller när gammal utrustning ska ersättas. Energieffektiv utrustning och systemlösningar bör prioriteras för att hålla nere energianvändningen och kostnaderna. Ett sätt att identifiera bra lösningar är att beräkna och jämföra livscykelkostnaderna (LCC) för olika alternativ. När livscykelkostnaden beräknas tas hänsyn till investeringskostnad samt till kostnader för drift (inklusive energikostnad och underhåll) under visst antal år (t ex produktens beräknade livslängd). För energikrävande utrustning står ofta driften och energianvändningen för en betydande andel av de totala livscykelkostnaderna. Det är även viktigt att dimensionera anläggningarna efter det faktiska behovet och ha styr- och reglermöjligheter (t ex varvtalsreglering av fläktar). En onödigt stor kompressor kommer t ex att till stor del gå avlastad och drar då el utan att producera någon nytta. Om man istället väljer en mindre kompressor kommer den att gå pålastad under längre tid, men den totala elförbrukningen blir lägre eftersom tomgångsförlusterna minskar kraftigt.

Nedan följer exempel på energikrävande processer där livscykelkostnaderna bör beaktas vid investering och några alternativ som kan övervägas:

- **Utfodring:** Är det möjligt med hög andel eldriven teknik för utfodring och fyllning av torsilo? Systemlösningar för korta och effektiva transporter mellan foderlager och stall.
- **Mjolkning:** Är det möjligt med värmeåtervinning från mjölktanken?
- **Belysning:** Planera för bra ljusinsläpp och styrning av belysningen.
- **Ventilation:** Naturlig ventilation, varvtalsreglering vid mekanisk ventilation.

#### 4.3.2 ENERGIKARTLÄGGNING

Energikartläggning på gården ger kunskap om var energin verkligen används och vilka förbättringspotentialer som finns. Generellt har lantbrukarna koll på kostnaden för den totala användningen av el, diesel etc., men sämre koll på t ex hur stor andel av elen och dieseln som går till olika processer. Genomgång och dokumentation behövs dels för att få en bra uppfattning om hur det ser ut på gården och dels för att lägga en bra grund inför uppföljning av gårdens energianvändning. En energikartläggning bör omfatta genomgång av dagens energianvändning på gården (uppdelad i olika energislag och delprocesser), beräkning av nyckeltal (t ex kWh per koplats och år och l diesel per hektar) samt förslag på viktiga och realistiska åtgärder. Det är viktigt att kartläggningen och åtgärderna följs upp regelbundet. Nyckeltalen kan användas för jämförelser vid senare uppföljning och uppdatering av energikartläggningen. Än så länge finns det få generella nyckeltal som kan användas för att se hur gården ligger till i jämförelse med andra företag. Arbete pågår dock i olika projekt och lantbruksorganisationer med att ta fram sådana nyckeltal.

Energikartläggningar genomförs antingen tillsammans med en energirådgivare eller själv av lantbrukaren. Fördelen med att anlita specialiserade energirådgivare är att de har god kunskap om möjliga lösningar och vilka alternativ som finns på marknaden. På gården används energin inom många olika områden och på olika sätt, och det finns flera möjliga tekniker och systemlösningar. Det kan därför vara svårt för den enskilde lantbrukaren att hålla sig uppdaterad om allt som händer inom energiområdet och som är relevant för gårdens drift. Det är även bra med friska ögon utifrån som kan upptäcka förbättringsmöjligheter och systematiskt gå igenom gårdens energianvändning. Flera rådgivningsorganisationer erbjuder olika typer av energirådgivning idag, bl a Hushållningssällskapen och LRF Konsult (t ex genom Energikollen). Det erbjuds även kurser i sparsam körning via t ex Länsstyrelsen. Om man ställer som krav att en energikartläggning ska genomföras tillsammans med energirådgivare vid inträde i klimatcertifieringen finns det dock risk för kapacitetsbrist eftersom det finns relativt få energirådgivare. Alternativet att lantbrukaren genomför energikartläggningen själv kräver att det finns ett bra och heltäckande underlag att utgå ifrån. Idag finns det t ex enkla och generella mallar som kan användas för att uppskatta hur elanvändningen fördelar sig mellan olika processer på gården (Hadders, odat), men vad vi vet inget heltäckande eller driftsinriktningsspecifikt material som är tänkt att användas direkt av lantbrukarna. LRF och LRF Konsult kommer dock att ge ut en handbok ("energisparkatalog") vid årsskiftet 2008/09.

