



Foto: Sven Andersson

## Livscykelanalys av närproducerade foderstater för mjölkcor

*Life cycle assessment of locally produced feed for dairy cows*

Magdalena Wallman  
Christel Cederberg  
Britta Florén  
Ingrid Strid



SLU, Sveriges lantbruksuniversitet  
Institutionen för energi och teknik

Swedish University of Agricultural Sciences  
Department of Energy and Technology

Livscykelanalys av närproducerade foderstater för mjölkkor

Life cycle assessment of locally produced feed for dairy cows

Magdalena Wallman  
Christel Cederberg  
Britta Florén  
Ingrid Strid

Rapport/Report 019  
ISSN 1654-9406

Uppsala 2010

Nyckelord: drank, energy use, energianvändning, foder, LCA, majsensilage, miljöpåverkan, raps, transport, vall, ärter

## Sammanfattning

Denna studie vill bidra till kunskapsuppbyggnaden kring hur fodervalet inverkar på miljöbelastningen från mjölkproduktionen, baserat på både fodrets produktion och djurens omsättning av fodret.

Fem foderstater, som alla är beräknade för att ge 9000 kg ECM mjölk per år, har jämförts: en normal, tre olika närproducerade och en majsensilage-baserad (se Tabell I).

Tabell I. Foderstaternas innehåll [kg].

Fodermedel	1. Utgångsläge	2. Agrodrank	3. Mer och bättre vall	4. HP-massa och majs	5. Raps, ärter, klöverensilage
Gräsensilage, 2 skördar, ts	3367	3346		1601	-
Gräsensilage, 3 skördar, ts	-	-	4499	-	-
Blandvallsensilage, ts	-	-			2989
Majsensilage, ts	-	-		549	-
HP-massa, ts	-	-		427	488
Spannmål	1620	1373	1007	1818	1278
Agrodrank	-	549		-	-
Betför	275	275		-	-
Rapsmjöl	-	-		-	204
Rapskaka	-	-		-	400
Ärter	-	-		-	881
Sojamjöl	-	-		85	-
Unik 52	1196	924	726	1473	-
<b>Foderegenskaper</b>					
Kg ts foder	6090	6095	6020	5542	5736
Grovfoderandel	57 %	57 %	75 %	47 %	61 %
Kg ingående soja	239	185	145	380	-
Andel nordeuropeiska fodermedel	94 %	96 %	97 %	91 %	100 %

Livscykelanalysmetodik har använts för att beräkna energianvändning och markanvändning liksom bidrag till klimatpåverkan, övergödning och försurning för en tänkt gård med 100 kor i Västra Götaland.



Resultaten visar att ingen foderstat var genomgående bättre ur alla miljöaspekter (Tabell II). Foderproduktionen (inkl. stallgödselspridning) hade större betydelse än djurens emissioner för alla miljöeffekter utom klimatpåverkan. Foderproduktionen var också det led i produktionskedjan som gav störst skillnad mellan alternativen. För klimatpåverkan berodde de små skillnaderna delvis på valet av beräkningsmetod för djurens metanutsläpp, där den använda Lindgren-metoden inte gav utslag för fodrets grovfoderandel.

Energianvändningen var den miljöeffekt som påverkades mest av fodervalet, där foderstaten med Raps, ärter, blandvallsensilage hade lägst energianvändning, följt av Mer och bättre vall-foderstaten. Dessa två foderstater gav samtidigt ett högre bidrag till

övergödning och krävde mera mark, samt att Mer och bättre vall-fodret dessutom gav ett större bidrag till försurningen. Det sistnämnda var dock delvis en effekt av metodval, eftersom detta foder tog emot en större andel av stallgödseln än övriga foder. Det foder som lyckades bäst med att sänka bidraget till klimatpåverkan var Raps, ärter, blandvallsfodret.

Tabell II. Relativ miljöpåverkan jämfört med Normal-foderstaten.

	2 Agrodrank	3 Mer och bättre vall	4 Majs och HP-massa	5 Raps och ärter
Energi	0,97	0,83	1,01	0,74
Mark	0,96	1,03	0,93	1,11
Klimat	1,00	0,99	0,98	0,89
Försurning	1,01	1,14	0,88	0,94
Övergödning	0,98	1,06	0,92	1,14

 > 10 % bättre  
 > 10 % sämre

Transporternas energianvändning har analyserats särskilt. För Normalfodret och Agrodrankfodret utgjorde transportenergin 15 % av den totala energianvändningen, för Bättre vallfodret 10 % och för HP-massa & Majs liksom för Raps, ärter & klöver 28 % av energin. De sista två fodren fick höga värden pga dessas innehåll av HP-massa, som är en fuktig produkt som antagits transporterats en relativt lång sträcka. Begreppet Närproducerat foder i bemärkelsen svenska fodermedel bidrog inte entydigt till sänkt transportenergianvändning, utom i den känslighetsanalys där gården antogs ligga inom 100 km från sockerbruket som gör HP-massan. Däremot hade foderstaten med stor andel gårdsproducerat foder (Bättre vall) en tydligt lägre transportenergianvändning.

Transportenergin varierade stort mellan foderalternativen, men hade ändå bara en måttlig inverkan på energianvändningen totalt sätt. En förklaring till Raps, ärter och klöver-fodrets låga energianvändning, trots sin höga transportenergianvändning, är den höga andelen kvävefixerande växter i foderstaten (klöver och ärter) som möjliggör låga givor av handelsgödsel vid foderodlingen. Närproducerat foder verkar därför ha mindre relevans än handelsgödselnått foder för att spara energi genom fodervalet.

Foderstaten med enbart närproducerat proteinfoder och ensilage från kvävefixerande blandvallar (Raps, ärter och klöver) har miljöfördelar i form av lägre energianvändning och mindre klimatpåverkan än utgångsläget i denna studie. Men, det är samtidigt en foderstat som enligt denna studie kan ge ett större bidrag till övergödningen än övriga alternativ. Med åtgärder för att minska risken för övergödande utsläpp, t.ex. kväveläckage, bedöms denna foderstat dock vara den bästa av de undersökta alternativen.

## Summary

This study aims to contribute to the knowledge on environmental consequences of feed choice in dairy production, based on both feed production and animal feed utilisation.

Five feed rations, all calculated to yield 9000 kg ECM milk annually, have been compared: one normal, three locally produced and one maize silage-based (see Table I).

Table I. Content of feed rations [kg].

Feed ingredient	1. Normal	2. DDGS	3. More and better silage	4. Beet pulp and maize	5. Rapeseed, peas, clover
Grass silage, 2 harvests, dw	3367	3346		1601	-
Grass silage, 3 harvests, dw	-	-	4499	-	-
Clover-grass silage, dw	-	-			2989
Maize silage, dw	-	-		549	-
Pressed sugar beet pulp, dw	-	-		427	488
Cereal	1620	1373	1007	1818	1278
Distillers dried grains with solubles, DDGS	-	549		-	-
Dried sugar beet pulp pellets	275	275		-	-
Rapeseed meal	-	-		-	204
Rapeseed cake	-	-		-	400
Peas	-	-		-	881
Soybean meal	-	-		85	-
Concentrate, Unik 52	1196	924	726	1473	-
<b>Feed character</b>					
Kg dw feed	6090	6095	6020	5542	5736
Roughage share	57 %	57 %	75 %	47 %	61 %
Kg included soy	239	185	145	380	-
Share of feed from northern Europe	94 %	96 %	97 %	91 %	100 %



Life cycle assessment methodology was used to estimate energy use and land use as well as potential contribution to climate impact, acidification and eutrophication for a scenario of a 100 head milk farm in Västra Götaland county.

The results gave that no feed ration was consistently better for all environmental categories (Table II). Feed production (incl. farm yard manure spreading) was more important than animal emissions for all environmental effects except climate impact. Feed production was also the part of the production chain with the largest variation between the alternatives. The small difference in contribution to climate impact was partly due to the choice of method for calculation of enteric methane emissions, where the used Lindgren-method did not consider share of roughage feed.

Energy use was the environmental category that was most affected by the feed choice, where the feed ration with Rapeseed, peas and clover silage had the lowest primary energy use followed by the More and better silage. However, Rapeseed, peas and clover also had a higher contribution to eutrophication and used more land, and the More and better silage feed had a higher contribution to acidification. The latter was though partly an effect of methodology, since this feed received a higher share of the manure than the other feeds. The feed that managed to lower its contribution to climate impact most was the Rapeseed, peas and clover silage feed.

Tabell II. Relative environmental impact compared to the Normal feed ration.

	2 DDGS	3 More and better silage	4 Maize and beet pulp	5 Rapeseed and peas
Energy use	0,97	0,83	1,01	0,74
Land use	0,96	1,03	0,93	1,11
Climate impact	1,00	0,99	0,98	0,89
Acidification	1,01	1,14	0,88	0,94
Eutrophication	0,98	1,06	0,92	1,14

 > 10 % better  
 > 10 % worse

Transport energy use was assessed. For the normal and the DDGS feeds, transport energy use represented 15 % of the total energy use, for More and better silage 10 % and for Beet pulp & Maize as well as for Rapeseed, peas and clover it was 28 %. The last two feeds got high values due to their content of pressed sugar beet pulp, which is a moist product that was assumed to be transported relatively far. The concept of locally produced feed in the sense Swedish feeds did not unambiguously give lower transport energy use, except in a sensitivity analysis where the farm was assumed to be situated within 100 km from the sugar mill producing the beet pulp.

On the contrary, the feed ration with a high share of on-farm produced feed (More and better silage) had a noticeably lower transport energy use.

The transport energy varied largely between the feed rations, but had only a moderate impact on total energy use. The low total energy use of the Rapeseed, peas and clover feed, despite its high transport energy use, was explained by the high share of nitrogen fixing crops (peas and clover) that enables low use of mineral fertilizers in the feed production. *Locally produced* feed thus seem to have lower relevance than *mineral fertilizer saving* feed, when aiming for low total energy use by the choice of feed.

The feed ration with only locally produced protein feed and silage from nitrogen fixing clover-mixed leys (the Rapeseed, peas and clover-feed) had environmental advantages in the form of lower energy use and lower contribution to climate impact than the normal feed of this study. However, this feed ration was also estimated to give a higher contribution to eutrophication than the other alternatives. With measures to lower the risk of eutrophying emissions, such as nitrogen leaching, this feed ration was concluded to be the best of the studied alternatives.

## Förord

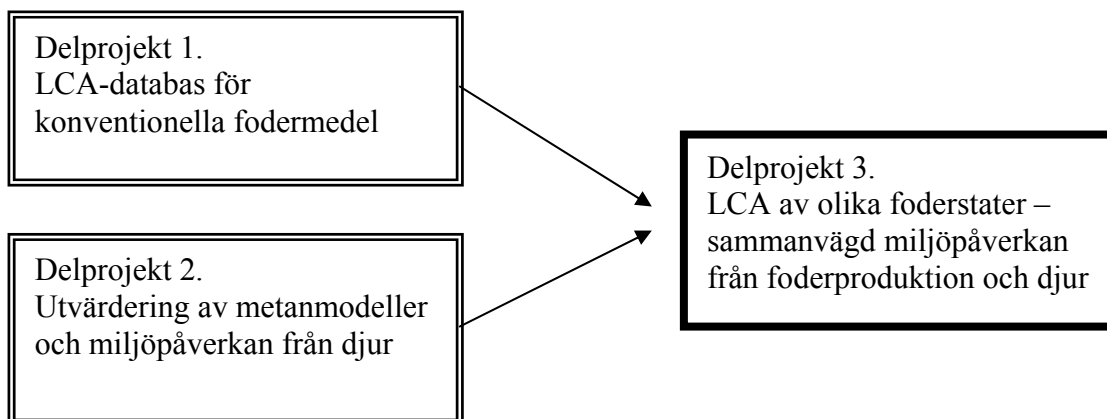
Denna rapport redovisar resultaten från delprojekt 3 inom forskningsprojektet:  
**Närproducerat foder till svenska mjölkkor – miljöpåverkan från foderproduktion och djur.**

Projektet drivs av Sveriges Lantbruksuniversitet som ett samarbete mellan institutionerna för Energi och Teknik (Ingrid Strid, huvudsökande) respektive Husdjurens utfodring och vård (Jan Bertilsson, medsökande). Delar av projektet, främst livscykelanalysberäkningar, har utförts av Institutet för Livsmedel och Bioteknik AB (SIK).

Projektet är finansierat av Stiftelsen Lantbruksforskning (SLF) och pågår 2007 – 2009.

Nedan visas en skiss över projektets huvudsakliga delar. Delprojekt 1 och 2 är avslutade, se: Flysjö, A., Cederberg, C. och Strid, I., 2008. *LCA-databas för konventionella fodermedel*, SIK-rapport 772, Institutet för Livsmedel och Bioteknik AB, Göteborg, respektive Liljeholm, M., Bertilsson, J. och Strid, I., 2009. *Närproducerat foder till Svenska mjölkkor – miljöpåverkan från djur*, Rapport 273, Institutionen för husdjurens utfodring och vård, SLU. Delprojekt 3 redovisas i denna rapport: Wallman, M., Strid, I., Cederberg, C. och Florén, B., 2010. *Livscykelanalys av närproducerade foderstater för mjölkkor*, Rapport 019, Institutionen för Energi och Teknik, SLU.

