

Livscykelanalys av konventionella fodermedel Utveckling och uppdatering av befintlig databas

Bakgrund

Fodret står för en stor del av animalieproduktionens och jordbrukets miljöpåverkan. Tidigare livscykelanalyser av fjäderfä- och grisproduktion visar att odling och processning av foder står för 50-80 procent av de växthusgasutsläpp som sker fram till och med gårdsgrinden. För idisslare är andelen lägre på grund av de omfattande metanutsläppen från djurens fodersmältning, men fodret är fortfarande en betydande post. Fodret har även mycket stor betydelse för animalieproduktionens energianvändning samt utsläpp av övergödande och försurande ämnen. För att kunna minska jordbrukets negativa miljöpåverkan är det därför viktigt med god förståelse och kunskap om fodrets miljöpåverkan och hur den påverkas av olika produktionsförhållanden.

För några år sedan gjorde SIK och SLU livscykelanalyser av vanliga konventionella fodermedel. Resultatet publicerades i rapporten LCA-databasen för konventionella fodermedel.¹ Resultaten från foderdatabasen har fått stor spridning och använts i många olika sammanhang. Den har bl a använts när Lantmännen klimatdeklarerat sina fodermedel, i olika forskningsprojekt om livsmedelssektorns miljöpåverkan och som underlag i Greppa Näringsens verktyg för att beräkna klimatavtrycket på en gård. Resultaten från livscykelanalyser är dock färskvaror. Analyserna bör uppdateras kontinuerligt utifrån de förändringar som sker i odling och processning av fodermedlen samt när metoderna för att bedöma miljöpåverkan revideras.

Målet med projektet har varit att uppdatera och vidareutveckla LCA-databasen för fodermedel. Det har funnits behov av att uppdatera odlingsdata för de fodermedel som redan ingår i databasen och med nya uppgifter t ex om utsläpp från produktion av mineralgödsel samt att komplettera databasen med fler fodermedel. Syftet har även varit att ta fram och sammanställa vetenskapligt grundade miljödata om foderproduktionens miljöpåverkan, som sedan kan användas i arbetet med att minska jordbrukets miljöpåverkan.

Material och metoder

Livscykelanalys (LCA) har använts för att beräkna foderproduktionens miljöpåverkan. LCA är en metod för att beräkna en produkts miljöpåverkan sett till hela dess livscykel, från vaggan till graven. I denna studie har vaggan satts vid utvinning och produktion av insatsvaror och fodret följts fram till foderfabriken, utom för grovfoder, där den borte gränsen satts vid foderbordet. Fodrets miljöpåverkan redovisas per kg foder, men per kg ts för grovfoder. För bete ges resultaten även per hektar.

De miljöpåverkanskategorier som inkluderats är bidrag till klimatpåverkan, övergödning och försurning. Användning av pesticider ingår också, men det har inte gjorts någon toxicitetsbedömning. Dessutom ingår användning av energi och resurser i form av mark, fosfor och kalium. För beräkning av klimatpåverkan har de senaste riktlinjerna och emissionsfaktorerna enligt IPCC använts. För övriga kategorier har ISO-standarderna följts.

¹ Flysjö, A., Cederberg, C. & Strid, I. 2008. LCA-databas för konventionella fodermedel – miljöpåverkan i samband med produktion: Version 1:1. SIK-rapport 772

Tanken har varit att den beräknade miljöpåverkan för ett fodermedel ska spegla typiska eller genomsnittliga värden för fodermedel som används i Sverige. En stor del av data om foderproduktionen har därför hämtats från offentlig statistik om t ex genomsnittlig gödsling och avkastning per hektar nationellt och i olika regioner samt från litteraturuppgifter t ex om energiförbrukning för olika körslor och kväveutlakning per hektar. Dessa uppgifter har kompletterats med personliga meddelanden och data från produktionskalkyler bl a där statistikuppgifterna inte är tillförlitliga. Detta gäller t ex skördenivåerna för grovfoder där vi istället utgått från olika skördenivåer enligt produktionsgrenskalkyler.

I inventeringsfasen har vi även gjort en litteraturgenomgång över internationella LCA-studier av fodermedel. I de fall aktuella analyser påträffats har ingen egen inventering gjorts. Tillvägagångssätt beskrivs för respektive fodermedel nedan.