Åtgärderna som identifieras i en energikartläggning kan röra:

- **Större genomgripande förändringar**, t ex i form av investeringar i mer energieffektiv teknik eller övergång till reducerad jordbearbetning där det bedöms vara en möjlig lösning.
- **Utbildning** i t ex sparsam körning, reducerad jordbearbetning eller växtplatsanpassad odling.
- **Rutiner vid inköp** t ex hur livscykelkostnader ska beaktas vid inköp av energikrävande utrustning eller vilka krav som ska ställas vid tecknande av elavtal eller inköp av drivmedel och olja (t ex låginblandning av RME i diesel).
- **Rutiner för underhåll**. Energibehovet kan minskas genom bra underhåll. Det kan handla om att hålla kondensslingor, ventilationskanaler, armaturer etc. rena från damm och skräp samt att sätta upp rutiner för regelbunden kontroll av kylanläggning etc. eller söka och täta läckage i vakuumsystem.

## 5 UTFODRING

Utsläpp vid odling och produktion av olika typer av fodermedel och förslag till kriterier för klimatcertifiering av foder lämnas i annan rapport. Andra åtgärder inom utfodring som har betydelse för de totala utsläppen från mjölkproduktionen är effektivisering (minskat spill och överutfodring), förändring av foderstaten så att den i större omfattning innehåller fodermedel med låga växthusgasutsläpp i sin produktionskedja samt att en stor andel av fodret odlas nära djuren.

### 5.1 EFFEKTIVISERING

Det sker förluster vid lagring och konservering av grovfoder och detta beror framförallt på vallfodrets vattenhalt vid inläggning och olika lagringssystem (se Tabell 5.1). Av tabellen kan

man utläsa att om man väger ihop förluster från lagring och konservering för respektive system hamnar de lägsta sammanlagda torrsustans-förlusterna vid de ts-halter som idag rekommenderas för ensilageskörd. Notera att för hö sker de största förlusterna i fält (upprepade vändningar) medan förlusterna vid lagring och konservering är förhållandevis små. Ensilering av väldigt vått vallfoder innebär relativt stora förluster förutom att det kräver mera energi eftersom mera vatten transporteras i vallskörden.

Tabell 5.1 Förluster(%) vid lagring och konservering av vallfoder

% ts i vallfoder vid inläggning	Plåttorn	Plansilo	Storbalar (sträckfilm)	Limpor	Hö
>15		25-35		30-35	
15-20		16-22		20-30	
20-25	10-15	14-18		18-25	
25-30	9-11	15-20	10-16	20-27	
30-40	8-9	17-22	8-12		
40-50	10-16		5-10		
50-60			8-12		7-12
60-70					4-7
70-80					3-4

Källa: Svensk Mjölks rådgivarsajt

Foderspill, d v s att skördat foder inte blir använt i mjolkproduktionen utan får slängas p g a dålig hygienisk kvalitet, innebär utsläpp av växthusgaser i onödan. Det är en praktisk erfarenhet att detta är mera förekommande för vallfoder än för spannmål och annat kraftfoder. Ensileringsprocessen kan misslyckas med feljäsning som följd, plasten kan gå sönder i ensilagerundbalar vid angrepp av fåglar eller sorkar och hö kan bli dammigt vid lagringen.

En erfarenhet som ofta görs i rådgivningen är att det kan vara stor skillnad mellan hur mycket vallfoder som lantbrukaren uppskattar skördas i fält och den mängd vallfoder som slutligen hamnar på foderbordet. Det är svårt att utforma ett eller några enkla kriterier som leder mot direkta åtgärder som minskar foderspillen eftersom spillens storlek inte är kvantifierat och vi inte vet hur nuläget är. För det första är den officiella skördestatistiken för avkastningen i slåttervallar otillräcklig och många lantbrukaren väger inte sina vallskördar, vi har alltså dålig kontroll på vad som är normal avkastning (produktion) i vallodlingen. För det andra så är det väldigt få lantbrukare som systematiskt väger hur mycket vallfoder som konsumeras i mjolkproduktionen, d v s vi har osäkra data på den verkliga konsumtionen.