Uppsala, januari 2010  
Ingrid Strid



*Ingående delprojekt och deras förhållande till varandra. Delprojekt 3 redovisas i denna rapport.*



## INNEHÅLL

SAMMANFATTNING.....	2
SUMMARY .....	4
FÖRORD .....	6
1    INLEDNING.....	8
2    LCA-METODIK.....	9
3    DEFINITION AV STUDIENS MÅL OCH OMFATTNING.....	11
3.1    STUDIENS MÅL OCH SYFTE .....	11
3.2    STUDIENS OMFATTNING .....	11
3.3    FUNKTIONELL ENHET .....	13
3.4    ALLOKERING.....	13
3.5    GENERELLA ANTAGANDEN.....	14
3.6    DATAKVALITET.....	14
4    INVENTERING AV DATA.....	16
4.1    VALDA FODERSTATER.....	16
4.2    PRODUKTION OCH TRANSPORT AV FODERMEDEL .....	16
4.3    EMISSIONER FRÅN DJUR .....	19
4.4    EMISSIONER FRÅN GÖDSEL TILL OCH MED LAGRING.....	19
5    BEDÖMNING AV MILJÖPÅVERKAN .....	21
5.1    KLASSIFICERING OCH KARAKTÄRISERING .....	21
5.2    BESKRIVNING AV VALDA MILJÖPÅVERKANSKATEGORIER .....	21
6    RESULTAT .....	24
6.1    ENERGIANVÄNDNING .....	24
6.2    KLIMATFÖRÄNDRING .....	25
6.3    ÖVERGÖDNING.....	26
6.4    FÖRSURNING .....	27
6.5    MARKANVÄNDNING .....	28
7    TOLKNING AV RESULTAT.....	30
8    REFERENSER.....	32
Bilaga 1. Inventeringsdata för majsensilage och Bättre vall-ensilage	
Bilaga 2. Miljöbelastning för ingående fodermedel	
Bilaga 3. Resultat i tabellform	
Bilaga 4. Stallgödsel: växtnäringssinnehåll och behov av spridningsareal	
Bilaga 5. Transportenergi	

## 1 Inledning

Närproducerat foder förs ofta fram i debatten som ett sätt att minska miljöbelastningen från animalieproduktion. Vad som definierar ett närproducerat foder är inte entydigt, utan varierar beroende på aktör. Begreppet kan syfta på foder odlat inom den egna gården, som i fallet med KRAV:s regler om hög självförsörjningsgrad av foder (KRAV, 2009). Närproducerat kan ha en regional tolkning, som när restprodukter från tex livsmedelindustrier används inom samma region. Det kan även syfta på foder odlat i norra Europa till skillnad från importerat foder från fjärran länder, som i Svensk Mjölks kunskapsuppdatering om närodlat foder till mjölkkor och i Lantmännens foderprodukt Nötfor Nära (Emanuelsson et al., 2006; Lantmännen, 2009).

De potentiella miljöfördelarna med närproducerat foder ligger bland annat i att fodertransporter minskas, att närsalter cirkuleras och att proteinfoder som kommer från befintliga jordbruksområden utan nyodling prioriteras. Expansionen av sojaodling är en av de främsta drivkrafterna bakom avskogningen av den brasilianska tropiska skogen (Nepstad, m.fl., 2006), och soja är ett av de mest miljöbelastande fodermedlen till svenska djur enligt foderdatabasen (Flysjö, m.fl., 2008; se projekt 1 i Förordet). När närproducerat definieras som producerat på eller i närheten av gården, kan miljöfördelar även uppkomma genom att gödseln kan spridas på den foderproducerande arealen. Därmed skapas även goda förutsättningar för ett välfungerande växtnäringskretslopp.

En potentiell nackdel med närodlat foder är, om detta t.ex. medför ett större intag av grovfoder, att det skulle orsaka högre utsläpp av metan från djuren. En annan tänkbar nackdel är förknippad med höga utsläpp av kväve och fosfor, som kan bli följden av ett högt intag av protein- och fosforrika fodermedel, såsom rapsmjöl och agrodrank.

I den här studien jämförs olika foderstater med hjälp av livscykelanalysmetodik. Tre av dem kännetecknas av att de innehåller en hög andel svenskproducerade fodermedel, varav en med hög andel gårdsproducerat foder. Som jämförelse finns en normal foderstat och en med hög andel majsensilage. Majsensilage har under de senaste åren blivit föremål för ett ökande intresse som fodermedel för svenska mjölkkor och har därför tagits med som ett jämförelsefoder (se t.ex. Abrahamsson, 2008). Studien länkar ihop resultat från foderodling, foderförädling och fodertransport med resultat från djurens omsättning av fodret inklusive gödselns sammansättning och emissioner till och med lagring. På detta sätt avser projektet att täcka in flera av de för- och nackdelar som de olika foderstaterna kan ge upphov till. Projektet bidrar även till kunskapsuppbyggnaden kring begreppet närproducerat foder genom att särredovisa transporterandens andel av den totala energianvändningen för varje foderstat.

## 2 LCA-metodik

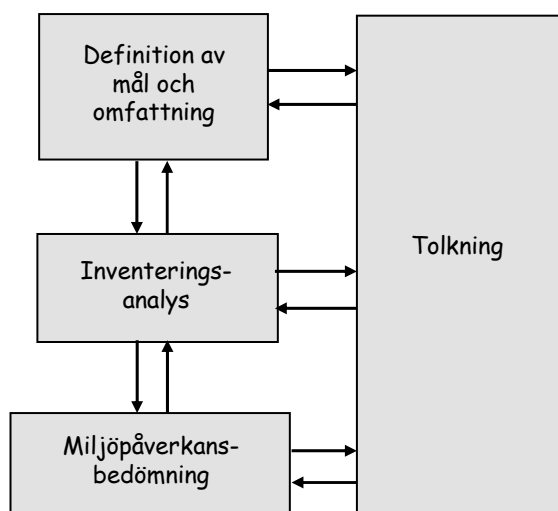
I denna studie har livscykelanalysmetodik tillämpats. De olika faserna i en livscykelanalys (LCA) är

- definition av studiens mål och omfattning
- inventeringsanalys
- miljöpåverkansbedömning
- resultattolkning

Ramverket för LCA-metodiken är standardiserat som ISO-standard (ISO 14040 och 14044) och framgår av figur 2.1.

I *studiens mål och omfattning* definieras projektets målsättning och syfte samt avgränsningar. I en LCA relateras alla resultat till en beräkningsbas som benämns den funktionella enheten. I mål och omfattning definieras studiens systemgränser, och de flöden som exkluderas anges tydligt.

*Inventeringsanalysen* omfattar insamling och bearbetning av data. I inventeringsfasen skall alla inflöden till det studerade systemet (t.ex. energi och material) och alla emissioner från systemet identifieras och kvantifieras.



Figur 2.1. Faser i en LCA (phases in LCA)

Syftet med *miljöpåverkansanalysen* är att analysera och bedöma miljöpåverkan av alla flöden som har identifierats i inventeringsanalysen. Det första steget i miljöpåverkansanalysen är klassificeringen, då olika typer av resursanvändning och emissioner sorteras upp i miljöpåverkanskategorier, t ex växthusgaser i kategorin klimatförändring och övergödande ämnen i kategorin eutrofiering. Det andra steget är karakterisering. I denna fas bedöms den relativa fördelningen av varje emission för respektive miljöpåverkanskategori. Exempelvis viktas de olika växthusgaserna samman i koldioxidekvivalenter i kategorin klimatförändringar. I denna studie är

miljöpåverkansanalysen uppdelad på kapitel 5, *Bedömning av miljöpåverkan* och 6, *Resultat*.

I den slutliga *tolkningsanalysen* dras slutsatser från inventeringsanalysen och bedömningen av miljöpåverkan. Denna fas kan innehålla en genomgång av studiens datakvalitet och en känslighetsanalys. Det viktigaste syftet med en LCA är att finna de mest miljöpåverkande delarna (så kallade "hotspots") för att bättre kunna optimera miljöarbetet och sätta in åtgärder i rätt del av livscykeln.

Studien bygger vidare på den foderdatabas som togs fram i delprojekt 1 (se Förord), och som finns inlagd i det datorbaserade livscykelanalysverktyget SimaPro 7.1 (Pré Consultants). SimaPro används både för att hantera de ingående fodermedlens miljöprofiler och för att räkna om de studerade scenariernas inventeringsdata till miljöpåverkan, s.k. midpoint LCIA (life cycle impact assessment). I mjukvaran SimaPro ingår databasen Ecoinvent, som utgjort underlag för beräkningar av transporter, elproduktion samt produktion och användning av diesel (ecoinvent Centre, 2007).

### 3 Definition av studiens mål och omfattning

#### 3.1 Studiens mål och syfte

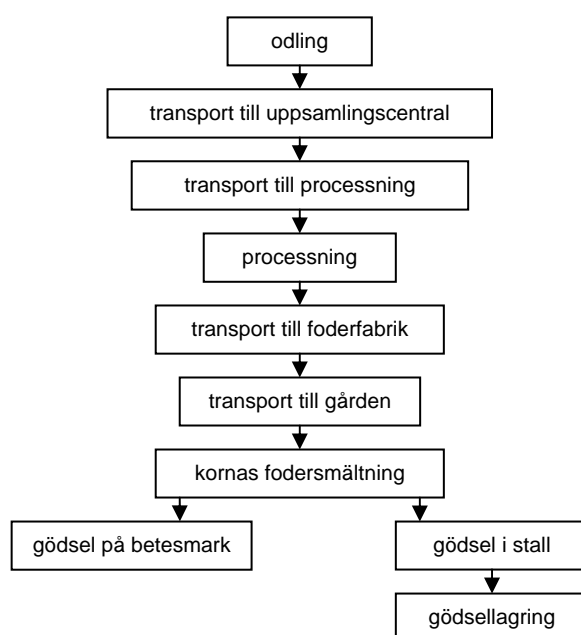
Målsättningen med projektet är göra livscykelanalyser av olika foderstater för mjölkkor för att sedan jämföra foderstaternas miljöpåverkan. Syftet är att öka kunskapen om fodervalets (särskilt närproducerat proteinfoder), betydelse för mjölkproduktionens miljöpåverkan.

Fyra olika foderstater studeras och jämförs med varandra samt med en foderstat som bedöms som typisk för dagens svenska mjölkproduktion. De miljöpåverkanskategorier som analyseras är energianvändning, markanvändning, klimatförändring, försurning och övergödning.

#### 3.2 Studiens omfattning

Studien omfattar en foderstats livscykel 'från vaggan till graven', det vill säga även fodrets användningsfas i mjölkkon och efterföljande gödselhantering tas med.

Foderstaten studeras från och med produktion av insatsmedel till foderodlingen, över produktion och transport av fodret, över djurens emissioner vid fodersmältning till och med gödselns emissioner på bete och vid lagring. För denna kedja har uppgifter om utvinning och produktion av råmaterial och energi för de olika stegen samt utsläpp samlats in. Vid insamlingen av data har förhållanden giltiga för en större, modern mjölkgård i Västra Götalands län använts för samtliga foderstater. Systemets omfattning illustreras i figur 3.1.



Figur 3.1: De olika delprocesser som ingår i studien.

### 3.2.1 Systemavgränsningar

#### *Gränsen mellan teknosfären och biosfären*

Jordbruksmarken betraktas som en del av odlingsystemet. Det innebär att först när näringsämnen lämnar rotzonen och inte längre är tillgängliga för växterna, blir de utsläpp till luft och vatten.

#### *Fodermedel*

I analysen av grovfoder ingår produktionen av plansilo för vallensilaget, eftersom data hämtats från en förstudie till foderdatabasen (Strid och Flysjö, 2007), som utgör underlag för jämförelse mellan olika ensileringstekniker. Övriga fodermedel har inte med produktion och drift av lagringsbyggnader, och är därför något underskattade.

#### *Transporter, produktion av fordon och infrastruktur*

I denna studie har vi hämtat data för transporter från databasen Ecoinvent (2007), där produktion och avfallshantering för fordon samt infrastruktur är inkluderat och därför är detta medtaget. Detta gäller för samtliga miljöpåverkanskategorier. Detta innebär att i miljöpåverkan från transporterna har flera faktorer beaktats än för delstegen odling och processning.

#### *Produktion och användning av stallgödsel*

Emissioner från gödselspridningen ingår i beräkningen av utsläpp från odlingen av fodergrödorna. Eftersom stallgödselspridningens miljöeffekter ingår i foderodlingen och inte i gödselhanteringen, relateras inte emissionerna från spridningen till gödselns sammansättning utifrån foderstaterna. Däremot finns denna koppling vid gödselns lagring.

#### *Bekämpningsmedel*

Produktion av bekämpningsmedel samt dieselanvändningen för spridning av medlen ingår i växtodlingens miljöpåverkan. Däremot ingår inte pesticidpreparatens toxicitet, eftersom miljöpåverkanskategorin ekotoxicitet inte beaktats i studien.