Projektet innehåller två delar, nyinventering av fodermedel och uppdatering av den befintliga databasen. De nya fodermedel som ingått i studien är:

Grovfoder

För grovfoder har nyinventering gjorts, till stor del baserat på data från produktionsgrenskalkyler och litteraturuppgifter:

- Majsensilage
- Helsädesensilage
- Bete på åkermark
- Naturbete

Kraftfoder

Syntetiska aminosyror och solrosmjöl ingår i uppdateringen, men för dessa inväntar SIK internationella resultat. Grönmjöl och mjölkersättning för kalvar ingick också, men här har produktionsdata inte kunnat fås. Vegetabiliska fettsyror och vitaminer, som enligt ansökan skulle ingå i projektet, har måst utgå, eftersom vi bedömde det som högre prioriterat att göra en mer genomgripande uppdatering av raps och spannmål än vad som först planerats. Detta för att få värden baserade på den senaste statistiken för skördar och gödselgivor.

Uppgifterna om fodermedel som redan ingår i LCA-databasen har också uppdaterats. Följande fodermedel har uppdaterats:

- Havre
- Höstvete
- Vårkorn
- Rapsfrö
- Expro
- Sojamjöl

Beräkningarna har gjorts med LCA-beräkningsprogrammet SimaPro7.3. Data om utsläpp från energianvändning och produktion av insatsmedel har hämtats från olika databaser (t.ex. Ecoinvent och SIK:s egen databas). En skillnad mot den tidigare versionen av LCA-databasen är att utsläppssiffrorna för produktion av mineralgödselkväve har justerats ner så att de speglar gödsel som säljs på den svenska marknaden idag där mer än hälften av gödseln producerats med lustgasrening. Databasen Ecoinvent, som står för mycket av de bakgrundsdata som används i foderdatabasen, har också uppdaterats (till version 2.2).

Resultat

Nya fodermedel i databasen

Majsensilage och helsädesensilage

Vi har modellerat produktion av majsensilage och helsädesensilage vid tre olika skördenivåer, se Tabell 1. Bakgrundsdata har hämtats framför allt från produktionsgrenskalkyler från hushållningssällskap i södra Sverige. För majsensilage har skördenivåerna 10,5, 12,5 och 14,5 ton ts per hektar före lagringsförluster använts. Lagringsförlusterna antogs vara 10 procent. För helsädesensilage (havre/ärt) har resultat beräknats för skördenivåerna 4, 5 och 6 ton ts per hektar. För 5 ton redovisas två varianter – en gödsblad med både mineralgödsel och stallgödsel och en gödsblad med enbart stallgödsel.

Tabell 1. LCA-resultat för majsensilage och helsädesensilage vid tre olika skördenivåer. Helsädesensilage har också modellerats i en variant utan mineralgödsel, och kallas *medel, stg* i tabellen.

	Majsensilage			Helsädesensilage			
	låg	medel	hög	låg	medel	stg	hög
Bruttoskörd, ton ts/ha	10,5	12,5	14,5	4,0	5,0	5,0	6,0
Växthusgasutsläpp, kg CO ₂ -ekv/kg	0,29	0,27	0,25	0,22	0,21	0,23	0,20
Övergödning, g PO ₄ /kg	2,9	2,4	2,0	1,8	1,5	1,7	1,3
Försurning, g SO ₂ /kg	0,95	0,94	0,94	1,2	1,1	1,8	1,0
Pesticidanvändning, g a.s./kg	0,10	0,08	0,07	0,26	0,20	0,20	0,17
Användning av primär energi, MJ-ekv/kg	1,4	1,4	1,3	1,9	1,8	1,5	1,6
Markanvändning, m ² /kg	1,2	1,0	0,89	2,7	2,1	2,1	1,8
Fosforanvändning, g P/kg	1,8	2,0	2,2	2,0	2,0	0	2,2
Kaliumanvändning, g K/kg	0	0	0	3,78	1,75	0	1,8

Bete

Betesdriften har modellerats per kg ts med utsläppen av ammoniak, lustgas och metan från träck och urin inkluderade, se Tabell 2. Om dessa emissioner inte tas med blir utsläppen av växthusgaser 0,20-0,31 kg CO₂-ekv per kg ts för högavkastande vall och ca 0,04 kg CO₂-ekv per kg ts för lågavkastande. Dessutom har naturbetesmark och betesvall modellerats per hektar (inkluderande emissioner från träck och urin), se Tabell 3.

