

Klimatpåverkan genom växthusgasutsläpp från hållningen av Sveriges lantbruksdjur - utformning och utmaningar för konventionell mjölkproduktion med sikte på hållbar djurhållning ur miljösynpunkt

KLARA HELLMAN 2016
MVEM03 EXAMENSARBETE FÖR MAGISTEREXAMEN 15 HP
MILJÖ- OCH HÄLSOSKYDD | LUNDS UNIVERSITET



Klara Hellman

MVEM03 Examensarbete för magisterexamen 15 hp, Lunds universitet

Intern handledare: FD Poul Hansen, Lunds universitet

7 501 ord exklusive referenser

CEC - Centrum för miljö- och klimatforskning

Lunds universitet

Lund 2016

Abstract

This literature study shows that Swedish animal husbandry of farm animals is a contributing factor to environmental and climate impact and that both improved knowledge and commitment to environmental issues are important for future sustainable farming out of an environmental standpoint. This literature study is important because it provides a holistic view of how Swedish animal husbandry of farm animals affects the climate through emissions of greenhouse gases as well as the appropriate design and challenges to conventional milk production for sustainable farming out of an environmental standpoint. The study will thus be useful as a comprehensive basis for climate projects among both farmers and researchers.

The aim of this literature study was to examine how the Swedish animal husbandry of farm animals affects the climate through emissions of greenhouse gases. Also to account for how Swedish animal husbandry for conventional milk production should be designed and the main challenges that exists for sustainable farming out of an environmental standpoint.

The results of this literature study showed that Swedish animal husbandry of farm animals affects the climate through emissions of the greenhouse gases: nitrous oxide, carbon dioxide and methane. The emissions occur through processes on farms, such as processing of humus soils, and by imports of feedstuffs and fertilizers to farms. Conventional milk production should be designed with regard to aspects such as the animals' genetic conditions and balanced feed production to be environmentally sustainable. The main challenges for sustainability include global trade and structural rationalization.

Innehållsförteckning

Abstract	3
Innehållsförteckning	5
Inledning	7
<i>Syfte</i>	10
<i>Frågeställningar</i>	10
Metod	11
Resultat	13
<i>Djurhållningens klimatpåverkan genom utsläpp av växthusgaser (del 1)</i>	13
Lustgasemissioner (N ₂ O)	15
Koldioxidemissioner (CO ₂)	17
Metanproduktion (CH ₄)	18
<i>Konventionell mjölkproduktion med sikte på en hållbar djurhållning ur miljösynpunkt (del 2)</i>	19
Välmående djur för minskad miljöpåverkan	21
Avelsarbete för hållbara djur och minskad miljöpåverkan	22
Utfodring för minskad miljöpåverkan	22
Balanserad foderproduktion för minskad miljöpåverkan	23
Stallgödselhantering för minskad miljöpåverkan	23
Djurhållningens lokalisering och koncentration för minskad miljöpåverkan	24
Biogasproduktion för minskad miljöpåverkan	25
<i>Utmaningar för mjölkproducenter för att bedriva en framtida hållbar djurhållning ur miljösynpunkt (del 3)</i>	25
Den globala handeln	26
Strukturrationalisering och specialisering	27
Målkonflikt mellan betesgång och ökad metanproduktion	27

Stallgödsellagring	27
Förändrad foderodling och betessäsongs av klimatförändringar	27
Förändrad djurhälsa och miljö av klimatförändringar	28
Diskussion	29
<i>Klimatpåverkan genom växthusgasutsläpp från lantbrukets djurhållning</i>	30
<i>Utformning av svensk konventionell mjölkproduktion för en hållbar djurhållning ur miljösynpunkt</i>	31
<i>Utmaningar för mjölkproducenter för att bedriva en framtida hållbar djurhållning ur miljösynpunkt</i>	33
<i>Framtida studier och kunskapsbyggnad</i>	34
Slutsatser	35
Tack	37
Referenser	39

Inledning

Mänskliga aktiviteter påverkar miljön på många olika sätt. Djurhållning svarar för människans mest omfattande markanvändning och utgör omkring 30 % av jordens totala landyta (Claesson & Steineck, 1991). I Sverige idag ägnar sig ungefär 172 700 svenskar åt någon form av jordbruksverksamhet, den största delen av jordbruket utgörs av mjölkproduktion med ett värde på ungefär 20 procent av Sveriges hela jordbruksproduktion (Jordbruksverket, 2015a). Trots att antalet lantbruksgårdar sedan 1970 har mer än halverats syns ingen minskning av produktionen eftersom de kvarvarande gårdarna blivit avsevärt större (Drake, 1992). I en studie genomförd av Collins & Wall (2006) framkommer att färre och större lantbruksgårdar innebär att gårdarnas besättningsstorlekar ökar och även behovet av resurser. Detta förklarar författarna orsakar en betydligt ökad risk för dels lokal miljöpåverkan och dels större utsläpp av växthusgaser som bidrar till klimatförändringar. En studie utförd av Henriksson (2014) belyser även att den konventionella mjölkproduktionen i Sverige är stor och att dess klimatpåverkan är av betydelse för omgivningen. Studien understryker även vikten av att produktionen utformas på ett sätt som gör den hållbar för framtiden, samtidigt som framtidsutmaningarna är många.

Den här litteraturstudien är utifrån ett miljövetenskapligt perspektiv viktig eftersom den ger en helhetssyn över hur hållningen av lantbrukets djur i Sverige, med ett specifikt fokus på konventionell mjölkproduktion, påverkar klimatet genom utsläpp av växthusgaser samt lämplig utformning och utmaningar för en hållbar djurhållning ur miljösynpunkt. Studien sammanställer och tydliggör därigenom redan befintlig forskning inom området, vilket gör den användbar som ett samlat underlag till klimatprojekt bland både lantbrukare (särskilt mjölkproducenter) och forskare.

Växthuseffekten är ett naturligt fenomen som innebär att jorden värms upp av solstrålningen och sedan avger värmestrålning till atmosfären (Berghlund et al., 2009). En del av denna strålning absorberas av gaser i atmosfären och en del emitteras tillbaka till jordytan och bidrar till uppvärmning (Nilsson, 2007). Vad som är problematiskt i detta sammanhang är den av människan bidragande tillförseln av

växthusgaser, vilken har en påverkan på jordens strålningsbalans (Cederberg et al., 2007). De ämnen i atmosfären som kommer från mänskliga aktiviteter och som bidrar till växthuseffekten är främst lustgas (N_2O), koldioxid (CO_2), metan (CH_4) och CFC (t.ex. freoner) (Henriksson, 2014). Jordbruksverket (2009a) förklarar att de klimatförändringar som emissionerna av växthusgaserna bidrar med är höjning av jordens medeltemperatur, samtidigt som människan genom att minska utsläppen från bland annat jordbruksverksamheter kan påverka hur snabbt effekter sker samt hur stora de blir.

Vid brukning av jordbruksmark, så som gödselspridning, sker förluster av växtnäringsämnen (främst kväve och fosfor) till den omgivande miljön (Ruhl, 2000). Vad som är problematiskt med dessa läckage av näringsämnen är att de transporteras till vattendrag, sjöar och hav där de orsakar övergödning (Hart, et al., 2004). En del av det näringsläckage som sker från jordbruksmarken kan även ta sig ned till grundvattnet och där orsaka förorening (Sims, et al., 1998). Ruhl (2000) förklarar att god kunskap bland lantbrukare är viktigt för att läckagen av näringsämnen ska kunna begränsas i möjligaste mån.

På lantbruksgårdar där djurhållning bedrivs har användning av läkemedel (t.ex. antibiotika och antiinflammatoriska medel) blivit vanligt förekommande (Sarmah et al., 2006). Utifrån ett miljöperspektiv är detta problematiskt eftersom det orsakar utsläpp av läkemedelsrester till den omgivande miljön (Bing et al., 2007). Detta genom att de läkemedelsrester som ges ifrån via djurens gödsel till stor del ännu är i sin aktiva form och därigenom kan orsaka både direkta effekter på markorganismer och indirekta effekter på vattenrecipienter genom urlakningsprocesser (Velasco-Garcia & Mottram, 2001; Sarmah et al., 2006).