#### *Förändringar i markens kolförråd*

Förändringar i markens kolinnehåll vid odling har exkluderats för svenska och europeiska fodergrödor.

I samband med att regnskog i tropikerna omvandlas till odlingsmark för exempelvis oljepalm och soja, sker en nedbrytning av markens kol och koldioxid avges. De senaste åren har studier publicerats som har kvantifierat dessa kolförluster och förlusterna inkluderas numera som en emission i Ecoinvents databas. Förändringar i markens kolförråd orsakade av förändrad markanvändning (från regnskog till odlingsmark) ingår därför i emissionsdata för foderprodukterna palmkärnexpeller och sojamjöl. Båda ingår i koncentratet Unik 52 och sojamjöl förekommer dessutom i ren form i en av de studerade foderstaterna.

#### *Utsläpp av växthusgaser orsakade av avskogning*

När regnskogar huggs ner eller bränns upp för att marken skall omvandlas till odlings- eller betesmark frigörs stora mängder koldioxid. I FAO-rapporten "Livestock's long Shadow" (Steinfeld m.fl., 2006) framkom att koldioxid från avskogning utgör en

tredjedel av växthusgasutsläppen för världens animalieproduktion. Endast enstaka studier har hittills kopplat växthusgaser från avskogning direkt till en produkt. Jungbluth & Frischknecht (2007) uppskattar att om utsläppen av den avskogning som expanderande sojaodling i Brasilien orsakar inkluderas i LCA-studier, skulle utsläppen av växthusgaser i sojabönors livscykel mer än fördubblas jämfört med om endast fossil koldioxid, lustgas och metan beaktas.

På grund av bristande dataunderlag och att den ännu inte finns någon konsensus kring metodik för hur utsläpp från avskogning skall beräknas och allokeras till produkter har dessa inte inkluderats i denna studie. Detta innebär en underskattning av estimatet för utsläpp av växthusgaser, för framförallt sojamjöl och i viss mån för palmkärnexpeller. Det är framförallt foderstaten med Majs och HP-massa som påverkas av detta, eftersom det är den foderstat som innehåller mest Unik 52, där både soja och palmkärnexpeller ingår. Dessutom innehåller denna foderstat ytterligare soja.

#### *Ammoniakavgång från grödor*

Ammoniakavgång från grödor har inte inkluderats i denna studie och detta utsläpp beaktas inte heller i svensk miljörapportering (SCB 2009).

### **3.3 Funktionell enhet**

Den funktionella enheten utgör studiens räknebas och ska avspegla produktens nytta samt vara praktiskt mätbar. I studien jämförs miljöpåverkan från fem olika foderstater. Dessa är sammansatta för att ge samma genomsnittliga mjölkavkastning: 9000 kg ECM (energikorrigerad mjölk) per ko och år. I årsförbrukningen av foder ingår även det foder kon äter under den två månader långa sinperioden. Inget fodertillägg för dräktighet har gjorts. Den funktionella enheten är *en årsfoderstat som förser en mjölkko med foder för att ge 9000 kg ECM per år.*

### **3.4 Allokering**

Allokering innebär i LCA-sammanhang hur miljöpåverkan och resursbehov fördelas mellan produkter i ett produktionssystem som genererar mer än en produkt. Allokeringssituationer uppkommer till exempel när det, som i många produktionsanläggningar, produceras mer än en produkt i en tillverkningsprocess, eller när vi får ut flera produkter från en råvara.

Grund för beräkningen av fodermedlens miljöpåverkan är de data som finns i SLU:s och SIK:s gemensamma foderdatabas (Flysjö m.fl., 2008). I databasen görs ekonomisk allokering mellan produkter och biprodukter.

Eftersom studien inte syftar till att analysera mjölk ur ett livscykelperspektiv, görs ingen allokering av miljöeffekter mellan mjölk och kött.

### 3.5 Generella antaganden

Mjölkkande kor och sinkor antas nyttja betesmark i samma utsträckning. Betesmarken antas inte ha någon betydelse för foderförsörjningen, men däremot antas den ta emot 15 procent av djurens årliga gödsel.

Spannmål i foderstaterna representeras i studien av lika delar korn och havre. Antaganden som gäller fodermedel presenteras utförligt i rapporten *LCA-databas för konventionella fodermedel* (Flysjö m.fl., 2008) och översiktligt i bilaga 1.

I miljöpåverkan från fodermedlen ingår transport till gården. Inköpta fodermedel antas levereras från en foderfabrik 10 mil från gården, utom när det gäller HP-massa som antas levereras direkt till gården från sockerbruket i Örtofta (40 mil från gården). Vallfoder och majsensilage antas produceras på gården.

I studien antas att gödseln lagras som flytgödsel med svämtäcke. Påfyllning antas ske underifrån. Den mängd kväve som avgår som kväveoxider (med undantag för lustgas) från stallgödseln på bete, i stall och under lagring antas vara försumbar.

### 3.6 Datakvalitet

Data skall vara tidsmässigt representativa och beskriva systemet i dagsläget. Data skall även vara geografiskt och teknologiskt representativa, det vill säga ta hänsyn till de specifika systemens geografiska placering och tekniknivå.

Denna studie bygger till stor del på inventeringar och beräkningar som utförts inom delprojekt 1 och 2. Uppgifter om kvaliteten på data från dessa projekt finns i delprojektrapporterna, se punkt 3.6.1 och 3.6.2 nedan.

#### 3.6.1 Foder

Data över fodermedlen är hämtade från *LCA-databas för konventionella fodermedel* (Flysjö m.fl., 2008). För de fodermedel som finns regionspecifierade i foderdatabasen har ett antagande gjorts att dessa består av 1/3 öst, 1/3 syd och 1/3 väst.

För denna studie har ytterligare två fodermedel inventerats: majsensilage och ensilage från bättre vall, definierad som vall från treskördesystem till skillnad från tvåskördesystem. Se tabell 4.2 och bilaga 1.

Utlakning av nitrat vid odling av ensileringsmajs och vall med tre skördar har beräknats i dataprogrammet *Stank in Mind* (Jordbruksverket, 2009). Odlingen antas vara belägen i Lidköpings kommun och jordarten antas vara lättlera.

#### 3.6.2 Metan från djur

Data över metanemissioner från djurens fodermältning har hämtats från Liljeholm, m.fl., 2009. Metanemissionerna har beräknats med Lindgrens metod (Lindgren, 1980).



### *3.6.3 Emissioner från gödsel*

De exkretionsdata som använts vid beräkning av emissioner från gödsel i stall, på bete och under lagring är hämtade från delprojekt 2, se tabell 4.4. För att beräkna emissionerna av metan och lustgas har emissionsfaktorer enligt IPCC använts (IPCC 2006). För ammoniakavgång har emissionsfaktorer enligt databasen Stank in Mind använts (Jordbruksverket, 2009). Indata och källor för beräkningarna redovisas i tabell 4.5.

## 4 Inventering av data

### 4.1 Valda foderstater

Sammanställningen av foderstaterna framgår av tabell 4.1. Foderstaterna har hämtats från Liljeholm m.fl. (2009). De mängder som anges avser kg foder per ko och år med den torrsubstanshalt (ts-halt) som fodret har, utom när det gäller ensilage, HP-massa och majsensilage. För dessa fodermedel anges mängden i stället som kg ts per ko och år. De torrsubstanshalter som beräkningarna bygger på redovisas i bilaga 2 till *LCA-databas för konventionella fodermedel* (Flysjö m.fl., 2008).

Tabell 4.1: Foderstaternas sammansättning. För ensilage, majsensilage och HP-massa anges mängden torrsubstans (kg ts). För övriga fodermedel anges mängderna med den vattenhalt fodermedlet har (kg).

Fodermedel	1. Utgångsläge	2. Agrodrank	3. Bra vall	4. HP-massa och majs	5. Raps, ärter, klöverensilage
Gräsensilage, 2 skördar, ts	3367	3346		1601	-
Gräsensilage, 3 skördar, ts	-	-	4499	-	-
Blandvallsensilage, ts	-	-			2989
Majsensilage, ts	-	-		549	-
HP-massa, ts	-	-		427	488
Spannmål	1620	1373	1007	1818	1278
Agrodrank	-	549		-	-
Betför	275	275		-	-
Rapsmjöl	-	-		-	204
Rapskaka	-	-		-	400
Ärter	-	-		-	881
Sojamjöl	-	-		85	-
Unik 52	1196	924	726	1473	-
<b>Foderegenskaper</b>					
Kg ts foder	6090	6095	6020	5542	5736
Grovfoderandel	57 %	57 %	75 %	47 %	61 %
Kg ingående soja	239	185	145	380	-
Andel nordeuropeiska fodermedel	94 %	96 %	97 %	91 %	100 %

### 4.2 Produktion och transport av fodermedel

De foder mängder som denna studie beräknar miljöeffekter för är baserade på foderstaterna i Tabell 4.1. som bygger på foderbehovet för 9000 kg mjölk. Det innebär att inget foderspill finns med i beräkningarna. Om foderspilletts andel av den utfodrade mängden är densamma för olika fodermedel, så påverkar förekomsten av foderspill resultaten av denna studie enbart när det gäller proportionerna mellan miljöpåverkan från foder å ena sidan och gödsel och metan från djur å den andra. Om det däremot är så att andelen spill är större från vissa fodermedel än andra, så kan det faktum att vi inte tar

hänsyn till spillet ge skevheter även i jämförelsen foderstater emellan. Vidare ingår inte någon överutfodring vilket ofta är fallet i praktiken.

Inventeringsdata har hämtats från foderdatabasen (Flysjö, m.fl., 2008) och för detaljerade data över fodermedlen hänvisas till den rapporten. För denna studie har kompletteringar gjorts med skattningar för produktion av ensilage från gräsvall som skördas tre gånger per år samt för majsensilage.

Resursanvändning vid och emissioner från foderproduktionen redovisas som karakteriserade data i bilaga 2. Där inkluderas även transport från foderfabrik till gård, vilket inte ingår i det dataunderlag som ges av Flysjö m.fl., 2008.

#### 4.2.1 Gödsling

Gödslingsdata för vall med tre skördar har hämtats från *Riktlinjer för gödsling och kalkning 2007* (Jordbruksverket 2006a). Dessa riktlinjer uppdateras varje år och baseras på ekonomiskt optimum för olika grödor. Därmed är rekommendationerna avhängiga priserna på både gödselmedel och avsalugröda, och varierar således mellan år. Generellt ligger gödslingsrekommendationerna i 2007 års riktlinjer högre än i 2009 års utgåva. Det innebär att emissionerna beräknade i denna rapport blir något högre än om de senaste riktlinjerna hade använts.

Orsaken till att 2007 års gödslingsrekommendationer har använts, är för att göra olika fodermedel jämförbara. För de flesta fodermedel hämtas uppgifter från Flysjö m.fl., 2008, där riktlinjerna från 2007 har använts. Därför har samma gödslingsrekommendation använts till de fodermedel som nyinventerats för denna rapport.

Mängden stallgödsel från de olika foderstaterna blir generellt högre än den mängd stallgödsel som antagits användas i produktionen av motsvarande foder, eftersom systemgränsen är satt så att det är grödans normala stallgödselgiva (SCB, 2006) som styr mängden använd gödsel. Mängden överskottsgödsel blir dessutom olika stor för olika foderstater, där framför allt alternativet Mer & bättre vall skiljer sig från de övriga genom att ha minst överskott (minst kväve i gödseln, och stor areal vall som antas ta emot en stor giva gödsel). Om överskottsgödseln antas kunna ersätta handelsgödsel har de foderstater med mest överskottsgödsel en fördel sett ur energianvändnings- och klimatpåverkans-aspekt som inte syns i resultaten, liksom de har en nackdel sett ur försurnings- och övergödningsaspekt. Detta eftersom emissionerna från spridningen liksom gödselvärdet av den överblivna gödseln anses belasta/gottskriva den gröda som får växtnäringen, och därmed ligger utanför systemgränsen för denna studie.

Mängden gödsel kan även betraktas ur ett mer praktiskt perspektiv, där producerad mängd relateras till arealen för vallfoder och majsensilage, som är de fodergrödor som antas odlas på den egna gården. För två av foderstaterna beräknas då produktionen av kväve och fosfor i stallgödseln bli alltför stora för att lagligt kunna spridas enbart på vall- och majsarealen (Jordbruksverket, 2006b och Europeiska gemenskapernas råd, 1991). De foderstater som ger för mycket växtnäring i gödseln i relation till juridiskt tillåten spridningsareal är 4, majs och HP-massa, och 5, ärter och raps. I dessa fall antas gården ha tillgång till ytterligare spridningsareal, t.ex. i form av intilliggande

spannmålsareal. Orsakerna till näringsöverskottet skiljer sig åt mellan foderstaterna. För nummer fyra förklaras det av att majsens ger hög avkastning per ytenhet, och att grovfoderarealen därför blir alltför liten för den gödsel som produceras. Orsaken till näringsöverskottet vid användning av foderstat fem är att fodret innehåller mycket kväve och fosfor, samtidigt som det används något mindre grovfoder (och därmed mindre grovfoderareal) än i foderstat 1, 2 och 3. Foderstaternas gödselbalanser sett ur detta praktiska perspektiv redovisas i bilaga 4.