Att emissionerna från träck och urin ingår i resultaten i tabeller som redovisas här medför att det inte blir rättvisande att använda dessa resultat för att jämföra utfodring genom bete och utfodring med grovfoder på stall, om man inte lägger till stall- och lagringsemissioner från den gödsel som djuren släpper på stall.

Naturbetet har modellerats utan tillförsel av gödsel (utöver den träck och urin som betesdjuren släpper). Avkastningen har antagits vara 4 ton ts per ha för ”hög” och 1,5 ton ts per ha för ”låg”. I båda fallen antas att det som ätes av djuren är 50% av avkastningen.

Betesvallen modelleras för två olika regioner: syd (Skåne) och nord (Västerbotten) med två olika avkastningsnivåer. De högavkastande betena beräknas få tillskott av både mineralgödsel och stallgödsel, medan ingen extra gödsel tillförs på de lågavkastande betesvallarna.

Liggetiden är 4 år för de högavkastande och 8 år för de lågavkastande. Betesutnyttjandet antas vara 70% för samtliga vallar. Ingen skörd antas bärgas på vallen.

Tabell 2. LCA-resultat per hektar för naturbete och betesvall vid olika avkastningsnivåer. Betesvallens resultat anges också för två olika regioner. Emissioner från träck och urin på bete har inkluderats.

	Naturbete		Betesvall			
	låg	hög	låg syd	låg nord	hög syd	hög nord
Växthusgasutsläpp, kg CO ₂ -ekv/kg	0,24	0,18	0,16	0,11	0,83	0,94
Övergödning, g PO ₄ /kg	3,0	1,4	1,2	1,0	3,6	4,4
Försurning, g SO ₂ /kg	2,5	2,2	2,0	1,4	12	14
Pesticidanvändning, g a.s./kg	0	0	0	0	0,054	0,090
Användning av primär energi, MJ-ekv/kg	1,4	0,66	0,18	0,18	0,86	1,4
Markanvändning, m ² /kg	13	5,0	3,3	3,3	2,0	3,3

Tabell 3. LCA-resultat per hektar för naturbete och betesvall vid olika avkastningsnivåer. Betesvallens resultat anges också för två olika regioner. Emissioner från träck och urin på bete har inkluderats.

	Naturbete		Betesvall			
	hög	låg	hög syd	hög nord	låg syd	låg nord
<i>Bruttoavkastning, ton ts/ha</i>	4	1,5	7,1	4,3	4,3	2,9
Växthusgasutsläpp, kg CO ₂ -ekv/kg	360	180	4 200	2 800	500	220
Övergödning, kg PO ₄ /kg	2,8	2,2	18	13	3,5	2,1
Försurning, kg SO ₂ /kg	4,4	1,9	62	41	6,0	2,7
Pesticidanvändning, kg a.s./kg	0	0	0,27	0,27	0	0
Användning av primär energi, GJ-ekv/kg	1,3	1,1	4,3	4,3	0,55	0,37

Uppdateringar av tidigare presenterade fodermedel

Spannmål och raps

För spannmål (havre, korn och höstvetete) och raps (vår- och höstraps) har skörde- och gödslingsnivåer samt arealfördelning uppdaterats utifrån den senaste statistiken. Skördenivåerna avser medelskörd 2008-2010 för östra (Stockholms, Uppsala, Södermanlands, Östergötlands, Örebro och Västmanlands län), södra (Skåne och Hallands län) respektive västra (Västra Götalands län) Sverige. Även dieselanvändningen i lantbruket har uppdaterats. Glyfosat som används i växtföljden har lagts till (denna uppgift ingick inte i tidigare version). Användning av övriga växtskyddsmedel har inte uppdaterats. Sådan uppdatering ingick inte i projektansökan, och dessutom vore tidpunkten illa vald, eftersom SCB under hösten 2011 publicerar resultat från en ny intervjuundersökning om jordbrukets användning av växtskyddsmedel, dock för sent för att resultaten ska kunna införlivas i dessa resultat.