För att minska och förebygga miljö- och klimatpåverkan i Sverige är landets miljöarbete organiserat utifrån ett generationsmål, 24 etappmål och 16 miljö kvalitetsmål. Ambitionen är att lösa de stora miljö- och klimatproblemen till nästa generation, vilket innebär att samtliga viktiga åtgärder ska vara genomförda år 2020 (2050 för klimatmålet) (Naturvårdsverket, 2015a). För att klara målen krävs stort engagemang från många av samhällets aktörer, däribland lantbrukare och deras arbete för att minska miljö- och klimatpåverkan från både hållningen av lantbruksdjur och växtodlingen (Berglund, et al., 2014).

En möjlig definition av ett traditionellt konventionellt lantbruk är: de produktionssystem som använder alla tillgängliga metoder och all tillgänglig teknik som är laglig i sin produktion, t.ex. syntetiska fodertillsatser, kemiska bekämpningsmedel och gödselmedel etc. (Morris, et al., 2001). I dagens moderna samhälle går trenden för dessa lantbruk

mot strukturrationalisering och specialisering (Lindholm, 2000). Samtidigt har klimatpåverkan från lantbrukets djurhållning kommit att få allt större uppmärksamhet bland både forskare och lantbrukare (Lundström, et al., 2009). Dock är kunskapsläget ännu relativt bristfälligt och det kan på många sätt förbättras (Morris, et al., 2001). I dagsläget finns t.ex. inte någon officiell statistik över växthusgasutsläpp från den svenska hållningen av lantbrukets djur (Jordbruksverket, 2016b; Naturvårdsverket, 2016; Naturvårdsverket, 2015b; Lundström, et al., 2009). Den statistik som finns tillgänglig för jordbrukssektorns utsläpp täcker inte djurhållningens alla led och dimensioner (Naturvårdsverket, 2015b; Naturvårdsverket, 2016). Det råder även osäkerheter om utsläppshalterna av växthusgaser från jordbruket, framförallt beroende på att utsläppen i många fall beräknas med utgångspunkt från grova schabloner (Lundström, et al., 2009).

De vanligast förekommande djuren inom det svenska lantbruket är gris, får, häst, nötkreatur och fjäderfä (Lundström, et al., 2009). Beroende på vilken slags djurhållning en gård bedriver skiljer sig miljö- och klimatpåverkan åt, framförallt i omfattning och proportionerna mellan olika utsläppskällor (Jordbruksverket, 2008a).

Det som karakteriserar konventionell mjölkproduktion är att den är högspecialiserad och intensiv med högavkastande kor (Lundström, et al., 2009). Den genomsnittliga mjölkbesättningen bestod 2015 av 81 kor (SVA, 2016). Hallberg (1999) förklarar att kunskapsläget i Sverige om kreaturens klimatpåverkan märkbart har ökat de senaste 20 åren och att det idag även finns officiell utsläppsdata rörande kreaturens metangasutsläpp från matsmältningen.

För att förklara utgångspunkten för en hållbar djurhållning kan den definition av hållbar utveckling som presenteras i Brundtlandkommissionens rapport "Vår gemensamma framtid" (1988) tillämpas:

"Hållbar utveckling kan definieras som en utveckling som tillfredsställer dagens behov utan att äventyra kommande generationers möjligheter att tillgodose sina behov."

Syfte

Studien syftar till att sammanställa och beskriva kunskapsläget i Sverige beträffande hur hållningen av lantbrukets djur påverkar på klimatet genom utsläpp av växthusgaser. Även till att sammanställa befintlig kunskap om hur djurhållningen för konventionell mjölkproduktion bör utformas samt vilka huvudsakliga utmaningar mjölkproducenter står inför för att förhindra näringsläckage och utsläpp av växthusgaser samt läkemedelsrester till omgivningen (driva en hållbar djurhållning ur miljösynpunkt).

Frågeställningar

De frågeställningar som studien har för avsikt att besvara är:

- Hur påverkar den svenska hållningen av lantbrukets djur klimatet genom växthusgasutsläpp?
- Hur bör den svenska djurhållningen för konventionell mjölkproduktion utformas med sikte på en hållbar djurhållning ur miljösynpunkt?
- Vilka är de huvudsakliga utmaningar som mjölkproducenter står inför för att kunna bedriva en framtida hållbar djurhållning ur miljösynpunkt?

Metod

Denna studie är en kvalitativ litteraturstudie. Syftet med denna är dels att skapa en helhetsbild över kunskapsläget beträffande hur den svenska hållningen av lantbrukets djur påverkar på klimatet genom utsläpp av växthusgaser. Dels att sammanställa befintlig kunskap beträffande hur den svenska djurhållningen för konventionell mjölkproduktion bör utformas och vilka huvudsakliga utmaningar som mjölkproducenter står inför för att kunna bedriva en framtida hållbar djurhållning ur miljösynpunkt.

I studien har vetenskapliga artiklar, böcker och myndighetsdokument använts. Sökningen av vetenskapliga artiklar och böcker har genomförts genom användning av databaserna LUBsearch, Web of science och Google scholar. De sökord och fraser som använts vid sökning i databaserna samt antalet träffar för respektive sökning kan utläsas i kronologisk ordning ur tabell 1. Utifrån de sökresultat jag till en början fick kunde nya sökord och fraser skapas som var användbara för min studie och jag genomförde ytterligare sökningar med dessa.

Tabell 1. Kronologisk ordning av de databaser samt sökord och fraser som använts i studien. Respektive sökresultats antal träffar är angivet.

Databas	Sökord/fraser med antalet träffar
LUBsearch	"livestock farming of swedish farm animals AND environmental impact" (6 träffar), "greenhouse gas emissions animal husbandry" (231 träffar), "Swedish animal husbandry AND greenhouse gas emissions" (8 träffar), "greenhouse gases AND Swedish animal husbandry" (5 träffar), "sustainable Swedish conventional dairy farming" (10 träffar) och "challenges of sustainable Swedish dairy farming" (7 träffar)
Web of science (alla databaser)	"Swedish animal husbandry AND climate impact" (13 träffar), "greenhouse gas emissions AND Swedish animal husbandry" (7 träffar), "Swedish livestock farming AND methane emissions" (5 träffar), "Swedish livestock farming AND carbon dioxide emissions" (9 träffar), "sustainable dairy farming Sweden" (14 träffar), "conventional dairy farming Sweden AND sustainable" (8 träffar) och "future of swedish dairy farming" (37 träffar)
Google scholar	"svenska lantbrukets djurhållning OCH klimatpåverkan" (210 träffar), "växthusgasutsläpp från lantbrukets djurhållning" (433 träffar), "hållbar konventionell mjölkproduktion" (342 träffar) och "utmaningar för framtida hållbar konventionell mjölkproduktion" (125 träffar)

Urvalet av vetenskapliga artiklar och böcker från sökresultaten gjordes sedan genom att titlarnas relevans först bedömdes utifrån ämnet och därefter att abstract eller slutsatser av utvalda intressanta sökresultat lästes för att ytterligare bedöma dess relevans utifrån ämnet. Efter detta tittade jag i referenslistorna på flertalet av de relevanta sökresultaten och fann där fler användbara artiklar. Därefter gjordes sökningar på Jordbruksverkets samt Naturvårdsverkets webbplatser för att inhämta relevant information och fakta.

Studien är dels avgränsad till att sammanställa och beskriva kunskapsläget för hur den svenska hållningen av de vanligaste lantbruksdjuren (gris, får, häst, nötkreatur och fjäderfä) totalt sett påverkar klimatet genom utsläpp av växthusgaser. Dels till att sammanställa befintlig kunskap om hur den svenska djurhållningen för konventionell mjölkproduktion med avseende på en medelstor besättning på 81 kor bör utformas med sikte på en hållbar djurhållning ur miljösynpunkt. Dels även till att sammanställa befintlig kunskap angående de huvudsakliga utmaningar som mjölkproducenter står inför för att kunna bedriva en framtida hållbar djurhållning ur miljösynpunkt. Med en hållbar djurhållning ur miljösynpunkt menas i denna litteraturstudie vidtaganden för att förhindra näringsläckage och utsläpp av växthusgaser samt läkemedelsrester till omgivningen.