Uppgifter om utlakning av kväve vid odling av olika fodermedel har hämtats från Flysjö m.fl., 2008. För vall med tre skördar och majsensilage, se bilaga 1.

#### 4.2.2 Grovfoder

I tabell 4.2 presenteras de fodermedel som tillkommit utöver vad som framkom i delprojekt 1 (Flysjö m.fl. 2008). För jämförelsens skull redovisas även gräsensilage med två skördar och blandvallsensilage, som redan fanns i databasen. För uppgifter om förluster av kväve och fosfor, se Flysjö m.fl. 2008 och bilaga 1.

Tabell 4.2: Nyckeldata för produktion av ensilage

	Baljväxtandel	Totalkväve i stallgödsel ton/(ha*år)	Kväve i mineralgödsel per ha och år, medel	Antal skördar	Totalskörd ton ts/(ha*år)
Gräsensilage, 2 skördar	< 25 %	93	115 kg N	2	7
Gräsensilage, 3 skördar	< 25 %	93	115 kg N	3	6
Blandvallsensilage	25-30 %	93	55 kg N	2	7
Majsensilage	0	200	80 kg N	1	11

All vallensilage ensileras i plansilo, medan majsens plastas in i rundbalar. Majsodlingen antas kräva 120 l diesel per hektar och år i körningar, exklusive bränsle för ensilering. Detta kan jämföras med gräsensilaget (2-skördars) som kräver ca 41 liter diesel per hektar och år. Skillnaden förklaras av att vallen är flerårig (tre år med skörd efter insåningsåret); bränsleåtgången för plöjning och vallbrott slås därför ut på tre år. För ytterligare dokumentation av odling och ensilering, se bilaga 1.

#### 4.2.3 Foderprocesser

I en av de studerade foderstaterna ingår rapskaka och rapsmjöl. På grund av brist på data har miljöeffekterna av dessa fodermedel likställts med miljöeffekterna av Expro. Tillverkning av Expro sker på samma sätt som tillverkning av rapsmjöl, men inbegriper dessutom en slutbehandling med tryck och värme. När det gäller rapskaka är skillnaden större: När slutprodukten är Expro (eller rapsmjöl) genomgår rapsen en behandling med hexan. Denna behandling medför att mer olja kan pressas ur fröna, vilket i sin tur betyder att en mindre del av tillverkningens miljöpåverkan ska allokeras till foderprodukten. Därför antas Expro kunna representera både rapsmjöl och rapskaka, med avseende på miljöpåverkan.

#### 4.2.4 Transporter

Vall och majs för ensilering antas odlas på gården, varför ingen fodertransport inkluderas för dessa fodermedel. Övriga fodermedel antas köpas in, och transport fram

till gården inkluderas i analysen. För detaljerade data över transporter av fodermedel fram till foderfabrik, se rapporten *LCA-databas för konventionella fodermedel* (Flysjö m.fl., 2008). Till foderdatabasens transportdata har data för transporten mellan foderfabrik och gård lagts. För detta antas en 10 mils transport med en lastbil som maximalt lastar 40 ton (70 procents lastgrad), med undantag av HP-massa (se nedan).

För transport av HP-massa räknar vi med 65 mils transport med en lastbil som maximalt lastar 40 ton, istället för de 20 mil som antagits i foderdatabasen. Detta representerar en körning från Örtofta i Skåne till Västgötaslätten (40 mil med lastningsgrad 90 %) och sedan tom återtransport till Laholm (25 mil). Från Laholm fraktas sockerbetor (dvs, inget av denna sista delsträcka belastar HP-massan). Det är vanligt att returresan på detta sätt utnyttjas till att köra sockerbetor från Laholmstrakten till Örtofta (Nilsson, 2009).

Varje foderstats energianvändning för transport av foder redovisas i bilaga 3. Transporter inom gården är inte medräknade. Transportens inverkan på övriga effektkategorier redovisas inte separat, eftersom det i första hand är för energianvändning som den får genomslag i resultaten.

### 4.3 Emissioner från djur

Data över metanemissioner från djurens fodermältning samt kväve och fosfor i gödseln har hämtats från Liljeholm, Bertilsson och Strid, 2009 och redovisas i tabell 4.4.

*Tabell 4.4: Emissioner från djurens fodermältning och gödselns innehåll av kväve och fosfor per ko och år vid produktion av 9 000 kg ECM. Uppgifterna om gödselns näringsinnehåll gäller före förluster i stall och lagring.*

Per producerade 9000 kg ECM	1. Utgångsläge	2. Agrodrank	3. Bra vall	4. HP-massa och majs	5. Raps-ärter-klöverensilage
Metan från djur, kg CH <sub>4</sub> /ko*år	129	130	131	128	126
Kväve i gödsel, kg N/ko*år	113	121	109	111	125
Fosfor i gödsel, kg P/ko*år	12	15	11	12	15

### 4.4 Emissioner från gödsel till och med lagring

Innehållet av kväve och fosfor i stallgödseln hämtas från balanser som tagits fram inom delprojekt 2 (Liljeholm, m.fl., 2009). Där beräknas mängderna av de båda näringsämnen i träck och urin från intag av foder minus utsöndring i mjölk.

Indata för beräkningar av emissioner av ammoniak, lustgas och metan från gödsel i stall, på bete och under lagring har hämtats från olika källor, se tabell 4.5.

Tabell 4.5. Indata och faktorer som använts vid beräkningen av emissioner från gödsel i stall, på bete och under lagring.

Faktor	Enhet	Värde	Källa
Kväve i gödsel	kg N/9000 kg ECM	se Tabell 4.4	Liljeholm m.fl., 2009
Andel av kons kväveutsöndring som avgår som NH <sub>3</sub> i stall	%	4	Jordbruksverket, 2009
Andel av kons kväveutsöndring som avgår som NH <sub>3</sub> eller NO <sub>x</sub> från flytgödsellager med svämtäcke	%	3	Jordbruksverket, 2009
Andel av kons kväveutsöndring som avgår som NH <sub>3</sub> från betesmark	%	8	Naturvårdsverket, 2009
B <sub>0</sub> , maximal metanbildande förmåga hos organiskt material (VS) i flytgödsel med svämtäcke	m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /kg VS	0,24	IPCC, 2006
MCF, andel av B <sub>0</sub> som omvandlas till metan i flytgödsellager med svämtäcke	%	10	IPCC, 2006

Emissionerna från gödsel är beräknade med IPCC:s metodik enligt Tier 2 (IPCC, 2006). Beräkningsresultaten återfinns i tabell 4.6.

Tabell 4.6: Beräknade emissioner av CH<sub>4</sub>, NH<sub>3</sub> och N<sub>2</sub>O från stall och flytgödsellagring Uppgifterna om gödselns torrsubstanshalt och kväveinnehåll har hämtats från Liljeholm m.fl., 2008.

Per producerade 9000 kg ECM	1. Utgångsläge	2. Agrodrank	3. Bra vall	4. HP-massa och majs	5. Raps, ärter, klöverensilage
Kväve i gödsel, kg N	113	121	109	111	125
Gödselmängd, kg ts	2132	2133	2107	1940	2007
Metanavgång, kg CH <sub>4</sub>	19	19	19	18	19
Ammoniakavgång, kg NH <sub>3</sub>	9,8	10,5	9,5	9,6	10,9
Lustgasavgång, indirekt (från deposition av ammoniak ), kg N <sub>2</sub> O	0,13	0,14	0,12	0,12	0,14
Lustgasavgång, direkt, kg N <sub>2</sub> O	1,29	1,38	1,24	1,26	1,42

## 5 Bedömning av miljöpåverkan

De miljöpåverkanskategorier som redovisas i den här studien är:

- Energianvändning
- Markanvändning
- Klimatförändring
- Försurning
- Övergödning

### 5.1 Klassificering och karaktärisering

Klassificering innebär att resultatet från inventeringen sorteras in under de olika miljöpåverkanskategorierna. En utsläppsparameter kan ibland ge upphov till flera olika miljöeffekter, till exempel kan kväveoxider (NO<sub>x</sub>) bidra till både försurning och övergödning. Då ger utsläppet utslag inom båda kategorierna.

Karaktärisering är ett sätt att beskriva det potentiella bidraget till en miljöeffekt från de olika utsläpp och den resursanvändning som behandlas i studien. Genom att använda så kallade karaktäriseringsindex kan utsläpp av olika ämnen som har samma slags miljöpåverkan översättas och göras jämförbara. De olika ämnenas bidrag presenteras i en gemensam räknebas (t.ex. gram koldioxidekvivalenter) som är specifik för varje miljöeffekt.

### 5.2 Beskrivning av valda miljöpåverkanskategorier

Miljöpåverkanskategorierna energi och mark är relaterade till systemets inflöden, medan miljöpåverkanskategorierna klimatförändringar, försurning samt övergödning är relaterade till systemets utflöden. Nedan beskrivs de miljöpåverkanskategorier som har studerats, samt de karaktäriseringsindex som använts.

Som metod för beräkning av effekterna beträffande markanvändning, klimatförändring, försurning och övergödning har CML 2001, uppdaterad enligt IPCC:s riktlinjer från 2007, använts. Som metod för beräkning av energianvändning har Cumulative Energy Demand (CED) använts.

#### 5.2.1 Energianvändning

I den här studien redovisas energianvändningen enbart som primär energi. Primär energi är den direkta energi som används i form av el och bränslen plus den energi som går åt för att utvinna den direkta energin och omvandla den till en användbar energiform, alltså den totala användningen av energikällor. Energianvändningen delas i denna rapport upp på fossil energi, kärnenergi och förnybar energi.

### 5.2.2 Markanvändning

Den grundläggande resursen för livsmedelsproduktion är åkermark. Ofta analyserar man jordbruksproduktion under ett år när man gör LCA för livsmedel. Den yta som åtgår för att producera en funktionell enhet (FE) anges då som m<sup>2</sup> år per funktionell enhet. För den funktionella enheten i den här studien (*en årsfoderstat som förser en mjölkko med foder för att ge 9000 kg ECM per år*) krävs mycket mark, och därför har hektar använts som enhet för markanvändningen.

### 5.2.3 Klimatförändring

Jorden värms upp av direkt solstrålning (huvudsakligen i våglängdsområdet 0,2-0,4 µm). Den uppvärmda jordskorpan avger sedan värmestrålning i det infraröda våglängdsområdet (4-100 µm). Denna strålning absorberas delvis av gaser i jordens atmosfär och en viss del emitteras tillbaka till jordytan och bidrar till en uppvärmning där. Denna effekt är känd som ”växthuseffekten”. Växthuseffekt är en naturlig effekt som medför att jordens temperatur är 33°C högre än vad den annars skulle vara. Till detta kommer den av människan förstärkta tillförseln av växthusgaser, gaser som påverkar jordens strålningsbalans. Ämnen i atmosfären från mänskliga aktiviteter som bidrar till denna effekt är framför allt koldioxid, metan, dikväveoxid (lustgas) och CFC (till exempel freoner). Emissionerna kan medföra en höjning av jordens medeltemperatur. Den av människan förstärkta växthuseffekten, som kan leda till klimatförändringar, är en global miljöeffekt. De karaktäriseringsindex som använts vid bedömning av klimatförändringar visas i Tabell 5.1.

Tabell 5.1: Karaktäriseringsindex för beräkning av potentiella klimatförändringar (GWP 100 år). IPCC 2007

Emission	Karaktäriseringsindex (gram per gram CO <sub>2</sub> )	
koldioxid (CO <sub>2</sub> )	1	luft
metan (CH <sub>4</sub> )	25	luft
lustgas (N <sub>2</sub> O)	298	luft

### 5.2.4 Försurning

Ammoniak från jordbruk och svaveldioxid och kväveoxider från förbränning av fossila bränslen är exempel på försurande ämnen. Dessa luftföroreningar omvandlas, förenar sig med vatten och bildar syror. Syrorna sänker pH-värdet i regnvattnet och orsakar försurning av mark och vattendrag. Verkan av försurande ämnen beror i hög grad av var ämnena hamnar. Generellt är Sverige känsligt för försurning på grund av den kalkfattiga berggrund som finns i större delen av landet. Det finns dock områden med kalkberggrund (t.ex. Gotland och delar av Jämtland), som inte påverkas nämnvärt av försurande nedfall.

Försurningen påverkar bland annat träden negativt och kan även leda till att vatten med lågt pH löser ut toxiska kvantiteter aluminium, som när det når sjöar och vattendrag kan skada växt- och djurliv. Försurning är en regional miljöeffekt. De karaktäriseringsindex som använts vid bedömning av utsläpp av försurande gaser visas i tabell 5.2.