Resultaten anges som medelvärden för havre, vete, korn och raps i Tabell 4. Medelvärdena har beräknats från produktionen i regionerna syd, väst och öst och är viktade utifrån hur stor andel av Sverige produktion av varje sädeslag som odlas i respektive region. För raps har medelvärdet dessutom viktats utifrån produktionen av höst- och vårraps. På webbplatsen www.sikfoder.se kommer även de regionspecifika resultaten att redovisas.

Transporten från gård till foderfabrik antas vara 2,5 mil med traktor och 15 mil med lastbil.

Tabell 4. Resultat för havre, höstvetete, vårkorn och raps vid foderfabrik. De resultat som anges är viktade medelvärden från produktion i regionerna syd, väst och öst. Rapsvärdet är dessutom viktat utifrån produktionen av vår- och höstraps i de tre regionerna.

	Havre vid foderfabrik	Höstvetete vid foderfabrik	Korn vid foderfabrik	Raps, vid foderfabrik	Varav transport (samtliga grödor)
Växthusgasutsläpp, kg CO ₂ -ekv/kg	0,42	0,38	0,40	0,80	0,03
Övergödning, g PO ₄ /kg	4,6	2,6	4,1	6,9	1,5
Försurning, g SO ₂ /kg	2,3	2,0	2,2	3,8	1,7
Pesticidanvändning, g a.s./kg	0,16	0,14	0,18	0,33	0,1
Användning av primär energi, MJ-ekv/kg	3,0	2,6	2,8	5,0	0,4
Markanvändning, m ² /kg	2,6	1,7	2,3	3,5	0
Fosforanvändning, g P/kg	1,8	1,0	1,1	2,7	0
Kaliumanvändning, g K/kg	1,9	1,2	1,9	4,9	0

Jämförelse med foderdatabasen från 2008

De resultat som redovisas här grundas på skördestatistik från 2008-2010. Resultaten i foderdatabasen från 2008 grundas på skördestatistik för åren 2004-2006 och redovisas per region, dock inte som ett viktat medelvärde. Vid en jämförelse av ett rakt medelvärde av 2008 års resultat för de olika regionerna och det som redovisas här, framgår att resultaten för t.ex. energi- och markanvändning skiljer sig endast obetydligt mellan de båda tidsperioderna. Skördenivåerna per hektar, som påverkar resultaten för alla miljöpåverkanskategorier, fluktuerar mellan år och regioner, och det finns ingen betydande skillnad i genomsnittsskörd mellan de båda perioderna. Dieselanvändningen är också i samma nivå som tidigare.

Utsläppen av växthusgaser har minskat för spannmål men ökat något för raps mellan rapporteringarna. Den främsta förklaringen till minskningen är att utsläpp från tillverkning av mineralgödselkväve minskat. Mineralkvävetillverkningen står för ca 20-30 procent av spannmålets totala växthusgasutsläpp fram till foderfabrik, och en minskning av denna post har därför stor betydelse. I den nu uppdaterade versionen antas att 60 procent av kvävet har tillverkats med s.k. BAT-teknik som medför betydligt lägre lustgasutsläpp och lägre energianvändning. Övriga 40 procent antas ha tillverkats med tidigare vanlig teknik i västra Europa.

Produktionens potentiella bidrag till försurning och övergödning är i de flesta fall på samma nivå som tidigare, men bidraget till försurning är betydligt lägre för rapsfrö i de nu redovisade resultaten än i 2008 års rapport. Gödslingen med både mineralkväve och stallgödsel är på samma nivå som i föregående rapport, men för rapsen antas en mindre andel av kvävet avgå som ammoniak i den uppdaterade versionen (5% av total-N för stallgödsel, 1,2% för mineralgödsel).

Användningen av fosfor- och kaliumgödselmedel till spannmål har sjunkit betydligt mellan de båda perioderna, och lägre värden redovisas därför i denna rapport än i foderdatabasen från 2008. Fosforgödslingen till havre ligger dock kvar på samma nivå som i 2008 års rapport.

Tillverkning av *Expro* från raps har uppdaterats med avseende på energianvändning och allokering. Utsläppen av växthusgaser är 0,46 kg CO₂-ekv per kg efter uppdatering.

Sojamjöl

Produktion av *soja* har modellerats utifrån en färsk studie av sojaproduktion i två regioner i Brasilien.² Studien ger uppgifter om odling, processning och transport till Europa.