Resultat

Detta avsnitt består av tre delar, respektive del utgörs av en litteraturoversikt. Första delen syftar till att skapa en helhetsbild över kunskapsläget beträffande hur den svenska hållningen av lantbrukets djur påverkar på klimatet genom utsläpp av växthusgaser. Del två syftar till att sammanställa befintlig kunskap beträffande hur den konventionella mjölkproduktionen i Sverige bör utformas med sikte på en hållbar djurhållning ur miljösynpunkt. Tredje delen syftar till att sammanställa befintlig kunskap beträffande de huvudsakliga utmaningar som mjölkproducenter står inför för att kunna bedriva en framtida hållbar djurhållning ur miljösynpunkt.

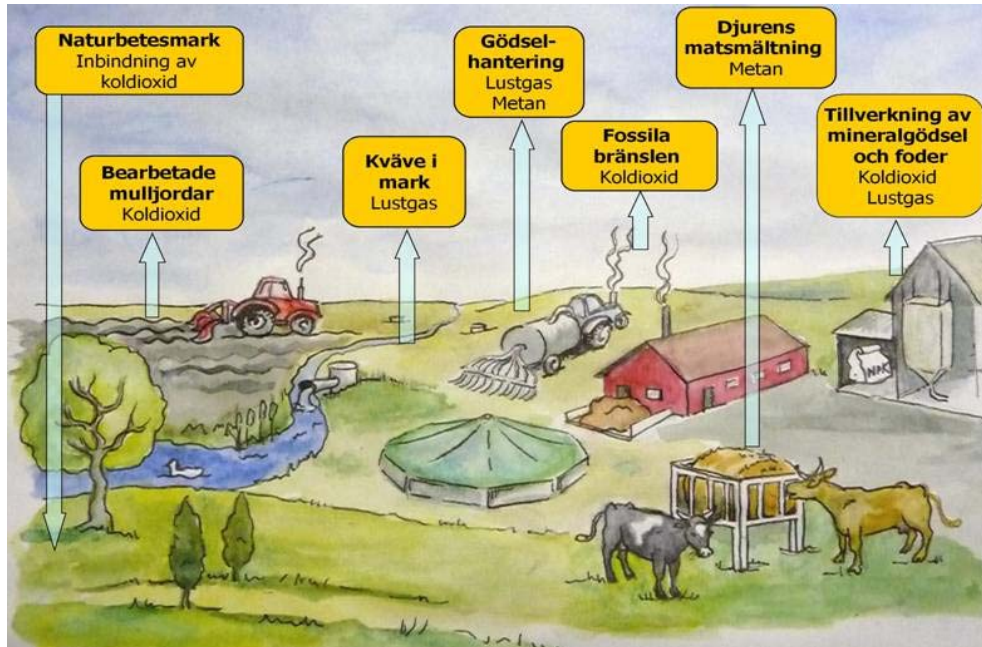
Djurhållningens klimatpåverkan genom utsläpp av växthusgaser (del 1)

Hållningen av Sveriges vanligaste lantbruksdjur påverkar klimatet genom utsläpp av växthusgaserna lustgas (N_2O), koldioxid (CO_2) och metan (CH_4) (Lundström, et al., 2009; Gerber, et al., 2013; Naturvårdsverket, 2016). Tabell 2 visar en sammanställd översikt över de växthusgaser från lantbrukets djurhållning som påverkar klimatet samt dess utsläppskällor och källornas bidragande klimatpåverkan.

Tabell 2. De växthusgaser från lantbrukets djurhållning som påverkar klimatet samt dess utsläppskällor och bidragande klimatpåverkan. Tabellen är sammanställd på basis av referenserna i studien.

Växthusgas	Källor till utsläpp i lantbrukets djurhållning	Källornas bidragande klimatpåverkan
Lustgas (N ₂ O)	Handelsgödsel	Produktion, inköp samt spridning (Henriksson, 2014; Jordbruksverket, 2009a).
	Fodermedel	<ul style="list-style-type: none"> Egen produktion (odling och processning) av proteinfoder (Mosier et al., 1994; Henriksson, 2014). Inköp av proteinfoder (odling, processning och transporter) (Lundström, et al., 2009; Skiba et al., 1996).
	Stallgödsel och slam	Hantering, lagring samt spridning (Bouwman, 1997; Henriksson, 2014).
	Lantbruksdjurens avföring	Emissioner från gödsel djuren ger från sig på bete (Petersen et al., 2013).
Koldioxid (CO ₂)	Fossilt CO ₂	<ul style="list-style-type: none"> Processer/aktiviteter på gårdarna genom fältarbete, mjölkning, bränsle för uppvärmning (eldningsolja och biobränslen), spannmålstorkning och el (Berglund et al., 2009; Henriksson, 2014). Industriella processer genom foder- och mineralgödselproduktion (Jordbruksverket, 2009a). Import av foder och mineralgödsel (odling, processning och transport) (Jordbruksverket, 2009a; Ahmad & Wyckoff, 2003). Transportsektorn genom drivmedel till fordon (Henriksson, 2014).
	Biogent CO ₂	<ul style="list-style-type: none"> Import av fodermedel (främst soja) genom bidrag till förändrad markanvändning i andra länder (Paustian et al., 2000; Lundström, et al., 2009). Förändrade växtodlingsstrategier (Cederberg et al., 2013). Koldioxidavgång från mulljordar (Jordbruksverket, 2009a; Jordbruksverket, 2008a). Kolinlagring i betesmarker (Lal, 2004; Jordbruksverket, 2008a).
Metan (CH ₄)	Idisslande djurens fodermältning	Biprodukt i vommen som avgår genom idisslarnas utandningsluft (Johnson et al., 1994).
	Stallgödsel	<ul style="list-style-type: none"> Emissioner från gödsel djuren ger från sig i stallarna (Jordbruksverket, 2009a; Steed et al., 1994). Emissioner från lagring under anaeroba förhållanden (Petersen et al., 2013).

Figur 1 illustrerar utsläppskällorna av växthusgaser från lantbrukets djurhållning.



Figur 1. Utsläppskällorna av växthusgaser från lantbrukets djurhållning. Bildkälla: Jordbruksverket, 2009a.

Nedan beskrivs hur hållningen av lantbrukets djur påverkar klimatet genom utsläpp av växthusgaserna lustgas (N_2O), koldioxid (CO_2) och metan (CH_4).

Lustgasemissioner (N_2O)

Av de växthusgaser som kommer från lantbrukets djurhållning är lustgas den mest potenta och den utgör en av jordbrukets viktigaste klimatpåverkande utsläpp (Lundström, et al., 2009). Ungefär 45 % av jordbruksmarkens lustgasavgång uppskattas komma från djurhållningen (Mallard, 2006). Majoriteten av lustgasen bildas i jorden främst orsakat genom användning av organiskt kvävegödningsmedel, men även produktion och/eller inköp av syntetiska kvävegödningsmedel, inköp av fodermedel (från utlandet och inom Sverige) samt stallgödselhanteringen bidrar med betydande andelar utsläpp av lustgas (Skiba & Smith 1996; Mosier, 1994). Djurhållningen medverkar därmed till ökad lustgastillförsel till atmosfären genom dels tillverkning, inköp och

spridning av handelsgödsel, dels produktion och/eller inköp av proteinfoder (där odling, processning och transporter påverkar) och dels hantering, lagring och spridning av stallgödsel (Lundström, et al., 2009; Jordbruksverket, 2009a; Henriksson, 2014).