Tabell 5.2: Karaktäriseringsindex för utsläpp av försurande gaser.  
CML 2001, uppdaterad 2008

Emission	Karaktäriseringsindex (gram per g SO <sub>2</sub> )	
ammoniak (NH <sub>3</sub> )	1,6	luft
kväveoxider (NO <sub>x</sub> )	0,76	luft
kvävedioxid (NO <sub>2</sub> )	0,5	
svaveldioxid (SO <sub>2</sub> )	1	luft

### 5.2.5 Övergödning

Här beaktas endast övergödning i vattensystemen, som också benämns eutrofiering. Ökad tillförsel av näringsämnen till vattensystem leder till ökad tillväxt av olika arter i systemet. Nedbrytningen av dem och av organiskt material i vattenemissioner kräver syre. Utsläpp av kväveföreningar till luft kan också bidra till ökad tillgång på kväve i vattendrag eftersom kväveföreningar återförs till marken med nederbörd och sedan till viss del hamnar i vattendrag. Den ökade syreförbrukningen kan leda till syrebrist, vilket kan skada både djur och växter. Tillväxten av biomassa i vattendrag begränsas i europeiska system vanligen av tillgången på näring i form av kväve eller fosfor. Fosfor är normalt det begränsande näringsämnet i sjöar och övre delen av Östersjön, medan kvävet är det näringsämne som begränsar tillväxten i havet. De karaktäriseringsindex som använts vid bedömning av eutrofiering visas i Tabell 5.3.

Tabell 5.3: Karaktäriseringsindex för eutrofiering.  
CML 2001, uppdaterad 2008

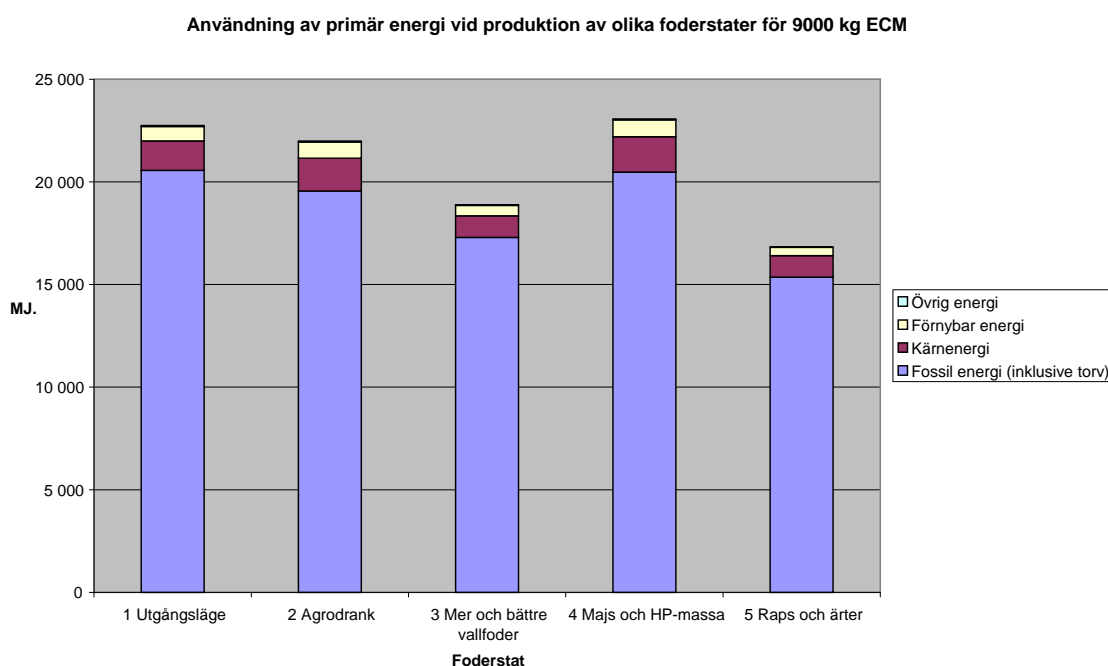
Emission	Karaktäriseringsindex (gram per gram PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> )
ammoniak (NH <sub>3</sub> )	0,35
kväveoxider (NO <sub>x</sub> )	0,13
ammonium (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )	0,33
nitrat (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	0,1
kväve (N)	0,42
fosfor (P)	3,06
fosfat (PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> )	1

## 6 Resultat

Nedan redovisas resultaten i text och diagram. I bilaga 3 ges resultaten i tabellform och i Tabell 7.1 finns en sammanställning av foderstaternas relativa miljöpåverkan i förhållande till Normalfodret.

### 6.1 Energianvändning

När det gäller energianvändning antas foderstaterna enbart skilja sig åt i foderproduktionen. Därför redovisas här endast den energi som används vid produktion och transport av fodermedel till foderstaterna.



Figur 6.1. Användning av primär energi (MJ per foderstat för 9000 kg ECM) för odling och transport av fodermedel till de olika foderstaterna, uppdelad på energislag.

Som framgår av Figur 6.1 kräver foderstaten med raps och ärter samt blandvall minst primär energi för transport och produktion av fodermedel; denna foderstat ligger ca 25 procent lägre än utgångsläget. Detta förklaras dels av att ärter har fått ersätta delar av det energikrävande koncentratet, och dels av att klövers kvävefixering ersätter en del av mineralgödselkvävet i vallodlingen. Vid produktion av ärter används inget handelsgödselkväve alls och för ensilage från blandvall med både gräs och klöver används ca 80 procent av den primära energi som används vid produktion av samma mängd ensilage från enbart gräsvall (förutsatt att avkastningen är densamma per hektar). Koncentratet innehåller många ingredienser som genomgått förädlingsprocesser där mycket energi används, och/eller transporterats långa sträckor. Därför är hög andel koncentrat i foderstaten förknippad med hög energianvändning.

Även foderstaten med en större andel vallfoder av hög kvalitet kräver mindre energi (drygt 15 procent mindre) än utgångsläget. Också här är en mindre mängd koncentrat i foderstaten en förklarande faktor.

Foderstaternas transportenergibehov skiljer sig åt, se bilaga 5. I utgångsläget utgör fodertransporter 15 procent av energianvändningen, se tabell 6.1 nedan. För Bättre vall foderstaten utgör transporterna 2/3 av detta, medan det för HP-massa & Majs liksom för Raps, Ärtor och Klöver-foderstaterna är nästan det dubbla. Orsaken till den stora andelen transportenergi för de två sistnämnda fodren beror till stor del på den relativt långa transporten av fuktig HP-massa (se bilaga 5). I en känslighetsanalys testades antagandet att gården låg inom 100 km från sockerbruket som gör HP-massan. Transportenergin sjönk då markant för alternativen Majs & HP-massa respektive Raps, ärtor och klövervall (bilaga 5).

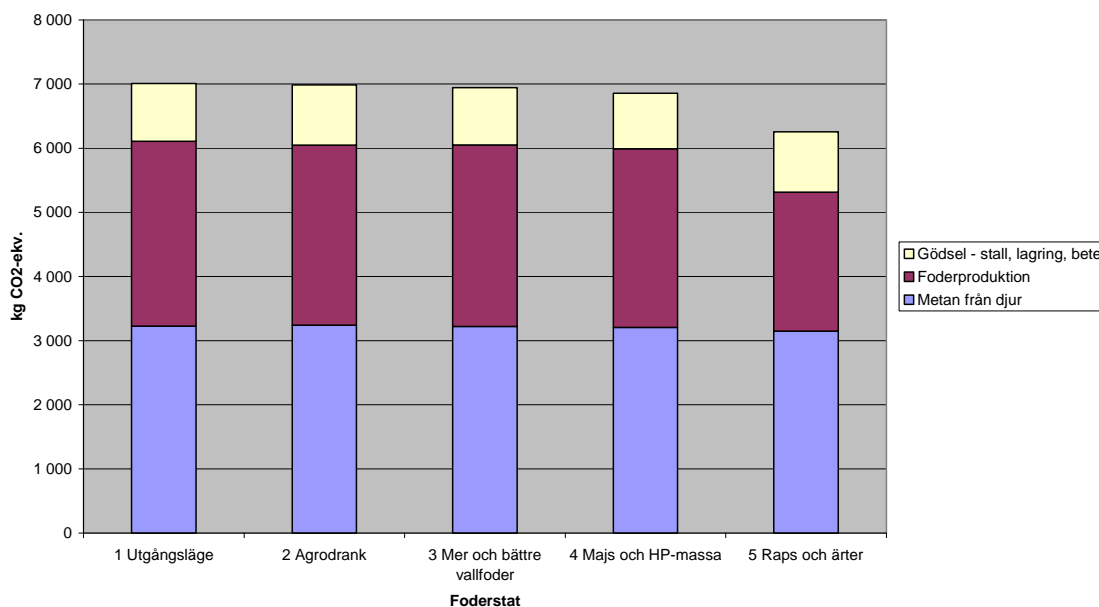
Tabell 6.1. Andel av den totala primära energin som används till transporter i de olika foderstaterna.

Fodermedel	1. Utgångsläge	2. Agrodrank	3. Mer och bättre vallfoder	4. HP-massa och majs	5. Raps, ärtor och klöver
Andel av den totala primära energin som är transportenergi	0,15	0,15	0,10	0,28	0,28

## 6.2 Klimatförändring

Utfallet för de olika foderstaterna är mycket likartat när det gäller utsläpp av växthusgaser, men foderstaten med raps och ärtor har ca 10 procent lägre utsläpp än utgångsläget, se figur 6.2.

Potentiellt bidrag till växthuseffekten per foderstat för 9000 kg ECM efter källa

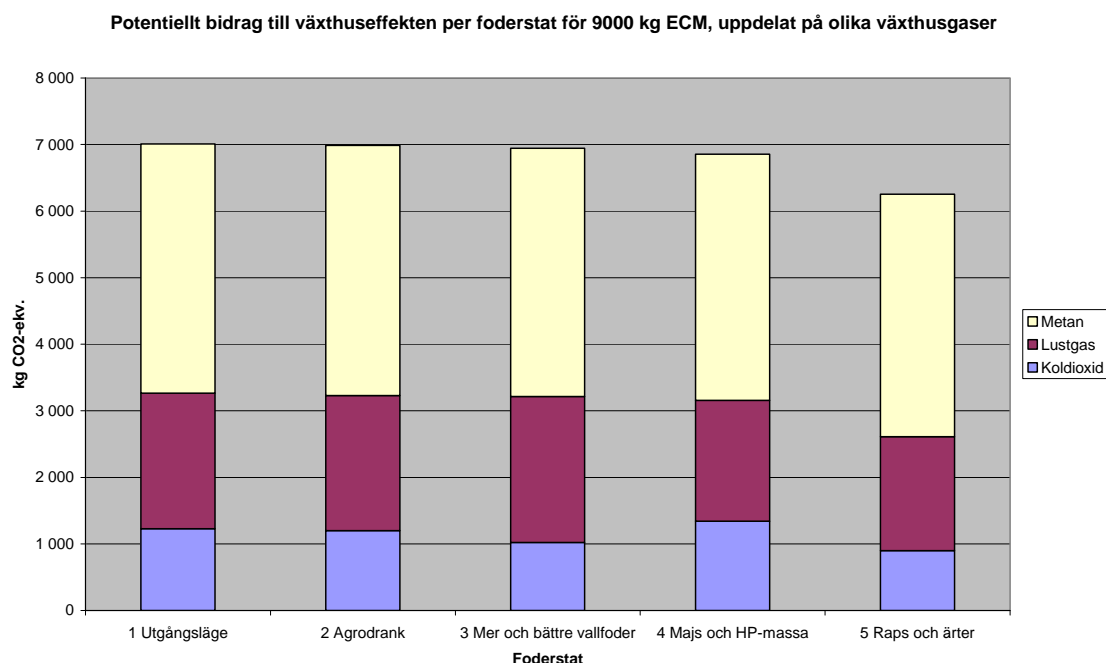


Figur 6.2: Potentiellt bidrag till klimatförändring vid produktion av 9 000 kg ECM med de olika foderstaterna. Miljöpåverkan är uppdelad utifrån var i produktionskedjan utsläppen uppkommer.

Förklaringen till det gynnsamma utfallet för foderstaten med raps, ärtor och blandvallska sökas i foderproduktionen, närmare bestämt i frånvaron av koncentrat (se avsnittet

om energianvändning ovan). Även det faktum att klöver i vallen ersätter en del av mineralgödselkvävet bidrar till lägre utsläpp av växthusgaser från detta alternativ.

Beräkningen av mängden metan från djurens fodersmältning har hämtats från delprojekt 2 (Liljeholm m.fl., 2009). Skillnaderna i utsläpp mellan de utfodringsalternativ som studerats här är mycket små. Även utsläpp som härrör från gödsel i stall, på bete och vid lagring är likartade för de olika foderstaterna.



Figur 6.3: Potentiellt bidrag till klimatförändring vid produktion av 9 000 kg ECM med de olika foderstaterna. Miljöpåverkan är uppdelad på de växthusgaser som avges genom hela den studerade kedjan.