Eftersom vallfodret oftast står för mer än 50 % av kornas totala intag av foder (beräknat som torrsustans) bedöms det att hög effektivitet i produktion och konsumtion av vallfoder, definierat som låga förluster och lite spill, sannolikt är en viktig åtgärd för minska växthusgasutsläppen i mjolkproduktionen.

Överutfodring, d v s större fodertillförsel än djurets beräknade behov, bedöms i högre grad ske av kraftfoder än av vallfoder. Överutfodring med kraftfoder är sannolikt vanligare i konventionell än ekologisk produktion, eftersom kraftfoder är relativt sett dyrare i ekologisk produktion. På gårdar som deltar i rådgivningsprogrammet IndividRam beräknas att överutfodringen är ca 10 %. Många gårdar deltar inte i någon utfodringsrådgivning alls och gör inte vallfoderanalyser, vilket innebär att det väldigt svårt att beräkna en optimal kraftfodergiva i förhållande till mjolkavkastningen. Som tidigare diskuterats innebär

överutfodring av protein att kvävemängden i stallgödseln ökar och därmed också risken för förluster av ammoniak och lustgas.

Analyser av vallfoder och uppföljning av foderstat med hjälp av utfodringsrådgivare bedöms som en viktig åtgärd för att minska överutfodringen samt få en kontroll av eventuellt foderspill. IndividRam är det mest använda rådgivningsprogrammet men även de rådgivningsmoduler inom Greppa Näringen som innefattar foderstatskontroll har visat ge goda resultat vad gäller uppföljning av foderförbrukning relativt mjölkavkastning på den enskilda gården.

## 5.2 BYTA MOT FODERMEDEL MED LÄGRE UTSLÄPP

Utsläppen av växthusgaser kan minskas genom att ändra foderstatens sammansättning, d v s genom sätta samman foderstater med foderråvaror som har lägre GWP-tal per kg foder. Svensk Mjolk beräknade olika foderstater med det nya utfodringsprogrammet NORFOR och utgick från en foderstat för mjölkkor (avkastning drygt 10 000 kg ECM) som bestod av rent gräsenilage, spannmål samt färdigt proteinkoncentrat (där de viktigaste råvarorna var rapsmjöl, sojamjöl och betfiber). En alternativ foderstat (vid samma mjölkavkastning) räknades fram vilken bestod av klöver/gräsenilage (blandvall med lägre N-gödsling), spannmål och råvaror i form av ärter, rapsmjöl (ExPro) och betfor och detta alternativ innebar att utsläppen i foderproduktionen minskade med ca 25 % (Cederberg 2008).

Lantmännen har nyligen meddelat att företaget kommer att klimatberäkna sitt kraftfodersortiment. Underlaget för denna beräkning baseras framförallt på SIK:s foderdatabas. Man har tagit fram ett proteinfoder ("Unik Nära") som har lägre växthusgasutsläpp per kg jämfört med ordinarie proteinkraftfoder. Detta proteinfoder innehåller endast europeiska råvaror (ingen soja och palmkärneexpeller) med undantag för mindre mängder vegetabiliska fetter. Lantmännen bedömer att råvarutillgången till denna proteinfoderprodukt nu är relativt god, tack vare den ökade RME-produktionen i Europa som genererar ett ökat utbud av rapsmjöl som biprodukt (Murphy, M pers medd, 2008).

Lantmännens satsning på att kunna tillhandahålla kraftfoder med lägre växthusgasutsläpp jämfört med dagens sortiment är mycket intressant. Kraftfodertillförseln i mjölkproduktionen är idag baserad på antingen färdigfoder, där lantbrukaren köper en kraftfoderprodukt där både spannmål och proteinfoder ingår, eller proteinkoncentrat då lantbrukaren har egen spannmål och köper ett kraftfoder som består av olika proteinråvaror, idag framförallt rapsmjöl och soja. Om man i ett klimatcertifieringssystem ställer krav på hur vallfoder och spannmål odlas ute på mjölkgårdarna (se rapport underlag foderproduktion) och därtill väljer kraftfoderprodukter som har verifierat låga GWP-tal, kan man driva på en utveckling mot en foderproduktion i mjölknäringen som totalt minskar växthusgasutsläppen relativt mycket.