Lustgasen produceras genom mikrobiella processer då sönderdelning och mineralisering sker av mineralgödningsmedel, kväveföreningar i gödsel, växtrester och andra organiska material (Hofstra & Bouwman, 2005). Beroende på syretillgången i dessa processer sker antingen nitrifikation (aerob process) eller denitrifikation (anaerob process) (Henriksson, 2014). Allmänt betraktas processer som sker genom denitrifikation som mest bidragande till lustgasutsläpp (Wrage et al., 2004), dock kan även nitrifikation bidra med betydande lokala utsläpp till de sammanlagda utsläppen av lustgas (Kavdir et al., 2008). Henriksson (2014) förklarar att lustgasavgången framförallt påverkas av kvävetillgången i marken eftersom tillgången på nitrat (NO_3^-), nitrit (NO_2^-) och lättillgängligt kol (C) fungerar som föda för denitrifierande bakterier. Lustgasavgången visar sig även ske i större omfattning om markens porer är fyllda med 65-85 % vatten (Flechar et al., 2007). Andra viktiga markförvaltningsmetoder som inverkar på produktionen av lustgas är mängden och tiden för tillsättningen av kväve till jorden, markstrukturen och vattendränningen samt surhetsgraden (Hofstra & Bouwman, 2005; Singurindy et al., 2009; Kaiser et al., 1998). Vid tillsättning av kväve förklarar Hofstra & Bouwman (2005) att både markfuktigheten och temperaturen är viktiga att beakta. Vidare förklarar Henriksson (2014) att ett lågt pH i marken ökar lustgasutsläppen och att dålig dränering av marken ger upphov till jordpackning, vilket ökar sannolikheten för anaeroba förhållanden och därmed denitrifikation och ökade lustgasutsläpp.

I stallgödsel produceras lustgas under begränsade syreförhållanden genom samma processer som sker i marken (Bouwman, 1997). Stor lustgasproduktion sker särskilt i lagrad djurströbädd, men produktion sker även i den ytskorpa som bildas på lagrat och utspätt slam, i lagrat fastgödsel och i det gödsel som djuren ger från sig på bete (Petersen et al., 2013). Vid stallgödselspridning sker direkta utsläpp av lustgas till atmosfären (Henriksson, 2014). Stallgödselhantering orsakar även indirekta utsläpp av lustgas genom att gasen skapas av kväveoxider eller ammoniak och sedan deponeras med nederbörden utanför djurhållningsgården (Jordbruksverket, 2009a).

Koldioxidemissioner (CO₂)

Jordbruksverket (2008a) förklarar att det totala växthusgasutsläppet i Sverige varje år motsvarar 65 miljoner ton koldioxid och att jordbruket, däribland lantbrukets djurhållning, bidrar med omkring 12 miljoner ton (19 %) av dessa från fossila bränslen och markanvändning.

Fossilt CO₂

Koldioxid avges vid förbränningar av olika typer av fossila bränslen för energiändamål inom lantbrukets djurhållning och orsakar klimatpåverkan (Nilsson, 2007). Djurhållningens energibehov i Sverige för de vanligaste lantbruksdjuren uppskattas till ungefär 6,8 TWh per år (Lundström, et al., 2009). Energin används dels i processer och aktiviteter på gårdarna som huvudsakligen berör fältarbete, mjölkning, bränsle för uppvärmning (eldningsolja och biobränslen), spannmålstorkning och el (Henriksson, 2014; Berglund et al., 2009). Dels i industriella processer till framförallt foder- och mineralgödselproduktion och även import av foder- och mineralgödsel (koldioxidutsläpp från odling, processning och transport) (Jordbruksverket, 2009a). Dels även inom transportsektorn, huvudsakligen som drivmedel till fordonen (Ahmad & Wyckoff, 2003).

Biogent CO₂

Kol (C) cirkulerar i ett biogeokemiskt kretslopp där kolet omsätts mellan jordens olika kolreservoarer (biosfären, geosfären, hydrosfären och atmosfären) (IDF, 2010). Koldioxidutsläpp till atmosfären från lantbrukets djurhållning sker till största del från långtidslagrade kol i vegetation och mark genom att markens kolbalans rubbas (Solomon et al., 2009). Detta innebär att de huvudsakliga koldioxidutsläppen sker dels då marken omvandlas från sitt naturliga tillstånd till jordbruksmark (avskogning och jordbearbetning) och dels då strategierna för växtodling ändras på gården, t.ex. att gården går från att odla fleråriga till årliga grödor (Cederberg et al., 2013). Vidare anser FAO (2006) att den enskilt största klimatpåverkande faktorn från lantbrukets djurhållning är den när skogsavverkning sker för att ta fram odlingsmark. Dock är viktigt att poängtera att ingen sådan utvidgning av odlingsmark sker i Sverige, men genom import av fodermedel (främst soja) bidrar den svenska hållningen av lantbrukets djur till förändrad markanvändning i bland annat Sydamerika och därmed ökade utsläpp av koldioxid till atmosfären (Paustian et al., 2000; Lundström, et al., 2009).

De förhållanden i jordbruket som främst inverkar på mängden koldioxid som frigörs till atmosfären är den begynnande mängden organiskt kol i marken, markens struktur, oxidationstiden för organiskt material i marken samt klimatförhållandena (Johnston et al., 2009; Bolinder et al., 2010). Vid brukning av jordar med hög mullhalt sker syresättning av marken och det sker en successiv nedbrytning av det organiska materialet, vilket gör att koldioxid frigörs (Jordbruksverket, 2009a). Detta utsläpp genom koldioxidavgång från uppodlade mulljordar utgör en stor klimatpåverkande faktor från lantbrukets djurhållning (Jordbruksverket, 2008a).

Koldioxid släpps även ut från respiration och gödsel av lantbrukets djur (Jordbruksverket, 2009a). Dock kan dessa utsläpp till atmosfären antas vara koldioxidneutrala (± 0), eftersom denna frigivna koldioxid mycket snabbt återupptas i kolets kretslopp (IDF, 2010).

Det är även viktigt att belysa att betesmarker för lantbrukets djurhållning är betydelsefulla kolsänkor, d.v.s. att växter tar upp koldioxid ur luften och därmed att det sker en inbindning av koldioxid som till viss del sänker koldioxidförekomsten i atmosfären (Lal, 2004; Jordbruksverket, 2008a).

Metanproduktion (CH₄)

De huvudsakliga metanutsläppen från lantbrukets djurhållning kommer från de idisslande lantbruksdjurens enteriska fermentering, genom att metan bildas som en biprodukt (främst) i vommen hos djuren (Johnson et al., 1994). Denna foderspjälningsprocess möjliggör att idisslare kan smälta cellulosa (Ramin, 2013). Processen fungerar genom att miljarderna av mikrober i den anaeroba miljön i vommen sönderdelar fodret (cellulosan) till lättflyktiga fettsyror, vätgas (H₂) och koldioxid (CO₂), samtidigt sker metanbildningsprocessen genom att vätgasen och koldioxiden används som substrat för att producera metan som sedan avgår genom idisslarnas utandningsluft (Johnson et al., 1994; Ramin, 2013). Syftet med den metanbildande processen är att undvika långvarigt hög surhetsgrad i vommen som initieras vid bildningen av vätgas (Johnson & Johnson, 1995). Henriksson (2014) förklarar att mängden metan som bildas beror på djurparametrar (framförallt art, ras och produktivitet), foderintaget samt struktur och fodernäringsammansättningen. Skillnader i metanproduktion mellan individer kan delvis även förklaras genom skillnader i vommarnas mikrobiella samhällen (Johnson & Johnson, 1995; Ramin, 2013).

Metan bildas även i gödsel och avges i djurstallarna samt under lagring (Steed & Hashimoto 1994; Jordbruksverket, 2009a). I Sverige sker utsläppen av metan via gödsel huvudsakligen från nötkreatur och svin (Jordbruksverket, 2008a). Metanbildningen sker från det kvarvarande osmälta organiska material som finns i gödslet, under liknande anaeroba betingelser och genom samma processer som i vommen (Petersen et al., 2013). Grisar har mycket svårt att bryta ned cellulosa, vilket innebär att gödslet innehåller många ämnen som mikroorganismer i stallgödsel och även jord kan bryta ned till metan (Jordbruksverket, 2009a). Vidare har mängden flytgödsel ökat genom åren inom hållningen av lantbrukets djur, de anaeroba miljöer som råder i flytgödsel gynnar metanbildning och därmed även utsläpp till atmosfären (Henriksson, 2014; Petersen et al., 2013). Samtidigt har dock många flytgödselanläggningar någon form av teckning, vilket minskar risken för metangasutsläpp (Pimentel et al., 2005).