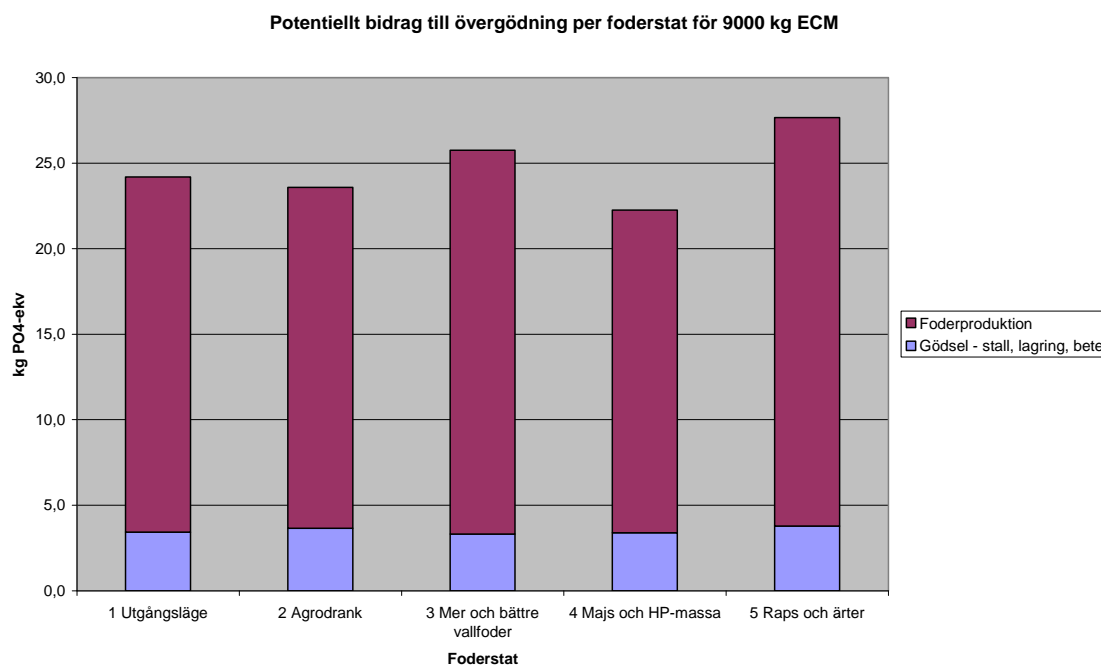
I figur 6.3 jämförs foderstaternas potentiella bidrag till den förstärkta växthuseffekten uppdelat på olika växthusgaser. Här framgår att foderstaten med raps, ärter och blandvall ger lägst utsläpp av koldioxid och lustgas. Trots att lustgasutsläppen från gödsel i stall, på bete och vid lagring är högre för detta alternativ (på grund av större kvävemängd i stallgödseln), är emissionerna av lustgas i foderproduktionen (från gödselspridning och skörderester) lägre, vilket leder till ett totalt sett mindre utsläpp.

Att foderstaten med raps och ärter medför lägre koldioxidutsläpp förklaras dels av den mindre användningen av mineralgödselmedel (till följd av att baljväxterna i vallen och ärterna fixerar kväve), dels av den mindre användningen av koncentrat som förädlats med hjälp av fossil energi och/eller som transporterats långt.

### 6.3 Övergödning

Foderproduktionen är det steg i livscykel som ger det största potentiella bidraget till övergödningen, se figur 6.4. Foderstaten med raps och ärter ger störst bidrag bland alternativen både från foderodling och från gödsel före spridning. När det gäller

foderodlingen är orsaken att både ärter och klövervall lämnar efter sig kväverika skörderester, vilket innebär ökad risk för kväveläckage. Gödselns större bidrag beror på att foderstaten är kväverik och att även gödseln därför innehåller mer kväve än i övriga alternativ. Sammanlagt är utsläppen av övergödande ämnen genom hela livscykel från foderstaten med raps och ärter 14 procent högre än från utgångslägets foderstat.



Figur 6.4: Potentiellt bidrag till övergödning vid produktion av 9 000 kg ECM med de olika foderstaterna. Miljöpåverkan är uppdelad på försurande utsläpp från å ena sidan gödsel i stall, på bete och under lagring och å andra sidan produktion av foder.

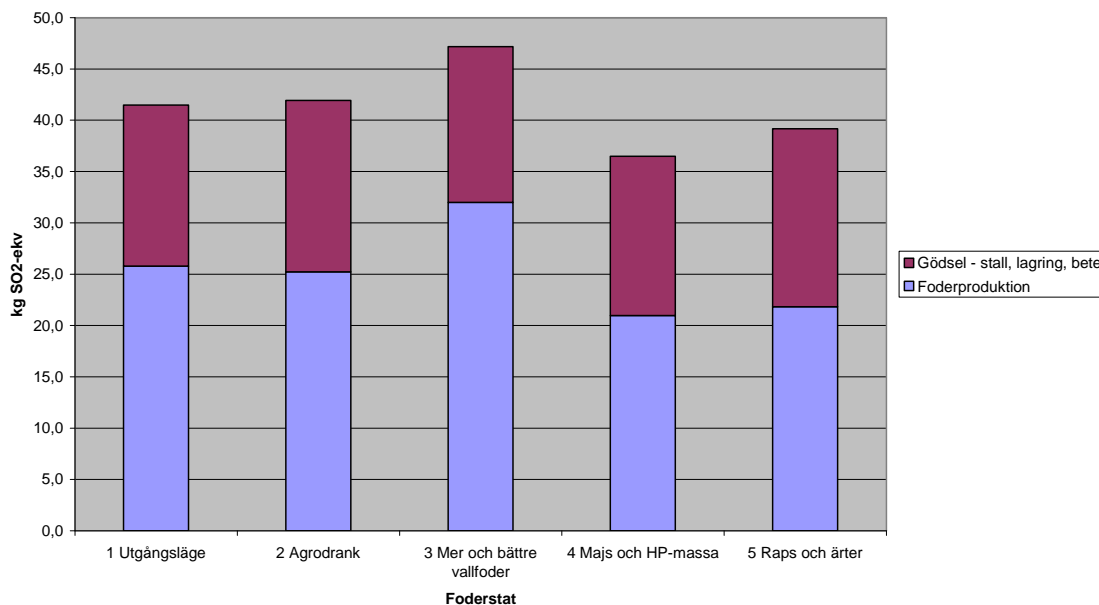
## 6.4 Försurning

Produktion och transport av foder står för den största delen av de försurande utsläppen, se figur 6.5. Här ger foderstater med mycket vallfoder större utsläpp på grund av omfattande stallgödselanvändning och spridning i växande gröda. Den stora andelen vall i foderstat 3 (mer och bättre vall) förklarar att denna foderstat ger 14 procent större utsläpp än utgångsläget. Alternativet med majs och HP-massa utmärker sig åt andra hållet, med 12 procent lägre utsläpp än utgångsläget. Detta beror på att stallgödseln till majsen sprids och myllas ned i samband med vårbruket, vilket ger lägre ammoniakförluster än spridning i växande gröda.

Ammoniak står för ca 70 procent av foderproduktionens potentiella bidrag till försurning i utgångsläget och i foderstat 2 (agrodrank) och 5 (raps och ärter), medan andelen är något högre i foderstat 3 (mer och bättre vall). I foderstaten med majs och HP-massa står ammoniak bara för lite mer än hälften av utsläppen.

Kväveoxider och svaveldioxid från användning av fossila bränslen, exempelvis vid transporter, står för resterande del av de försurande utsläppen.

Potentiellt bidrag till försurning per foderstat för 9000 kg ECM



Figur 6.5. Potentiellt bidrag till försurning vid produktion av 9 000 kg ECM med de olika foderstaterna. Miljöpåverkan är uppdelad på försurande utsläpp från å ena sidan gödsel i stall, på bete och under lagring och å andra sidan produktion av foder.

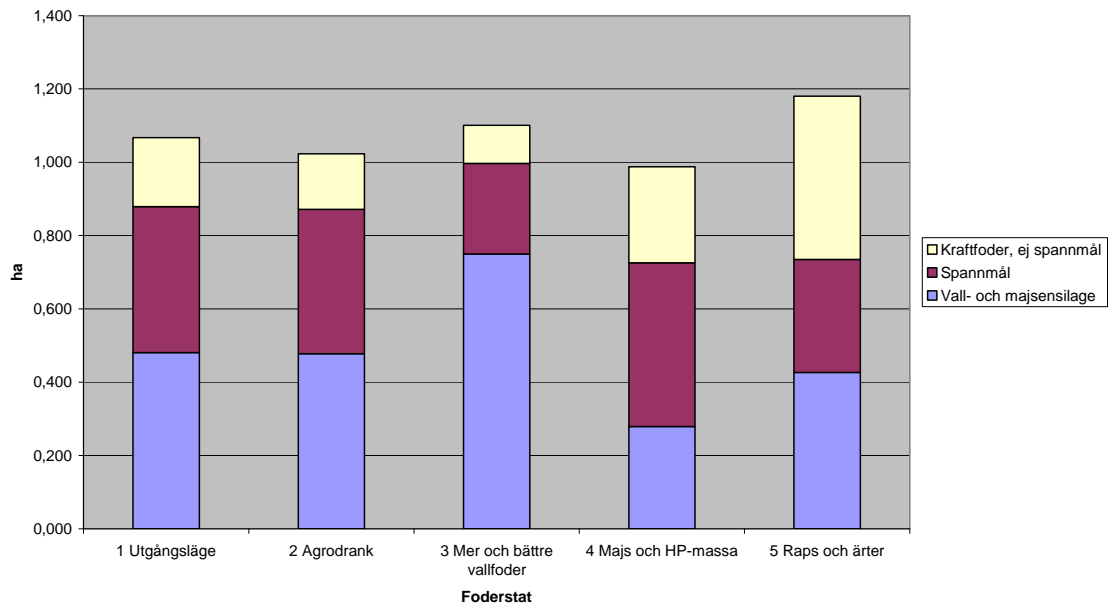
## 6.5 Markanvändning

Den markanvändning som redovisas i figur 6.6 är den mark som behövs för att framställa foder enligt redovisade foderstater. Användningen av betesmark antas vara densamma för samtliga alternativ och redovisas inte här.

Foderstaten med raps och ärter utmärker sig genom att ta 10 procent mer mark i anspråk än utgångsläget och generellt ligga högre jämfört med övriga foderstater. Den relativt låga skördenivån i dagens odling av trindsäd i Sverige gör att arealbehovet ökar när ärter ersätter koncentrat i foderstaten.

Foderstaten med majs och HP-massa kräver mindre arealer än övriga alternativ. Det förklaras dels av de höga skördar som fås vid odling av ensileringsmajs, vilket ger mycket foderenergi per ytenhet, dels av att HP-massa (som är en biprodukt från sockerproduktion) kommer från en gröda med stor biomassaproduktion per ytenhet.

Areal för odling av foder för produktion av 9 000 ECM med olika foderstater



Figur 6.6: Markanvändning för foderodling med de olika foderstaterna. Betesmark ingår ej.



## 7 Tolkning av resultat

Resultaten visar att ingen foderstat var genomgående bättre ur alla miljöaspekter (se även Tabell 7.1). Energianvändningen var den miljöeffekt som påverkades mest av fodervalet, där foderstaten med Raps, ärter, blandvallsensilage hade lägst energianvändning, följt av Mer och bättre vall-foderstaten. Dessa två foderstater gav samtidigt ett högre bidrag till övergödning och krävde mera mark, samt att Mer och bättre vall-fodret dessutom gav ett större bidrag till försurningen. Det sistnämnda var dock delvis en effekt av metodval, eftersom detta foder tog emot en större andel av stallgödseln än övriga foder. Det foder som lyckades bäst med att sänka bidraget till klimatpåverkan var Raps, ärter, blandvallsfodret. Normalfodret med gräsensilage, spannmål och koncentrat intog en mellanställning, men låg tämligen högt när det gäller energianvändning och bidrag till klimatförändringar.

Foderstaternas relativa miljöpåverkan i förhållande till Normalfodret presenteras i Tabell 7.1.

Tabell 7.1. Relativ miljöpåverkan jämfört med Normal-foderstaten.

	2 Agrodrank	3 Mer och bättre vall	4 Majs och HP-massa	5 Raps och ärter
Energi	0,97	0,83	1,01	0,74
Mark	0,96	1,03	0,93	1,11
Klimat	1,00	0,99	0,98	0,89
Försurning	1,01	1,14	0,88	0,94
Övergödning	0,98	1,06	0,92	1,14

	> 10 % bättre
	> 10 % sämre

Transporternas energianvändning har analyserats särskilt (se bilaga 5). För Normalfodret och Agrodrankfodret utgjorde transportenergin 15 % av den totala energianvändningen, för Bättre vallfodret 10 % och för HP-massa & Majs liksom för Raps, ärter & klöver 28 % av energin (se Tabell 6.1). De sista två fodren får höga värden pga dessas innehåll av HP-massa, som är en fuktig produkt som antagits transporterats en relativt lång sträcka. Begreppet Närproducerat foder i bemärkelsen svenska fodermedel bidrog inte entydigt till sänkt transportenergianvändning, utom i den känslighetsanalys där gården antogs ligga inom 100 km från sockerbruket som gör HP-massan (se bilaga 5). Däremot hade foderstaten med stor andel gårdsproducerat foder (Bättre vall) en tydligt lägre transportenergianvändning.