Svensk Mjolk har utrett möjligheterna till att använda mer närproducerat kraftfoder i mjölkproduktionen och från detta arbete finns bra grunddata om nuvarande användning av olika foderråvaror. 2004 användes i medeltal ca 330 kg soja per mjölkko samt 125 kg palmkärnexpeller/mjölkko räknat på hela kopopulationen om 403 700 kor (Emanuelson m fl 2006). Sojamjöl och palmkärnexpeller tillhör de råvaror med högst utsläpp per kg och som används i stor mängd, därför är det önskat att användningen av dessa kan minskas och ersättas med fodermedel med lägre GWP-utsläpp. Dessutom är dess fodermedel förknippade med avskogning (direkt eller indirekt) vilket har stora miljökonsekvenser.

Svensk Mjölks utredningar har visat att helt uteslutande ("förbud") av råvaror från andra kontinenter (framförallt soja) ibland kan bli kostsamt, särskilt om råvaruförsörjning i Europa är

dålig, t ex vid dåliga skördar. Att tillåta en viss mängd soja är en försäkring för att inte tappa mjölkavkastning, detta gäller särskilt hos högavkastande besättningar. Ett krav vad gäller foderstatens sammansättning kan vara att man har målsättning om att minska sojaanvändningen till 100 kg per mjölkko och år inom tre år och därefter gör man en utvärdering hur detta har påverkat mjölkavkastning och hälsoläge. På längre sikt är det önskvärt att helt fasa ut soja och palmkärnexpeller. Foderindustrin får sedan anpassa sina kraftfoderprodukter så att mjölkgårdar som ingår i ett klimatcertifieringssystem kan tillhandahålla produkter med lägre andel soja och PKE (eller ingen alls).

För de ekologiska kraftfoderråvarorna finns det inte en databas med GWP-tal per kg foder vilket diskuteras i rapporten om foder. Tidigare har en mindre andel av kraftfodret tillåtits vara konventionellt producerat och då användes ofta konventionell majs glutenmjöl och vegetabiliska fetter i ekologiska kraftfoderblandningar. I dag är det dock krav om 100 % ekologiskt foder och för att erhålla låga till acceptabla utsläpp per kg foder är det viktigt att skördenivåerna hålls på en rimlig nivå och att inte för mycket av kvävetillförseln erhålls via grüngödslingsgrödor (se vidare rapporten om foderproduktion). Ekologiskt lusermjöl förekommer ofta i kraftfoderblandningar som proteinråvara. Här kan torkningen innebära ganska stor energiåtgång och ur klimatsynpunkt bör man vara uppmärksam på vilken energikälla som används, naturligtvis bör förnyelsebar energi prioriteras.

### 5.3 ÖKAD ANDEL LOKALODLAT FODER

Om en stor andel av fodret odlas nära mjölkorna minskar fodertransporterna. Med begreppet "nära" avses här foderodling på mjölkgården eller foderodling i samverkan med en närliggande växtodlingsgård som odlar t ex spannmål och baljväxter för direkt leverans till en mjölkgård och sedan tar tillbaka stallgödsel. Den största miljöeffekten med ett sådant organiserande av foderodlingen är sannolikt inte minskade transporter utan att stallgödseln fördelas på större arealer och till flera olika grödor vilket bör ge förutsättningar till bättre kväveutnyttjande. Enligt SCB:s undersökningar av gödsling och gödselmedel erhåller ungefär hälften av vallarealen stallgödsel årligen och vid vissa tidpunkter är stallgödselspridning i vall förenat med stora förluster av ammoniak. Det finns fördelar med att fördela stallgödseln från mjölkgårdar till flera olika fodergrödor och inte använda den i så stor omfattning i vallodlingen som är fallet idag.