Konventionell mjölkproduktion med sikte på en hållbar djurhållning ur miljösynpunkt (del 2)

För en hållbar djurhållning ur miljösynpunkt för svensk konventionell mjölkproduktion krävs att särskild hänsyn tas till aspekter kopplade dels till hanteringen av djuren och dels till produktions- och behandlingssystemen på gårdarna (Lundström, et al., 2009). Tabell 3 visar en sammanställd översikt över hur den konventionella mjölkproduktionen bör utformas med sikte på en hållbar djurhållning ur miljösynpunkt.

Tabell 3. Översikt över hur den svenska konventionella mjölkproduktionen bör utformas med sikte på en hållbar djurhållning ur miljösynpunkt. Tabellen är sammanställd på basis av referenserna i studien.

Utformning för minskad miljöpåverkan	Väsentliga utformningar för vardera kategori
Arbeta för friska och välmående djur	<ul style="list-style-type: none"> Rutiner för regelbunden kontroll av mjölkornas hälsa (t.ex. ett hälsoprotokoll) (Roxström, 2001; De Boer, 2003). Använda lägsta möjliga rekryteringsprocent av kvigor (Sewalem et al. 2008; Garnsworthy, 2004). Minsta möjliga användning av läkemedel (t.ex. antibiotika och antiinflammatoriska medel) (Cabello, 2006).
Ta hänsyn till genetiska förutsättningar	Välja mjölkkoraser som framavlats med prioritet på hälsa och reproduktion (t.ex. svenskt rödbroktigt boskap) (Nygren, et al., 2010; Hoffmann, 2010).
Anpassad utfodring	<ul style="list-style-type: none"> Använda närodlat foder istället för importerat. (t.ex. vallfoder och större mängder ärtor, agrodank och rapsmjöl istället för sojafoder) (Flysjö et al., 2008). Inte överutfodra med protein (Kumm 2004; Fox & Tylutki, 1998). Främja ökat foderutnyttjande (genom kontrollerat avelsarbete, foderval och goda utfodringsrutiner) (Tamminga, 1992; Kumm 2004).
Balanserad foderproduktion	Upprätthålla god balans mellan antalet djur (producerad mängd stallgödsel) och tillgänglig åkerareal (växtodlingsyta för gödselspridning) (Kumm 2004; Bacon et. al., 1990; Lundström, et al., 2009).
God stallgödselhantering	<ul style="list-style-type: none"> Använda gödsellagringssystem som minimerar växtnäringsförluster under lagringsperioden (Malgeryd et al., 2002). Tillräckligt stor lagringskapacitet för spridning av gödslet under en optimal tid (Lundström, et al., 2009). Använda torv som strömedel för minskade kväveförluster vid gödsellagring (Malgeryd et al., 2002). Hålla lagringsbehållare för flytgödsel täckta (t.ex. med täck- och takmaterial eller naturligt svämtäcke) (Amon et. al., 2006; Malgeryd et al., 2002).
Lämplig lokalisering och djurkoncentration	<ul style="list-style-type: none"> Lokalisera mjölkgårdarna till inre Götaland och Svealand eller Mälardalen för mindre kväveläckage (Kumm, 2004; Bilotta et. al., 2007). Arbeta för upprättande av styrmedel som ökar den småskaliga mjölkproduktions konkurrenskraft gentemot strukturrationalisering, vilket ger lägre lokal miljöpåverkan (Andersson 2004; Collins & Wall, 2006). Efterleva de villkor som ställs i tillstånd (vid djurhållning i stort antal) för minskad miljöpåverkan (Lundström, et al., 2009).
Använda gödselbaserad biogasproduktion	<ul style="list-style-type: none"> Använda rötresterna från biogasproduktionen som gödselmedel (Baky et al., 2006). Arbeta för upprättandet av ett investeringsstöd i landsbygdsprogrammet, för att möjliggöra ökad framställning av gödselbaserad biogas (Lundström, et al., 2009; SOU, 2007).

Nedan redogörs för hur mjölkproduktionen bör utformas med sikte på en hållbar djurhållning ur miljösynpunkt.

Välmående djur för minskad miljöpåverkan

En förutsättning för att åstadkomma hållbar mjölkproduktion, där både producentens ekonomi och miljön gynnas, är att kona är friska och välmående (De Boer, 2003). Ökad sjuklighet bland kona innebär, utöver stort djurlidande, kraftigt försämrad foderomvandling hos djuren och en förlängd uppfödningstid, vilket medför en ökad foderåtgång samt en ökad stallgödselproduktion som i sin tur orsakar större utsläpp av näringsämnen till den omgivande miljön (Nygren, et al., 2010). Den vanligaste sjukdomen bland mjölkkor är juverinflammation och ca 15 % av landets mjölkkor har sjukdomen (Jordbruksverket, 2016a). Inom mjölkproduktionen är det därför viktigt att det finns rutiner för att regelbundet kontrollera mjölkornas hälsa och särskilt se över deras juverhälsa för att minska både lidandet och miljöpåverkan (Roxström, 2001; De Boer, 2003). Ett effektivt sätt att kontrollera djurhälsan inom produktionen är att utforma något form av hälsoprotokoll för djuren som regelbundet används vid inspektion av djuren (Roxström, 2001).

Behovet av rekryteringsdjur är idag stort (ca 40 %) inom den konventionella mjölkproduktionen, mjölkorna används normalt i produktion under 2,4 laktationer (mjölkkningscykler) (Bertilsson et al., 1997). Garnsworthy (2004) förklarar att rekryteringen av mjölkkor utgör en stor bidragande faktor till växthusgasutsläpp från mjölkproduktionen, eftersom ca 27 % av metangasen produceras av rekryteringskvigor. Därför är det viktigt att djurhållningen för mjölkproduktion utformas med en så låg rekryteringsprocent som möjligt för att minska miljöpåverkan (Sewalem et al. 2008; Garnsworthy, 2004). Detta kan uppnås genom förbättrad reproduktiv hälsa som i sin tur ökar konas livslängd och därmed reducerar behovet av rekryteringskvigor, vilket innebär att metanproduktionen kan komma att minska med ungefär 20 % (Lundström, et al., 2009; Garnsworthy, 2004).

Användningen av läkemedel bland mjölkorna (t.ex. antibiotika och antiinflammatoriska medel) bör reduceras till minsta möjliga för en hållbar djurhållning ur miljösynpunkt (Cabello, 2006). Detta eftersom uppemot 80 % av läkemedlen som lämnar konas kroppar genom gödslet kan vara oförändrade och ännu i sin aktiva form, vilket innebär att när gödslet sedan sprids utöver åkermarker kan läkemedlen påverka markens organismer och deras omvandling och nedbrytning av näringsämning

(Sarmah et al., 2006). Detta resulterar i att markens organismer inte kan omsätta näringsämnen lika effektivt (Jordbruksverket, 2009b).

Avelsarbete för hållbara djur och minskad miljöpåverkan

Hänsyn bör tas till mjölkornas genetiska förutsättningar i produktionen för att minska miljöpåverkan och öka hållbarheten (Löf, et al., 2007). Detta eftersom olika mjölkkoraser har framavlats utifrån fokus på olika egenskaper, vilket har kommit att innebära att risken för sjuklighet och sämre fertilitet varierar mellan raserna och därmed även behovet av resurser (foder och läkemedel) med bidragande miljöpåverkan (Hoffmann, 2010). Exempelvis har Holsteinrasen ökad risk för sjuklighet och försämrad fertilitet framför svenskt rödbrokgigt boskap (Nygren, et al., 2010). Det innebär att de mjölkkoraser som framavlats med prioritet på hälsa och reproduktion bör väljas framför andra för en hållbar djurhållning ur miljösynpunkt (Hoffmann, 2010). En hållbar koras är framavlade utifrån breda avelsmål, d.v.s. där produktion balanserats mot funktionella egenskaper så som hälsa och reproduktion (Olesen et al., 2000).