Transporten från Rotterdam till svensk foderfabrik (Lidköping) har modellerats av SIK utifrån Ecoinvents databas. Tre alternativ för hantering av emissioner från avskogning redovisas:

- inget tillägg för avskogning,
- tillägg för avskogning enligt JRC³ och
- tillägg för avskogning enligt FAO⁴.

Ekonomisk allokering har gjorts mellan sojaolja (36 %) och sojamjöl (64 %) utifrån genomsnittligt världsmarknadspris 2010 på de båda produkterna (www.worldbank.org).

Resultat redovisas separat för de båda odlingsregionerna, se Tabell 5 och Tabell 6. Regionen CW (Center-West), har högre skördar per hektar än regionen SO (South), men avståndet till kusten är längre, vilket innebär längre lastbiltransporter. Resultaten från de båda regionerna redovisas separat eftersom vi saknar kännedom om vilka proportioner mellan de båda regionerna som bäst representerar brasiliansk soja på den svenska marknaden.

Beräkningar av växthusgasutsläpp har gjorts med tre olika alternativa sätt att hantera förändrad markanvändning i samband med uppodling (LUC, land use change) för de båda regionerna, se Tabell 5. För region CW är det mer sannolikt att det nyligen skett avskogning där sojan odlas än när det gäller region SO, där uppodling av ny mark i första hand sker på buskmark i de fall den befintliga jordbruksmarken inte räcker till. Samma LUC-alternativ redovisas dock för båda regionerna.

Tabell 5. Utsläpp av växthusgaser från produktion och transport av brasilianskt sojamjöl. Två odlingsregioner (CW, Center-West och SO, South) och tre alternativa sätt att hantera avskogning för uppodling av mark (a, b och c) redovisas. a står för inget tillägg för avskogning, b betyder tillägg för avskogning enligt JRC (Leip, 2010) och c innebär att tillägg för avskogning gjorts enligt FAO (Gerber et al, 2010).

Växthusgasutsläpp (kg CO ₂ -ekv/kg)	Utan tillägg för avskogning		Med tillägg för avskogning enl JRC		Med tillägg för avskogning enl FAO	
	CW	SO	CW	SO	CW	SO
CO ₂	0,18	0,21	2,4	2,4	7,0	7,0
N ₂ O	0,11	0,13	0,11	0,13	0,11	0,13
Transport till sv. foderfabrik (framför allt CO ₂)	0,36	0,24	0,36	0,24	0,36	0,24
totalt	0,65	0,59	2,8	2,7	7,4	7,3

Utsläppen av växthusgaser från produktion av sojaböner, före processning och transport, var ca 0,3 kg CO₂-ekv/kg för båda regionerna.

För andra miljöpåverkanskategorier än växthusgasutsläpp redovisas påverkan endast exklusive avskogning, se Tabell 6. Avskogning genom bränning leder till utsläpp av rökgaser

² da Silva, V. P., van der Werf, H. M. G., Spies, A. and Soares, S.R. 2010. Variability in environmental impacts of Brazilian soybean according to crop production and transport scenarios. *Journal of Environmental Management* 91 (2010) 1831-1839.

³ Leip, A., Weiss, F., Wassenaar, T., Perez, I., Fellmann, T., Loudjani, P. et al. 2010. Evaluation of the livestock sector's contribution to the EU greenhouse gas emissions (GGELS). Final report. Joint Research Centre (JRC), European Commission, Brussels, Belgium.

⁴ Gerber, P., Vellinga, T., Opio, C., Henderson, B. and Steinfeld, H. 2010. Greenhouse Gas Emissions from the Dairy Sector. A Life Cycle Assessment. Animal Production and Health Division, Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome, Italy.

som kan påverka även försurning och övergödning, men de referenser som använts saknar detaljerade uppgifter om detta, och avskogningens påverkan på slutresultatet har antagits vara mindre för försurning och övergödning än för växthusgasutsläpp.

Tabell 6. Miljöpåverkan från sojamjöl med ursprung i två regioner i Brasilien – center-west (Br CW) och south (Br. SO). Transportens bidrag ingår, men anges också separat inom parentes.