### 5.4 FÖRSLAG TILL ÅTGÄRDER

Ett effektivt utnyttjande av fodret är viktigt för produktionens växthusgasutsläpp. Effektivisering kan ske genom att minska överutfodring och foderspill. Fodermedel med höga växthusgasutsläpp bör långsiktigt fasas ut och särskild uppmärksamhet skall läggas vid foderråvaror som hämtas från regioner där avskogning sker för arealexpansion. Det är önskvärt att en ökande andel av fodret odlas på mjölkgården eller under samverkan med närliggande växtodlingsgård(ar) för att minska fodertransporter och ge bättre möjlighet till att använda stallgödseln som en växtnäingsresurs i foderodlingen.

## 6 FÖRSLAG TILL KRITERIER FÖR MJÖLKPRODUKTION

Förslagen gäller både konventionell och ekologisk mjölkproduktion.

### METANBILDNING HOS IDISSLARE

Vår bedömning är att den viktigaste åtgärden för att minska metanutsläppen från det totala mjölksystemet, även beaktat interaktionen med köttproduktionen, är ett ökat arbete på

gårdsnivå för minskad dödlighet (mjölkkor, kvigor och kalvar), ökad fruktsamhet (ej för långa kalvningsintervall, sänkt inkalvningsålder kvigor) samt minskad medicinering (friskare mjölkkor). I Svensk Mjölks projekt om djurvälstånd utvecklas nu ett webbverktyg som kan användas direkt ute på mjölkgårdarna och där besättningar med dåliga värden på viktiga välfärdsnyckeltal (t ex hög dödlighet kor och kalvar) larmas och rådgivning kan sättas in.

#### **Förslag till kriterier:**

- Mjölkgårdar i ett klimatcertifieringssystem skall använda Svensk Mjölks rådgivningssystem för djurvälstånd (under utveckling, bedöms klart hösten 2009) och vid avvikelse från djurvälståndsindikatorer skall orsaker analyseras tillsammans med husdjursrådgivare och åtgärder sättas in.

#### **UTFODRING**

Ett effektivt utnyttjande av fodret är viktigt för produktionens växthusgasutsläpp. Effektivisering kan ske genom att minska överutfodring och foderspill. Fodermedel med höga växthusgasutsläpp bör långsiktigt fasas ut och särskilt uppmärksamhet skall läggas vid foderråvaror som hämtas från regioner där avskogning sker för arealexpansion. Det är önskvärt att en ökande andel av fodret odlas på mjölkgården eller under samverkan med närliggande växtodlingsgård(ar) för att minska fodertransporter och ge bättre möjlighet till att använda stallgödseln i foderodlingen.

#### **Förslag till kriterier:**

- Analyser av grovfodrets näringsinnehåll skall finnas. På mjölkgården skall det göras en årlig uppföljning av utfodringen tillsammans med foderrådgivare, t ex genom Greppa Näringsens modul för foderkontroll eller IndividRam. Eventuellt foderspill och överutfodring skall åtgärdas.
- Kraftfoder med deklarerat låga GWP-tal skall användas. Inom tre år skall max 100 kg soja/ko och år användas och 50 kg palmkärneexpeller. Den soja/palmkärneexpeller som används skall vara hållbarhetscertifierad (hexanextraherat sojamjöl och palmkärneexpeller är inte aktuellt för ekologisk produktion).
- Minst 70 % av fodret (till mjölkkor och rekryteringsdjur totalt) skall vara odlat på mjölkgården eller i samverkan med en närliggande växtodlingsgård

#### **STALLGÖDSELHANTERING**

En grundförutsättning för minskade växthusgasutsläpp från stallgödselhanteringen är hushållning med kväve, vilket omfattar åtgärder för att minska kväveförlusterna och överutfodringen av protein. Genom att använda gödseln för biogasproduktion kan växthusgasutsläppen minskas i flera delar av livscykeln, men det är för tidigt idag att sätta kriterier som gäller biogasproduktion för den enskilda lantbrukaren. Djupströgödsel verkar vara det minst lämpliga alternativet ur växthusgassynpunkt, dock används det sällan inom mjölkproduktion och vi bedömer därmed att det inte är aktuellt med ett kriterium angående detta gödselsystem.

#### **Förslag till kriterier:**

- Uppföljning av utfodring för att undvika överutfodring, se under "utfodring".