Utfodring för minskad miljöpåverkan

Val av fodermedel, foderstatens utformning, odlingsmetoder samt ett arbete för förbättrat foderutnyttjande bland mjölkorna är faktorer som även bör beaktas för minskad miljöpåverkan från mjölkproduktionen (Fox & Tylutki, 1998).

Genom analyser är det visat att användning av stora andelar närodlat foder i mjölkproduktionen påverkar miljön positivt och att det i synnerhet är angeläget att finna hållbara alternativ till den import av soja som idag sker (Flysjö et al., 2008). Tänkbara alternativ för minskat beroende av sojamjöl är ökad användning av vallfoder i foderstaten samt större mängder ärtor och agrodank (Lundström, et al., 2009). Ökad användning av rapsmjöl är även ett alternativ, dock kräver detta en omfattande ökning av den svenska rapsodlingen (Jordbruksverket, 2008b).

Även om både mängden och typen av protein är viktig i mjölkornas foder bör risken för överutfodring av protein beaktas (Fox & Tylutki, 1998). Dock sker ofta en avsiktlig överutfodring på mjölkgårdar i syfte att inte riskera näringsbrist hos korna och därmed sämre mjölkproduktion (Nadeau & Gustafsson, 2003). Överutfodring av protein bland mjölkorna

bör beaktas eftersom det kväve som djuren inte utnyttjar utsöndras i urinen och gödslet, vilket orsakar kväveläckage till miljön (Kumm 2004).

Ett ökat foderutnyttjande hos mjölkkoorna bör även främjas, genom att förbättra djurens utnyttjande av kväve i fodret vilket reducerar risken för kväveläckage till miljön (Lundström, et al., 2009; Kumm 2004). För ett förbättrat foderutnyttjande bland mjölkkoorna bör avelsarbetet särskilt beaktas, men även valet av foder och utfodringsrutinerna (t.ex. mängden och intervall) (Tamminga, 1992).

Balanserad foderproduktion för minskad miljöpåverkan

En del av den miljöpåverkan som djurhållningen för konventionell mjölkproduktion orsakar kommer från den åkermark (växtodling) som används för foderproduktion (Collier et. al., 2006). Bergström & Dahlin (2005) förklarar att en grundprincip för hållbara jordbruk är att gårdarnas in- och utflöden av växtnäringsämnen är balanserad. Vidare förklarar de att djurhållningen som bedrivs på mjölkgårdar utgör en central faktor för gårdarnas växtnäringscirkulation. Genom att optimera både foderodlingen och djurhållningens växtnäringsflöden kan jordbrukets klimatpåverkan och bidrag till övergödning minskas radikalt (Kumm 2004).

Som ett resultat av användningen av handelsgödsel i foderodlingen har djurhållningen för mjölkproduktion i många fall blivit möjlig att geografiskt separera från växtodlingen, d.v.s. att fodret kan produceras på en plats och konsumeras på en annan (Bacon et. al., 1990). Detta orsakar dock ökade risker för näringsläckage till den omgivande miljön från många mjölkgårdar eftersom det råder obalans mellan mängden producerad stallgödsel och tillgången till åkerareal för gödselspridning (Bergström & Dahlin, 2005). Därför bör konventionella mjölkgårdar utformas med en god balans mellan antalet kor (producerad mängd stallgödsel) och tillgänglig åkerareal (växtodlingsyta för gödselspridning) för optimala växtnäringsflöden och därmed minsta möjliga miljöpåverkan (Kumm 2004; Lundström, et al., 2009).

Stallgödselhantering för minskad miljöpåverkan

Både hanteringen och användningen av stallgödsel i djurhållningen för konventionell mjölkproduktion påverkar miljön (Lundström, et al., 2009). Stallgödseln har både övergödande och försurande verkan beroende på att gödseln avger ammoniak (Bergström & Dahlin, 2005).

Vid nedbrytning av gödseln under anaeroba förhållanden kan både lustgas och metan bildas, vilka bidrar till växthuseffekten (Lundström, et al., 2009). Stallgödseln kan även innehålla läkemedelsrester (i sin ännu aktiva form), vilka påverka markens organismer och deras omvandling och nedbrytning av näringsämning negativt (Sarmah et al., 2006).

De konventionella mjölkgårdar som till största del är självförsörjande på foder har även bra förutsättningar för att tillvarata gårdens producerade stallgödsel (Amon et al., 2006). De gödsellagringsystem som gårdarna använder ska vara väl utformade och därmed se till att minimera växnäringsförluster under den period som gödslet lagras (Malgeryd et al., 2002). Lagringskapaciteten av gödslet ska även vara tillräckligt stor så att spridning av det kan ske under en optimal period (Lundström, et al., 2009).

Vid gödsellagring är kväveförluster genom ammoniakavgång större för fastgödsel än flyt- och kletgödsel, beroende på att syretillgängligheten är större vid fastgödsellagring (Kumm 2004). För att minska avgången kan torv användas som strömedel eftersom detta material binder in ammoniumkväve, vilket gör att förlusterna minskas (Malgeryd et al., 2002). Dock bör miljöpåverkan från den torvtäkt som används jämföras mot miljöpåverkan från kväveförlusterna (Amon et al., 2006). Behållarna för lagring av flytgödsel ska även vara täckta, vilket tekniskt kan lösas genom användning av läck- och takmaterial eller naturligt svämtäcke som spontant bildas på flytgödseln (Malgeryd et al., 2002).

Djurhållningens lokalisering och koncentration för minskad miljöpåverkan

Merparten av de svenska konventionella mjölkgårdarna återfinns i landets södra regioner (Andersson, 2004). Vad som är problematiskt med detta är att dessa områden i stor utsträckning sammanfaller med områden som klassificerats som särskilt känsliga av Jordbruksverket (Lundström, et al., 2009). För minskad risk för kväveläckage från mjölkgårdarnas djurhållning bör därför produktionerna i större omfattning lokaliseras till inre Götaland och Svealand eller till Mälardalen där lerjordsbaserade slättområden dominerar (Kumm, 2004; Bilotta et al., 2007).

Den konventionella mjölkproduktionen genomgår strukturrationalisering och blir alltmer specialiserad, vilket orsakar en betydligt ökad risk för lokal miljöpåverkan (Lindholm, 2000; Collins & Wall, 2006). Andersson (2004) förklarar att det som krävs för att strukturrationaliseringen ska övergå i en annan riktning är att det

tillkommer andra pådrivande faktorer som antingen är lika starka eller starkare (t.ex. styrmedel) och som ökar konkurrenskraften från småskaliga alternativ. Detta skulle leda till fler småskaliga mjölkgårdar med mindre lokala miljöpåverkan (Collins & Wall, 2006).

Enligt miljölagstiftningen är djurhållning med stora besättningar tillståndspliktig, vilket är fördelaktigt för miljön eftersom villkor för minskad miljöpåverkan från mjölkgårdar kan krävas i tillståndet (Lundström, et al., 2009).

Biogasproduktion för minskad miljöpåverkan

Att använda gödselbaserad biogasproduktion på mjölkgårdarna skapar tvåfaldig klimatnytta eftersom dels utsläppen av lustgas och metan minskas vid stallgödsellagringen och dels att möjligheten att utnyttja förnyelsebar energi ökar (Börjesson & Berglund, 2007). De rötrester som biogasproduktionen bildar utgör värdefulla gödselmedel då kvävetillgängligheten i dessa är större än i stallgödsel (Baky et al., 2006). Biogasproduktionen innebär även en minskad risk för smittspridning med gödslet till omgivningen (Börjesson & Berglund, 2007).

Andelen gårdsbaserade biogasanläggningar i landet är dock lågt och för att öka teknikutvecklingen för framställning av gödselbaserad biogas har "Utredningen om jordbruket som bioenergiproducent" föreslagit att man inför ett investeringsstöd i landsbygdsprogrammet (SOU, 2007). Ett förslag till hur detta ska utformas har utarbetats av Jordbruksverket (Jordbruksverket, 2008c).