Transportenergin varierade stort mellan foderalternativen, men hade ändå bara en måttlig inverkan på energianvändningen totalt sätt. Med undantag för HP-massan, var det i huvudsak mängden koncentrat som avgjorde storleken på foderstatens transportenergianvändning (se bilaga 5). En förklaring till Raps, ärter och klöver-fodrets låga energianvändning, trots sin höga transportenergianvändning, är den höga andelen kvävefixerande växter i foderstaten (klöver, ärter) som möjliggör låga givor av handelsgödsel för foderodlingen. *Närproducerat* foder verkar därför ha mindre relevans än *handelsgödselnålt* foder för att spara energi genom fodervalet.



Det skall påpekas att koldioxidutsläpp från förändrad markanvändning inte ingår i analysen p.g.a. att det inte finns någon internationellt standardiserad metodik för hur detta skall beräknas. En expanderande sojaodling i Brasilien är en drivkraft till landets avskogning vilket innebär stora utsläpp. Om även denna utsläppskälla hade ingått, så skulle det positiva resultatet för foderstaten med raps, ärter och blandvall vad gäller klimatförändring (se Figur 6.2) ytterligare förstärkas eftersom denna foderstat inte innehåller några sojaprodukter alls. Dessutom ger omvandlingen av markanvändningen från regnskog till sojaodlingen ett stort bortfall av biodiversitet.

I studien har Unik 52 använts som koncentrat. Sammansättningen av koncentratet är avgörande för dess miljöpåverkan och har därmed stor betydelse för utfallet för hela foderstaten, eftersom andelen koncentrat förklarar en stor del av skillnaderna i miljöpåverkan mellan foderstaterna i denna studie. Koncentraten sätts samman av foderföretagerna för att hålla ett visst näringsinnehåll, men däremot kan ingredienser bytas ut. Därmed är det inte givet att den sammansättning av Unik 52 som har använts här består över tid, vilket också påverkar giltigheten hos resultaten i denna studie.

Som framgår av resultaten ovan, ger foderproduktionen som regel de tydligaste skillnaderna mellan alternativen i denna studie. En delförklaring kan vara att djurens emission av metan vid fodersmältning har beräknats med hjälp av Lindgrenkvationen, som denna ger små skillnader utifrån foderval, se Liljeholm m.fl., 2009. För flera av de studerade miljöpåverkanskategorierna är det också foderproduktionen som ger störst miljöpåverkan av de studerade leden i produktionskedjan.

Som nämndes i avsnitt 4.2.1, så produceras ett överskott av stallgödsel eftersom grödorna i LCA-databasen antagits gödglas som genomsnittliga grödor i Sverige. Överskottet blir minst för Bättre vallfoderstaten, som både ger en kvävefattig gödsel och som antas använda stora mängder stallgödsel till gräsvallen. Om man skulle göra en systemexpansion för avyttrad överskottsgödsel och anta att den ersätter mineralgödsel, skulle det påverka resultaten så att foderstaterna 1,2,4 och 5 får sänkt energi- och klimatpåverkan på bekostnad av mer försurning och övergödning.

De studerade foderstaterna var först näringsberäknade och sammansatta utifrån detta och därefter miljöberäknade. Genom att istället aktivt söka fodermedel med exempelvis låg klimatpåverkan när foderstater utformas, skulle större möjligheter ges att komma ner i låga klimatpåverkansvärden.

Foderstaten med enbart närproducerat proteinfoder och ensilage från kvävefixerande blandvallar (Raps, ärter och klöver) har miljöfördelar i form av lägre energianvändning och mindre klimatpåverkan än utgångsläget i denna studie. Men, det är samtidigt en foderstat som enligt denna studie kan ge ett större bidrag till övergödningen än övriga alternativ. Med åtgärder för att minska risken för övergödande utsläpp, t.ex. kväveläckage, bedöms denna foderstat dock vara den bästa av de undersökta alternativen.

## 8 Referenser

- Abrahamsson, L., 2008. *Majsensilage i Sverige.*, Examensarbete vid Inst. för Husdjurens utfodring och vård, Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala
- Andrén O & Kätterer T. 2007. *Soil carbon changes in Swedish arable soils – present and future.* KSLAT Nr 9 Årgång 146. Kungliga Skogs- och Lantbruksakademien, Stockholm
- CED. Metod för att beräkna användning av primär energi (Cumulative Energy Demand, CED), baserad på en metod publicerad av Ecoinvent, version 1.01, och vidareutvecklad av PRé Consultants. SimaPro 7.1
- CML, 2001. LCA-metodik som utvecklats vid Center of Environmental Science of Leiden University (CML). SimaPro 7.1. Uppdaterad 2008
- ecoinvent Centre. 2007. Databas med LCI-data, Schweiz. [www.ecoinvent.org](http://www.ecoinvent.org)
- Emanuelson, M., Cederberg, C., Bertilsson, J. & Rietz, H. 2006. Närodlat foder till mjölkkor – en kunskapsuppdatering. Rapport 7059-P. Svensk Mjölk, Forskning. 43 s.
- Europeiska gemenskapernas råd, 1991. *Rådets direktiv av den 12 december 1991 om skydd mot att vatten förorenas av nitrater från jordbruket (91/676/EEG)*. Allmänt omnämnt som ”nitratdirektivet”.
- FAO 2001. *Global estimates of gaseous emissions of NH<sub>3</sub>, NO and N<sub>2</sub>O from agricultural land.* International Fertiliser Industry Association and Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy. ISBN 92-5-104689-1
- Flysjö, A., Cederberg, C. och Strid, I. 2008. *LCA-databas för konventionella fodermedel – miljöpåverkan i samband med produktion.* Version 1. SIK-rapport nr 772-2008
- Heidmann T, Christensen B T, Olesen S. 2002. *Changes in soil C and N in different cropping systems and soil types.* In: Petersen S & Olesen J (eds). *Greenhouse Gas Inventories for Agriculture in the Nordic Countries. Proceedings from an international workshop*, Helsingör, Danmark 24-25 January 2002, pp 77-86. DIAS report, Plant Production no 81, Tjele, Danmark.
- IPCC, 2006. *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.* Kapitel 10 och 11
- 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
- ISO 14040, 2006. ISO, 14040 – Miljöledning – Livscykelanalys – Principer och struktur, 2006, International Organization for Standardization, Geneve, Schweiz
- ISO 14044, 2006. ISO 14044 – Miljöledning – Livscykelanalys – Krav och vägledning, 2006, International Organization for Standardization, Geneve, Schweiz
- Johnsson, H., Larsson, M., Lindsjö, A., Mårtensson, K., Persson, K. & Torstensson, G. 2007. *Närsaltläckage från svensk åkermark – Beräkningar av normalläckage av kväve och fosfor för 1995 och 2005.* Rapport in print. Avd. för vattenvård, Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala.
- Jordbruksverket. 2006a. *Riktlinjer för gödning och kalkning 2007.* Rapport 2006:33. Jordbruksverket, Jönköping

- Jordbruksverket. 2006b. *Föreskrifter om ändring i Statens jordbruksverks föreskrifter (SJVFS 2004:62) om miljöhänsyn i jordbruket vad avser växtnäring*. SJVFS 2006:66 (hittas under nr 2004:62).
- Jordbruksverket, 2009. Stank in Mind version 1.17. Program för beräkning av växtnäringsförluster m.m. samt databas.
- Jungbluth N & Frischknecht R. 2007. *Life Cycle Assessment of imported agricultural products – impacts due to deforestation and burning of residues*. In. Book of Proceedings of the 5<sup>th</sup> International Conference LCA in Foods, 25-26 April 2007, Gothenburg, Sweden, pp 2-5. SIK, Institutet för Livsmedel och Bioteknik, Göteborg.
- Karlsson, S. och Rodhe, L. 2002. *Översyn av Statistiska Centralbyråns beräkning av ammoniakavgången i jordbruket – emissionsfaktorer för ammoniak vid lagring och spridning av stallgödsel*. Ett projekt utfört på uppdrag av Jordbruksverket. JTI
- KRAV, 2009. *Regler för KRAV-certifierad produktion*, Utgåva januari 2009. KRAV ekonomisk förening, Uppsala.
- Lantmännen, 2009. Medvetna foderval möjliga med närproducerade foder, Pressmeddelande 2009-09-24, <http://www.lantmannen.com>. Avläst 2009-12-05.
- Liljeholm, M., Bertilsson, J. och Strid, I. 2009. *Närproducerat foder till svenska mjölkkor – miljöpåverkan från djur*. Rapport 273, Institutionen för husdjurens utfodring och vård, SLU, Uppsala.
- Lindgren, E. 1980. *Skattning av energiförluster i metan och urin hos idisslare. En litteraturstudie*. Rapport 47. SLU. Avdelningen för husdjurens näringsfysiologi.
- Naturvårdsverket, 2009. *National Inventory Report 2009, Sweden*. Chapter 6, Agriculture
- Nepstad, D.C., Stickler, C.M., Almeida, O.T., 2006. Globalization of the Amazon Soy and Beef Industries: Opportunities for Conservation, *Conservation Biology* 20 (6): 1595-1603
- Pré Consultants, Amersfoort, Holland. SimaPro 7.1 LCA software, [www.pre.nl](http://www.pre.nl)
- Rodhe, L., Ascue, J., Tersmeden, M., Ringmar, A. och Nordberg, Å. 2008. *Växthusgasemissioner från lager med flytgödsel*. JTI-rapport Lantbruk & Industri 370
- SCB 2006. *Gödselmedel i jordbruket 2004/05*. Statistiska Meddelande MI 30 SM 0603. Statistiska Centralbyrån, Stockholm
- SCB 2009. *Utsläpp av ammoniak till luft i Sverige 2007*. Statistiska Meddelanden MI 37 SM 0901. Statistiska Centralbyrån, Stockholm. ISSN 1403-8978
- Schmidt J H. 2007. *Life cycle assessment of rapeseed oil and palm oil. Ph.D. thesis, Part 3: Life cycle inventory of rapeseed oil and palm oil*. Department of Development and Planning. Aalborg University
- Steinfeld H, Gerber P, Wassenaar T, Castel V, Rosales M, de Haan C. 2006. *Livestock's long shadow – environmental issues and options*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italien.
- Strid, I., Flysjö, A., 2007. *Livscykelanalys (LCA) av ensilage – jämförelse av tornsilo, plansilo och rundbal*. Rapport MAT 21 nr 3/2007, SLU.

### **Personligt meddelande**

Eric Hallqvist, HS Skaraborg

Linda Karlsson, HS Halland

Bertil Nilsson, Danisco

## Inventeringsdata för fodermedel som inte ingår i foderdatabasrapporten

### Kväveläckage

För gräsvallen med tre skördar har utlakningen antagits vara lika stor som för gräsvallen med två skördar per år, alltså 28 kg N/ha. Detta värde är en skattning utifrån vallens gödsling och liggetid. För majsensilage har en utlakningsberäkning gjorts i Stank in Mind (Jordbruksverket, 2009), vilket gav 41 kg N/ha .

### Ammoniakavgång

Emissionsfaktorer (EF) för ammoniak har hämtats från Karlsson & Rodhe (2002).

Vid gödselspridningen i Vall I är EF vid spridning av gödsel på sommaren 50 procent av  $\text{NH}_4\text{-N}$  och ca 1 procent förluster av tillförd handelsgödsel. För andra årets spridning är EF 15 procent och för tredje årets spridning är EF 30 procent. En sammanfattning av ammoniakavgång redovisas i tabell A.

**Tabell A: Ammoniakförluster för gräsvall respektive blandvall.**

	gräsvall, 3 skördar per år
Vall I (år 1), kg $\text{NH}_3\text{-N}$ per ha	22
Vall II (år 2), kg $\text{NH}_3\text{-N}$ per ha	7
Vall III (år 3), kg $\text{NH}_3\text{-N}$ per ha	19
<b>Medel, tre år, kg <math>\text{NH}_3\text{-N}</math> per ha</b>	<b>16</b>
<b>kg <math>\text{NH}_3</math> per ha och år, medel</b>	<b>19</b>

De årliga ammoniakförlusterna från odlingen av ensileringsmajs är 13 kg  $\text{NH}_3$ /ha hektar, vilket motsvarar 11 kg  $\text{NH}_3\text{-N}$ .

### Avgång av lustgas

Direkta lustgasemissioner från åkermark har beräknats enligt IPCC (2006). Resultaten visas i tabell B nedan.

En gräsvall med en skörd om 6 ton TS per ha fördelad på tre skördar per år beräknas efterlämna ca 77 kg N per ha i ovan- och underjordiska rester. Detta fördelas över vallens hela liggetid, tre år, d.v.s. i medeltal 26 kg N per ha och år.

Ett hektars odling av ensileringsmajs där 11 ton skördas beräknas efterlämna 37 kg kväve i skörderester ovan och under jord vid säsongens slut.