- Analys av kväveflödena på hela gården, t ex växtnäringsbalans enligt Greppa Näringen, ska upprättas och följas upp årligen.

#### ENERGI PÅ MJÖLKGÅRDEN

Det är svårt att identifiera någon specifik åtgärd på mjölkgårdarna som bör ingå som kriterium för en klimatcertifiering av mjölk. Kriterier för energianvändningen bör därför samordnas med de allmänna gårdsreglerna. Situationen och behoven skiljer sig åt mellan gårdarna och därmed även förutsättningarna och effekterna av olika åtgärder. Därför föreslås två övergripande åtgärder som anpassas till situationen på gårdarna.

#### **Förslag till kriterier:**

- I samband med ny- och återinvestering eller ny- och ombyggnad ska energieffektiviteten för energikrävande processer, som t ex mjölkning, utfodring, belysning, beaktas och hänsyn tas livscykelkostnaderna för olika alternativ.
- Energikartläggning ska genomföras vid inträde i klimatcertifieringen. I kartläggningen ingår genomgång av gårdens energianvändning, beräkning av nyckeltal och uppställning av åtgärdsplan. Åtgärdsplanen ska följas upp och kartläggningen ska revideras vart 5:e år.

## 7 REFERENSER

- Berglund M & Börjesson P. 2003. Energianalys av biogassystem. Rapport 44, Miljö- och energisystem, Lunds tekniska högskola.
- Berglund M, Cederberg C, Clason C, Henriksson M, Törner L. 2008. Jordbrukets klimatpåverkan - underlag för att beräkna växthusgasutsläpp och nulägesanalyser av exempelgårdar. Delrapport 1 i Jokerprojektet, Hushållningssällskapet Halland. *Manuskript*
- Bertilsson J. 2001. Utvärdering av beräkningsmetodik för metanavgång från nötkreatur. Internt dokument, Naturvårdsverket. Sverige
- Brøgger Rasmussen J & Pedersen J. 2004. Electricity and water consumption at milking. FarmTest – Cattle nr 17. Danish Agricultural Advisory Service. Århus
- Börjesson P & Berglund M. 2007. Environmental systems analysis of biogas systems - Part II: The environmental impact of replacing various reference systems. *Biomass and Bioenergy* 31: 326-344.
- Cederberg C & Flysjö A. 2004. Life cycle inventory of 23 dairy farms in South-Western Sweden. Rapport 728, SIK Institutet för livsmedel och bioteknik.
- Cederberg C. 2008. Olika sätt att minska växthusgaserna i foderproduktionen. In: Proceedings från Svensk Mjölks Djurhälso- och utfodringskonferens, Norrköping, 27-28 aug 2008. Svensk Mjök, Stockholm.
- Cederberg C, Flysjö A, Ericson L. 2007. Livscykelanalys (LCA) av norrländsk mjölkproduktion. Rapport 761, SIK Institutet för livsmedel och bioteknik.
- Edström M, Petterson O, Nilsson L, Hörndahl T. 2005. Jordbrukssektorns energianvändning. JTI-rapport Lantbruk & Industri 342, JTI Institutet för jordbruks- och miljöteknik.
- Emanuelson M, Cederberg C, Bertilsson J, Rietz H. 2006. Närodlat foder till mjölkkor – en kunskapsuppdatering. Rapport nr 7059-P. Svensk Mjök, Stockholm.
- Energimyndigheten. 2007. Energiläget 2007. Rapport ET 2007:49, Energimyndigheten
- Ericsson K. 2004. Miljöeffekter av reducerad jordbearbetning – i jämförelse med traditionell plöjning. N kunskapssammanställning av HIR Malmöhus.
- Faculty of Agricultural Sciences. 2008. Acidic slurry more climate-friendly. [http://www.agrsci.org/ny\\_navigation/nyheder/nyheder/acidic\\_slurry\\_more\\_climate\\_friendly](http://www.agrsci.org/ny_navigation/nyheder/nyheder/acidic_slurry_more_climate_friendly) 2008-10-23
- Flysjö A, Cederberg C, Strid I. 2008. LCA-databas för konventionella fodermedel – miljöpåverkan i samband med produktion: Version 1. SIK-rapport 772. Institutet för livsmedel och bioteknik. Göteborg.
- Fogelberg F, Baky A, Salomon E, Westlin H. 2007. Energibesparing i lantbruket år 2020 - Ett projekt utfört på uppdrag av Statens naturvårdsverk. JTI Uppdragsrapport.