	Sojamjöl Br CW vid svensk foderfabrik (varav transport)	Sojamjöl Br SO vid svensk foderfabrik (varav transport)
Bidrag till övergödning, g PO ₄ /kg	4,1 (0,5)	4,5 (0,4)
Bidrag till försurning, g SO ₂ /kg	7,3 (4,3)	5,3 (3,9)
Pesticidanvändning, g a.s./kg	1,8 (0)	1,9 (0)
Användning av primär energi, MJ-ekv/kg	13 (9,9)	7,6 (4,5)
Markanvändning, m ² /kg	3,1 (0)	3,4 (0)
Fosforanvändning, g P/kg	26 (0)	20 (0)
Kaliumanvändning, g K/kg	20 (0)	24 (0)

Jämförelse med foderdatabasen från 2008

För försurning, övergödning, användning av primär energi och mark ligger de resultat som redovisas här nära dem som publicerades 2008.

I foderdatabasen från 2008 ingick inte utsläpp från avskogning i de beräknade utsläppen av växthusgaser. Dessa utsläpp var därför lägre än de som redovisas för alternativ b och c här. De var dock betydligt högre än i alternativ a i denna rapport. Den huvudsakliga skillnaden härrör från lustgasutsläppen, som anges vara dubbelt så höga i rapporten från 2008 som i denna rapport. Mineralkvävegödning per ha och skördenivåer är likartade i de data som användes 2008 och de som använts nu. I region SO tillförs svinflytgödsel, vilket snarare borde ge högre lustgasutsläpp i de uppdaterade beräkningarna. Både i rapporten från 2008 och i den studie som här återges har IPCC:s modell för beräkningar av lustgasavgång använts. Någon förklaring till skillnaden i lustgasavgång (direkt plus indirekt) har inte hittats.

Betydande skillnader finns också i pesticidanvändning och i fosforgödning. I båda fallen anger da Silva et al (2010) högre värden än foderdatabasen från 2008. Inventeringsuppgifterna i den referens som nu använts bedöms vara av bättre kvalitet och större aktualitet än de som användes i rapporten 2008.

Diskussion

De resultat som publicerats här är ett sammandrag av projektets resultat. Mer detaljerade data kommer att publiceras på webbplatsen www.sikfoder.se, som motsvarar tidigare rapport i pappersformat.

Med denna uppdatering och utveckling av databasen finns en god grund för fortsatta analyser. Nyttillskotten med helsädesensilage och bete är viktiga för att exempelmodeller på djurproduktion ska kunna tas fram. Det är också vår förhoppning att de planerade tillskott som inte kunde tas med i denna rapport kommer att kunna publiceras på www.sikfoder.se.

Spannmål, raps och soja är viktiga fodergrödor som vi tidigare haft i foderdatabasen. Förändringarna i resultat för spannmål och raps är tämligen små, men för soja är utsläppen av växthusgaser mycket lägre enligt de uppdaterade uppgifterna, om man inte tar hänsyn

tillförändrad markanvändning. Men soja är en gröda som expanderar kraftigt i framför allt Sydamerikas jordbruk. Expansionen sker bland annat på vad som tidigare var buskmark och regnskog. När ny odlingsmark röjs i sådana områden (framför allt genom bränning), sker utsläpp av koldioxid på grund av att det kol som är bundet i träd, buskar och mark frigörs. Det finns ännu ingen konsensus om metoder för beräkning av växthusgasutsläpp från förändrad markanvändning och hur dessa utsläpp ska fördelas mellan olika grödor. Vi har dock ansett det viktigt att genom olika exempelberäkningar visa vilket genomslag förändrad markanvändning *kan* ge för soja.

Publikationer

Resultaten från projektet kommer att publiceras som en webbaserad databas istället för i en traditionell rapport. Databasen läggs upp på webbplatsen www.sikfoder.se. Det ger bättre möjligheter sprida information om fodermedels miljöpåverkan samt uppdatera resultaten och lägga in nya LCA-resultat fortlöpande. Uppbyggnaden av webbplatsen påbörjas under hösten 2011 med finansiering från Landbygdsprogrammet. Webbplatsen kommer att läggas upp och administreras av SIK.

Övrig resultatförmedling till näringen

Resultaten från detta projekt kommer att förmedlas framför allt indirekt, genom studier av miljöeffekterna från olika typer av djurhållning.