**Tabell B: Tillförd mängd kväve (kg N per ha och år i medeltal) samt beräknade lustgasemissioner.**

kg per ha	Gräsvall, 3 skördar per år	Ensileringsmajs
Mineralgödsel-N	115	80
Stallgödsel-N, total	93	200
N i skörderester	26	37
<b>Summa tillfört N</b>	<b>234</b>	<b>317</b>
Förluster $\text{N}_2\text{O}$ (1% som $\text{N}_2\text{O-N}$ )		
kg $\text{N}_2\text{O-N}$	2,3	3,2
kg $\text{N}_2\text{O}$	<b>3,68</b>	<b>5,0</b>

De indirekta emissionerna (orsakade av förlusterna vid markläckage och ammoniakavgång) beräknas enligt IPCC (2006) och blir för vallen 0,35 kg N<sub>2</sub>O-N (0,55 kg N<sub>2</sub>O) per ha och år.

De indirekta emissionerna från majsodlingen blir 0,42 kg N<sub>2</sub>O-N (0,66 kg N<sub>2</sub>O) per ha och år.

### Fosforförluster

Förlusterna av fosfor beräknas för ettåriga grödor till ca 0,56 kg P per ha på slättbygderna i Västra Götaland (Johnsson et al, 2007). Till vallen i detta beräkningsexempel antas P-förluster om 0,5 kg P per ha, något lägre vilket motiveras av att marken ligger bevuxen på vintern och risken för yterosion minskar.

### Vall med tre skördar, sammanfattning

I Tabell C nedan redovisas en sammanställning av alla inflöden och utflöden till vallodling med tre skördar respektive ensileringsmajs i Västra Götalands län.

**Tabell C: Sammanställning av inflöde och utflöde för gräsvall med tre skördar och ensileringsmajs i Västra Götalands län.**

<b>VALL (per ha)</b>		<b>Gräsvall, tre skördar</b>	<b>Ensileringsmajs</b>
<b>INFLÖDEN</b>			
<i>Energi</i>			
Diesel	MJ	1868	4320
<i>Handelsgödsel</i>			
N	kg	115	80
P	kg	0	23
K	kg	0	0
<i>Stallgödsel</i>			
N	kg	93	200
<i>Övrigt</i>			
Utsäde	kg	Exkluderat	Exkluderat
Smörjolja	MJ	185	278
<b>UTFLÖDEN</b>			
<i>Emissioner till luft</i>			
N <sub>2</sub> O <sub>direkt</sub>	kg	3,68	3,1
N <sub>2</sub> O <sub>indirekt</sub>	kg	0,55	0,58
NH <sub>3</sub>	kg	17	19,3
<i>Emissioner till vatten</i>			
NO <sub>3</sub>	kg	124	132
P	kg	0,5	0,5
<i>Produkt</i>			
Gröda (100% TS)	kg	6 000	11 000

### Ensilering

Gräsvallen med tre skördar per år antas ensileras i plansilo, medan majsensilaget antas plastas i rundbalar. För majsensilaget har antagits att inget ensileringsmedel används (se [www.ensilagenytt.se](http://www.ensilagenytt.se)). I övrigt antas ensileringen ge samma in- och utflöden per ton ts som för den vall som finns med i foderdatabasrapporten (Flysjö m.fl., 2008).

## Resursanvändning vid och emissioner från produktion och transport (fram till gård) av fodermedel

*Resursanvändning och emissioner från de fodermedel som ingår i foderstaterna, omräknat till karakteriserade data. Uppgifterna för rapsmjöl och rapskaka har approximerats till att vara desamma som för Expro. Se även LCA-databas för konventionella fodermedel av Flysjö et al 2009.*

Fodermedel	Primär energi, MJ/kg	Klimatförändring, g CO <sub>2</sub> -ekv/kg	Försurning, g SO <sub>2</sub> -ekv	Övergödning, g PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> -ekv/kg	Markanvändning, m <sup>2</sup> /kg
Gräsensilage, två skördar	2,2	369	5,3	3,1	1,4
Gräsensilage, tre skördar	2,5	429	5,5	4,1	1,7
Blandvallsensilage	1,7	282	4,8	3,2	1,4
Majsensilage	1,7	291	2,7	2,4	0,91
HP-massa	6,3	439	2,3	1,1	0,57
Spannmål	3,2	462	2,4	4,3	2,4
Agrodrank	3,4	327	1,6	1,8	1,1
Betfor	9,4	639	1,6	1,0	0,63
Rapsmjöl	4,1	486	3,0	3,4	1,9
Rapskaka	4,1	486	3,0	3,4	1,9
Ärter	2,3	251	1,8	7,3	3,4
Sojamjöl	7,2	861	6,4	5,0	3,3
Unik 52	6,5	633	3,7	2,6	1,5

För alla typer av ensilage (gräs, blandvall och majs) samt HP-massa anges miljöpåverkan per kg torrs substans (ts). För övriga fodermedel anges miljöpåverkan per kg foder.

## Resultat i tabellform

### Användning av primär energi vid produktion av 9000 kg ECM med olika foderstater, MJ

	1 Utgångsläge	2 Agrodrank	3 Mer och bättre vallfoder	4 Majs och HP-massa	5 Raps och ärter
Fossil energi (inklusive torv)	20 555	19 561	17 302	20 477	15 366
Kärnenergi	1 444	1 603	1 042	1 730	1 040
Förnybar energi	699	783	512	801	401
Övrig energi	49	40	30	60	7
Summa, totalt	22 745	21 986	18 887	23 068	16 814

### Areal för odling av foder för produktion av 9000 kg ECM med olika foderstater, ha

	1 Utgångsläge	2 Agrodrank	3 Mer och bättre vallfoder	4 Majs och HP-massa	5 Raps och ärter
Vall- och majsensilage	0,481	0,478	0,750	0,279	0,427
Spannmål	0,398	0,394	0,247	0,447	0,308
Kraffoder, ej spannmål	0,188	0,151	0,104	0,262	0,445
Summa	1,067	1,023	1,101	0,988	1,180

### Pot. bidrag till klimatförändring per foderstat för 9000 kg ECM, olika växthusgaser, kg CO<sub>2</sub>-ekv.

	1 Utgångsläge	2 Agrodrank	3 Mer och bättre vallfoder	4 Majs och HP-massa	5 Raps och ärter
Koldioxid	1 230	1 197	1 022	1 342	898
Lustgas	2 036	2 030	2 192	1 816	1 712
Metan	3 744	3 760	3 730	3 696	3 644
Summa	7 010	6 987	6 943	6 854	6 254

### Potentiellt bidrag till klimatförändring per foderstat för 9000 kg ECM efter källa, kg CO<sub>2</sub>-ekv.

	1 Utgångsläge	2 Agrodrank	3 Mer och bättre vallfoder	4 Majs och HP-massa	5 Raps och ärter
Metan från djur	3 228	3 243	3 220	3 208	3 148
Foderproduktion	2 880	2 807	2 830	2 782	2 166
Gödsel - stall, lagring, bete	903	939	893	866	941
Summa	7 011	6 988	6 944	6 856	6 255

### Potentiellt bidrag till försurning per foderstat för 9000 kg ECM, kg SO<sub>2</sub>-ekv.

	1 Utgångsläge	2 Agrodrank	3 Mer och bättre vallfoder	4 Majs och HP-massa	5 Raps och ärter
Gödsel - stall, lagring, bete	15,7	16,7	15,2	15,5	17,3
Foderproduktion	25,8	25,2	32,0	21,0	21,8
Foderomsättning	0	0	0	0	0
Summa	41,5	41,9	47,2	36,5	39,2

### Potentiellt bidrag till övergödning per foderstat för 9000 kg ECM, kg PO<sub>4</sub>-ekv.

	1 Utgångsläge	2 Agrodrank	3 Mer och bättre vallfoder	4 Majs och HP-massa	5 Raps och ärter
Gödsel - stall, lagring, bete	3,4	3,7	3,3	3,4	3,8
Foderproduktion	20,8	19,9	22,4	18,9	23,9
Foderomsättning	0	0	0	0	0
Summa	24,2	23,6	25,7	22,3	27,7

### Jämförelse mellan areal för grovfoderodling på gården och behövd spridningsareal för gödsel från de olika foderstaterna

	1. Utgångsläge	2. Agrodrank	3. Mer och bättre vallfoder	4. Majs och HP-massa	5. Raps och ärtor
<b>Odling vall och majs</b>					
Total arealanv. för odling av majs och vall, ha/ko och år	0,60	0,60	0,94	0,35	0,53
<b>Kväve i stallgödsel för spridning</b>					
Tot-N i gödseln för spridning, kg N/ko och år	89	96	86	88	99
Arealbehov för gödselspridning, ha/ko och år	0,53	0,56	0,51	0,52	0,58
Behov av ytterligare areal, ha/ko och år <sup>1</sup>	0	0	0	0,17	0,05

<sup>1</sup> För alternativ 4 och 5 överskrider fosformängden i stallgödseln per ko och år 22 kg per ha grovfoderareal. Enligt Jordbruksverkets föreskrift 2006:66 tillåts spridning av högst 110 kg fosfor i stallgödsel per hektar under en femårsperiod. Behovet av areal utöver grovfoderarealen för fosforspridningens skull är dock mindre än den som behövs för spridning av stallgödselkvävet i både alternativ 4 och 5. Därför redovisas enbart behovet av ytterligare areal för kvävespridning här.



Transporternas bidrag till foderstaternas energianvändning, MJ primärenergi per foderstat. Den kursiverade summan anger transportenergin vid ett kortare transportavstånd för HP-massa.

Transportenergi MJ primärenergi per kg produkt	Fodermedel	1. Grund-alternativ kg foder	2. Agrodrank kg foder	3. Bra vall kg foder	4. HP-massa och majs kg foder	5. Raps, ärtor, klöverensilage kg foder	MJ transport	MJ transport	MJ transport	MJ transport	MJ transport
	Gräensilage, 2 skördar, ts	3367	3346				1601				
	Gräensilage, 3 skördar, ts	-	-	4499	-	-	-	-	-	-	2989
	Blandvalls-ensilage, ts	-	-								
	Majsensilage, ts	-	-				549				
	1,5 HP-massa (200 km, 90% load), ts						427	641	2220	488	732
	5,2 HP-massa (650 km, 55% load <sup>1</sup> ), ts	1620	921	1007	573	1818	1034	1278			727
	0,6 Spannmål		1373	781							
	0,8 Agrodrank		549	426							
	1,1 Betfor	275	275	294							
	1,4 Rapsmjöl										204
	1,4 Rapskaka										400
	0,6 Ärtor										881
	4,4 Sojarnjöl										501
	1,9 Unik 52	1196	2225	726	1351	1473	85	371	2741		
	Summa [MJ]		3441	3220	1923		6366		4786		4637
	Summa vid kortare HP-massatransport [MJ]										2831

<sup>1</sup> Tom retur ner till sockerbetsdistriktet (250 km)



## Tidigare publikationer/ Earlier publications

### Rapport/Report

001	2008	Nilsson, D. & Bernesson, S. Pelletering och brikettering av jordbruksvaror – en systemstudie
002	2008	Bernesson, S., Olsson, J., Rodhe, L., Salomonsson, E. & Hansson, P-A. Inblandning av aska från biobränslen i flytande biogasrötrest
003	2008	Gunnarsson, C., Olsson, J., Lundin, G. & de Toro, A. Spannmål till energi – ökad lönsamhet genom anpassning av odlingssystemet
004	2008	Johansson, T. & Lundh, J-E. Försök med upprepad röjning av björk och sälg
005	2008	Cardoso, M. Olsson, J. & de Toro, A. Manual till JTI/SLUs kalkylprogram för maskinkostnader i Excel
006	2008	de Toro, A., Cardoso, M. & Olsson, J. Manual till JTI/SLU:s kalkylator för maskinkostnader i latbruket
007	2009	Amiri, S. On variance estimation and a goodness-of-fit test using the bootstrap method
008	2009	Johansson, T. Avverkningstidpunktens inverkan på rot- och stubbskottutvecklingen hos 15-årig klibbal och 8-årig gråal. Biomassaproduktionens variation beroende på avverkningstidpunkten
009	2009	Sundberg, C. Minimisation of odour from composting of food waste through process optimisation – a Nordic collaboration project
010	2009	Cuvilas, C.A. Characterisation of available and potential sources of wood fuels in Mozambique
011	2009	Nilsson, D. & Bernesson, S. Halm som bränsle – Del 1: Tillgångar och skördetidepunkter
012	2009	Olsson, O. European bioenergy markets: integration and price convergence
013	2009	Ladanai, S. & Vinterbäck, J. Global potential of sustainable biomass for energy
014	2009	Johansson, T. Root biomass production and distribution in young birch stands planted at four spacings on two different sites in Sweden
015	2009	Lindgren, M., Arvidsson, H., Wetterberg, C., Johansson, B. & Hansson, P-A. Reglerade emissioner under statiska och transienta belastningar
016	2009	Lindgren, M., Arrhenius, K., Rosell, L., Boss, A., Johansson, L., Wetterberg, C., Johansson, B. & Hansson, P-A. Oreglerade emissioner under statiska och transienta belastningar – Organiska ämnen och partiklar, antalskoncentration och storleksfördelning
017	2009	Röös, E. Carbon Footprints of Food Products
018	2009	Nilsson, D. & Bernesson, S. Halm som bränsle – Del 2: Fuktegenskaper