Utmaningar för mjölkproducenter för att bedriva en framtida hållbar djurhållning ur miljösynpunkt (del 3)

Utmaningarna som mjölkproducenter står inför för att kunna bedriva en framtida hållbar djurhållning ur miljösynpunkt är många och för ett antal av dem krävs att ett globalt perspektiv anläggs, då handel med djur och insatsvaror sker över hela världen (Flysjö et al., 2008; Lundström, et al., 2009; Lindholm, 2000). I tabell 4 redovisas en sammanställning, baserat på referenserna i studien, med de huvudsakliga utmaningar som mjölkproducenterna står inför för att kunna bedriva en framtida hållbar djurhållning ur miljösynpunkt.

Nedan redogörs för de huvudsakliga utmaningar som mjölkproducenter står inför för att kunna bedriva en framtida hållbar djurhållning ur miljösynpunkt.

Tabell 4. De huvudsakliga utmaningar som svenska mjölkproducenter står inför för att kunna bedriva en framtida hållbar djurhållning ur miljösynpunkt. Tabellen är sammanställd på basis av referenserna i studien.

Utmaningar för en framtida hållbar djurhållning ur miljösynpunkt	Referenser
Den globala handeln	Nygren, et al., 2010; Philipsson & Lindhé, 2003; Hoffmann, 2010; Jordbruksverket, 2009a; Jensen, 2014; Lindholm, 2000; Sarmah et al., 2006; Ahmad & Wyckoff, 2003.
Strukturrationalisering och specialisering	Lindholm, 2000; Collins & Wall, 2006.
Målkonflikt mellan betesgång och ökad metanproduktion	Jordbruksverket, 2015b; Fox & Tylutki, 1998; Henriksson, 2014.
Stallgödsellagring	Malgeryd et al., 2002; Lundström, et al., 2009.
Förändrad foderodling och betessäsong av klimatförändringar	Nygren, et al., 2010; Lundström, et al., 2009; Jordbruksverket, 2015b; Collins & Wall, 2006.
Förändrad djurhälsa och miljö av klimatförändringar	Roxström, 2001; Nygren, et al., 2010; Lundström, et al., 2009.

Den globala handeln

Handel med avelstjuror (amerikanska Holsteintjuror och deras sädesvätska) är problematiskt eftersom de svenska mjölkorna genom detta riskerar att få försämrad hälsa och fertilitet (Nygren, et al., 2010). Detta beroende på att dessa tjurors avelsindex framförallt är grundade på produktionsdata och inte på hälsoaspekter (Philipsson & Lindhé, 2003), vilket ökar behovet av resurser (t.ex. rekryteringsdjur och foder) i den svenska produktionen. På sikt ger detta ökad miljö- och klimatpåverkan (Hoffmann, 2010).

Handeln med insatsvaror (t.ex. konstgödsel och proteinfoder) är även problematisk för en hållbar djurhållning, eftersom den ger stor miljö- och klimatpåverkan genom utsläpp från odling, processning och transport (Jordbruksverket, 2009a; Ahmad & Wyckoff, 2003). Utsläppen genereras främst från odlingsförhållandena (främst för soja),

användningen av GMO-grödor (t.ex. soja och raps) samt användningen av olja för transporterna (Jensen, 2014; Jordbruksverket, 2009a).

Global handel innebär även rörelse av människor och avelsdjur mellan Sverige och andra länder samt kontinenter, vilket ökar spridningen av smittsamma sjukdomar till Sveriges mjölkkor (Lindholm, 2000). Detta medför ökad användning av läkemedel som till stor del hamnar i kornas gödsel och som sedan sprids utöver åkermarker, vilket påverkar markens organismer och deras omvandling samt nedbrytning av ämning negativt (Sarmah et al., 2006).

Strukturrationalisering och specialisering

Detta innebär att det blir färre och större mjölkgårdar i landet (Lindholm, 2000), vilket orsakar en ökad risk för dels lokal miljöpåverkan och dels större utsläpp av växthusgaser som bidrar till klimatförändringar (Collins & Wall, 2006).

Målkonflikt mellan betesgång och ökad metanproduktion

Att hålla mjölkkor på bete är önskvärt för att bevara naturtyper med stor biologisk mångfald (Jordbruksverket, 2015b). Betesgång är även fördelaktigt eftersom det bidrar till ett minskat behov av energi för skörd, lagring och utfodring (Fox & Tylutki, 1998). Dock producerar mjölkorna på bete mer metan eftersom gräset innehåller mycket kolhydrater som gynnar megaproduktionen, vilket i sin tur påverkar klimatet negativt (Henriksson, 2014).

Stallgödsellagring

En stor andel av stallgödseln måste lagras innan den kan användas där den gör maximal nytta (Lundström, et al., 2009). Vad som är problematiskt är att lagringen av gödseln genererar växthusgaser som påverkar klimatet negativt (Malgeryd et al., 2002).

Förändrad foderodling och betessäsong av klimatförändringar

Klimatförändringar estimeras skapa förändrade förutsättningar för foderodling i landet (Nygren, et al., 2010). Generellt uppskattas klimatet

bli allt varmare och även att odlings- och betessäsongen blir längre, samtidigt som nederbördsförhållandena ändras till att orsaka mer torka i öster och ökad nederbörd i väster (Lundström, et al., 2009). Dessa förändringar ger möjlighet till nya fodergrödor i landet, men orsakar lokalt gradvisa ändringar av växtföljder och strategier för mjölkornas betesgång (Jordbruksverket, 2015b). Detta kan komma att påverka den omgivande miljön negativt (Collins & Wall, 2006). Förändringarna kan även påverka förutsättningarna för djurhållningen lokalt (Lundström, et al., 2009).

Förändrad djurhälsa och miljö av klimatförändringar

Friska djur belastar miljön och klimatet i liten omfattning och är därför viktiga att främja (Roxström, 2001). Dock kan förändringar i klimatet medföra att tidigare sällsynta sjukdomar hos mjölkorna etablerar sig (Lundström, et al., 2009). Detta orsakar ökad risk för spridning av zoonoser och antibiotikaresistens som i sin tur kräver mer resurser och som ökar belastningen på miljön och klimatet (Nygren, et al., 2010).

Diskussion

Ur denna litteraturstudie framgår att hållningen av Sveriges lantbruksdjur påverkar klimatet genom utsläpp av växthusgaserna lustgas, koldioxid och metan (Lundström, et al., 2009; Gerber, et al., 2013). Utsläppskällorna framkommer vara handelsgödsel, fodermedel, stallgödsel och slam, lantbruksdjurens direkta avföring, fossila bränslen, jordbearbetning och de idisslande lantbruksdjurens enteriska fermentering (Henriksson, 2014; Petersen et al., 2013; Nilsson 2007). Utsläppen visar sig ske både genom produktioner, processer och aktiviteter på gårdarna samt genom importen av fodermedel och mineralgödsel till gårdarna (Jordbruksverket, 2009a; Jordbruksverket, 2008a). Ur litteraturstudien framkommer även att det inom svensk konventionell mjölkproduktion krävs att särskild hänsyn tas till aspekter kopplade dels till djurhanteringen och dels till produktions- och behandlingssystemen för att bedriva en hållbar djurhållning ur miljösynpunkt (Lundström, et al., 2009). Vidare anser flertalet referenser i studien att utmaningarna som mjölkproducenter står inför för att kunna bedriva en framtida hållbar djurhållning ur miljösynpunkt är många. Även att ett globalt perspektiv behöver beaktas, eftersom handel med djur och insatsvaror sker över hela världen och orsakar miljö- och klimatproblem.

Utifrån perspektivet av ett förändrat klimat är samspelet mellan lantbrukets djurhållning och den omgivande miljön viktigt att förstå. Denna förståelse skapas genom att dels analysera befintlig kunskap inom området och dels resonera kring framtida förhållanden (Lundström, et al., 2009). För att effektivt kunna tillgodose sig god förståelse och driva arbeten och projekt för en hållbar djurhållning krävs ett underlag som presenterar vetenskapliga fakta lättöverskådligt och ger en helhetsyn (Nilsson 2007). Detta är anledningen till att denna studie är viktig. De sammanställningar och tydliggöranden som studien gör av befintlig forskning gör den användbar som ett samlat underlag till klimatprojekt bland både lantbrukare (särskilt mjölkproducenter) och forskare.