Greppa Näringen. 2008. Uppslagsboken. [www.greppa.nu](http://www.greppa.nu)

Hadders G. odat. Minska elanvändningen! SLA, Skogs- och lantarbetsgivareförbundet.

Hallén Sandgren, C m fl. 2008. Slutrapport SLF-projekt Välfärdsindikatorer - System för Djurvälstånd för användning i mjölkproduktionen - Dnr 310/04, Projnr: 0430036

Hörndahl T. 2007. Energiförbrukning i jordbrukets driftsbyggnader – en kartläggning av 16 gårdar med olika driftsinriktning. JBT Rapport 145, Inst. för jordbrukets biosystem och teknologi, Sveriges Lantbruksuniversitet. Alnarp.

IPCC. 2006. IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (eds). Published: IGES, Japan

IPCC. 2007. Climate Change 2007 – The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 996 pp.

JTI. 2008. Forskningsområden – Gödselhantering och växthusgaser.  
<http://www.jti.se/index.php?page=Husdjur-och-stallgodsel> 2008-03-07

Kirchgessner M, Windish W, Müller H, Kreuzer M. 1991. Release of methane and of carbon dioxide by dairy cattle. *Agribiological research* 44 (2-3): 91-102.

Lidfeldt M. 2006. Lönsamhetsjämförelse mellan SRB och SLB. Projektarbete SRB-föreningen.  
[www.srb.se](http://www.srb.se)

Lindgren E. 1980. Skattning av energiförluster i metan och urin hos idisslare. En litteraturstudie. Rapport 47. Avd för Husdjurens Näringsfysiologi, Sveriges Lantbruksuniversitet.

Lindgren M, Pettersson O, Hansson P-A, Norén O. 2002. Jordbruks- och anläggningsmaskinernas motorbelastning och avgasemissioner – samt metoder att minska bränsleförbrukning och avgasemissioner. JTI-rapport Lantbruk & Industri 308, Institutet för jordbruks- och miljöteknik.

Naturvårdsverket. 2007. Sweden's national inventory report 2008 – Submitted under the United Nations Framework Convention on Climate Change. Naturvårdsverket, Stockholm.

Olesen J E, Hansen E M, Elsgaard L. 2005. Udledning af drivhusgasser ved pløjefri dyrkningssystemer. I: Olesen, J.E. 2005. Drivhusgasser fra jordbruget – reduktionsmuligheder. DJF rapport Markbrug nr 113. Danmarks Jordbrugsforskning. Tjele.

Pettersson J. 2006. Stort utbud för mjölkning i robot. *Husdjur* 10 (2006): 13-15

Rodhe L & Pell M. 2005. Täckt ytmullning av flytgödsel i vall – teknikutveckling, ammoniakavgång, växthusgaser och avkastning. JTI-rapport Lantbruk & Industri 337, Institutet för jordbruks- och miljöteknik. Uppsala

SCB. 2008. Energianvändningen inom jordbruket 2007. Statistiska centralbyrån.

Sevenster M & de Jong F. 2008. A sustainable dairy sector. Global, regional and life cycle factors and figures on greenhouse-gas emission. CE Delft. [www.ce.nl](http://www.ce.nl)

Sommer S G, Møller H B & Petersen, S O. 2001. Reduktion af drivhusgasemission fra gylle og organisk affald ved biogasbehandling. DJF rapport nr 31 Husdyrbrug. Danmarks JordbrugsForskning, Tjele.

Weidema B, Wesnæs, M, Hermansen, J, Kristensen, T, Halberg, N, Eder, P (ed), & Delgado, L. (ed). 2008. Environmental Improvement Potentials of Meat and Dairy Products. EU Commission, Joint Research Team and Institute for Prospective Technological Studies. ISBN 978-92-79-09716-4

## 7.1 PERSONLIGA MEDDELANDEN

Larsson, Nils-Erik, Svensk Mjök, Stockholm

Murphy, Michael, Lantmännen, Stockholm