Klimatpåverkan genom växthusgasutsläpp från lantbrukets djurhållning

Trots att variationer av jordens klimat alltid funnits verkar den utveckling som ses idag vara extraordinär (Jordbruksverket, 2009a) och för flertalet kritiska miljö- och klimataspekter är lantbrukets djurhållning en sektor med stor påverkan ur ett globalt perspektiv (Lundström, et al., 2009). Henriksson (2014) förklarar vidare att den svenska hållningen av lantbrukets djur ligger bakom en stor andel av landets bildande av växthusgaser, samtidigt som klimatpåverkan även sker genom import av foder och mineralgödsel till svenska jordbruk. Författaren belyser därigenom att utländska växthusgasutsläpp även är en svensk angelägenhet och att klimatpåverkan från det svenska lantbrukets djurhållning kan ses som en komplex fråga.

Totalt sett har det svenska jordbrukets utsläpp av lustgas minskat beroende på dels minskad användning av handelsgödsel och dels minskat djurantal (Singurindy et al., 2009), dock utgör lustgas fortfarande en av jordbrukets viktigare klimatpåverkande utsläpp (Jordbruksverket, 2009a). Att lustgasavgången inte har minskat i större omfattning förklarar Mallard (2006) främst beror på att dagens konventionella mjölkproduktion kräver förhållandevis stora mängder mineralgödselmedel, vilket är bekymmersamt eftersom tillverkningen av mineralkväve orsakar lustgasutsläpp.

Då koldioxidutsläppen från förbränningar av fossila bränslen inom lantbrukets djurhållning varierar stort beroende på produktionsinriktning och teknikval menar Nilsson (2007) att lantbrukare har möjlighet till att göra aktiva val för minskade utsläpp. Exempelvis förklarar författaren att lantbrukare kan välja ekologisk djurhållning och nyare teknisk utrustning för att reducera utsläppen. Vad som är intressant med koldioxidutsläppen från lantbrukets djurhållning är att de till viss del kompenseras av ett upptag av koldioxid i marken (Lal, 2004). Koldioxidupptag inom jordbruket sker framförallt genom odling av fleråriga grödor (t.ex. energiskog och vall) och genom inbindning i naturbetesmarker (Jordbruksverket, 2009a). Lal (2004) framhåller att en ökad kolinlagring i åker- och betesmarker på lång sikt bör kunna främja både lantbruksföretagarens ekonomi och miljön. Detta menar författaren eftersom behovet av mineralgödselkväve och slam för spridning kan antas minska då markens kollager är stort, vilket reducerar både utgifterna för lantbrukaren och risken för näringsläckage till

omgivningen. Idag är dock koldioxidavgången från markanvändningen större än den inbindning som sker i marken (Jordbruksverket., 2015b).

Även om metangasutsläppen från lantbrukets idisslande djur är oundvikliga, kan mängden påverkas av bl.a. djurparametrar, fodrets smältbarhet och utfodringsnivån (Henriksson, 2014). Djur som äter mycket grovfoder (t.ex. klöver och gräs) producerar generellt mer metangas i vommen än andra (Ramin, 2013). En intressant aspekt med avseende på detta beskriver Johnson et. al. (1994) vara att lantbrukare som valt att ställa om sin djurhållning till ekologisk för minskade växthusgasutsläpp samtidigt kommit att öka metangasutsläppen, eftersom ekologiska djur äter mer grovfoder och därmed generellt producerar mer metangas.

Med denna litteraturstudie som utgångspunkt kan sägas att faktorer som är viktiga att beaktas för reducerade metangasutsläpp från stallgödsel inom lantbrukets djurhållning är utfodringen, betesperiodens längd och flytgödselsanläggningarnas teckning. Detta eftersom dessa faktorer kan påverka både de direkta och indirekta utsläppen till atmosfären (Jordbruksverket., 2016b).

Med denna litteraturstudie som utgångspunkt kan sägas att ett fortsatt kunskapsbygge om hur den svenska hållningen av lantbrukets djur påverkar klimatet genom import av insatsvaror är nödvändigt för en fullständig förståelse för djurhållningens klimatpåverkan genom växthusgasutsläpp.

Utformning av svensk konventionell mjölkproduktion för en hållbar djurhållning ur miljösynpunkt

Flertalet studier visar att det idag sker mycket forskning kring vilken utformning av svensk konventionell mjölkproduktion som egentligen är bäst ur miljösynpunkt (med avseende på lägsta möjliga näringsläckage samt utsläpp av läkemedelsrester) och resultatet beror delvis på vilken besättningsstorlek miljöanalysen utgår från. Henriksson (2014) förklarar att besättningsstorleken framförallt har betydelse då vissa produktions- och behandlingssystem inte är ekonomiskt eller praktiskt möjliga i små respektive stora besättningar.

Att hålla mjölkorna friska och långlivade är viktigt för det totala mjölksystemets miljöeffektivitet och hållbarhet ur miljösynpunkt (Nygren, et al., 2010). I relation till detta föreslår flertalet av denna

litteraturstudies referenser ökad mjölkavkastning per mjölkko som en åtgärd för minskad miljöpåverkan. Garnsworthy (2004) förklarar att detta skulle innebära att mjölkornas belastning slås ut på större mängder mjölk och att miljöpåverkan därmed minskas per liter mjölk. Författaren förklarar dock att förändringen kan innebära ökade miljökostnader (för exempelvis foderproduktionen). Dessutom räcker det inte med en ökad mjölkavkastning per mjölkko för bättre miljöprestanda om konsumtionen samtidigt skulle anses öka (Lundström, et al., 2009). Behovet av mer kunskap om veterinära läkemedel och toxicitetsbedömningar av pesticider beskrivs även i många studier som stort. Anledningen är främst att bättre kunskap genererar bättre kontroll och begränsning av läkemedelsspridning samt näringsläckage till omgivningen, vilket ger minskad påverkan på markens organismer och deras omsättning av näringsämnen (Cabello, 2006; Sarmah et al., 2006).

Även en lantbrukares beaktande av djurens genetiska förutsättningar har stor betydelse för mjölkproduktionens miljöpåverkan (Löf, et al., 2007). Utifrån denna litteraturstudie kan sägas att valet av mjölkkor bör göras utifrån de raser som framavlats för hållbarhet, d.v.s. låg risk för sjukdom och försämrad fertilitet, och inte enbart för högavkastning. Detta för att minska behovet av resurser, i form av foder och läkemedel, vilka ökar belastningen på miljön (Hoffmann, 2010). Vidare framgår ur min litteraturstudie att avelsarbetet är viktigt att belysa eftersom förutsättningarna för hållbara djur skapas genom detta. De avelsmål som särskilt bör beaktas för hållbara djur är enligt Olesen et al. (2000) bättre hälsa och fertilitet, förbättrat foderutnyttjande, ökad sjukdomsresistens och minskad känslighet för miljöförändringar.

Inom utfodring och foderproduktion på mjölkgårdarna framgår det genom denna litteraturstudie finnas kunskapsluckor om olika åtgärders effekter på miljön. Flertalet studier visar på att lantbrukare gärna importerar foder, överutfodrar med protein och geografiskt separerar djurhållningen från växtodlingen för att öka produktionens effektivitet och ekonomiska lönsamhet. Därmed tas mycket liten hänsyn till miljöpåverkan (Fox & Tylutki, 1998). För en förbättrad miljömedvetenhet bland lantbrukare förklarar Lundström et al. (2009) att det krävs bättre kunskap om enskilda åtgärders miljöeffekter samt hur förändringar i produktionen inverkar på hela systemet och därmed även bidrar till förändringar i miljön.

Möjligheterna att minska växthusgasutsläppen från mjölkproduktionens stallgödselhantering är många. Samtidigt förklarar Bergström & Dahlin (2005) att en grundförutsättning är att dels hushålla med kvävet, d.v.s. vidta åtgärder för minskade kväveförluster och överutfodring av protein och dels reducera förlusterna av reaktiva

kväveföreningar och metan (t.ex. genom ändamålsenlig teknisk utformning). Konsekvenserna av ett lågt kväveutnyttjande i stallgödseln och samtidigt stor användning av mineralgödselkväve är att det sker både högre lustgasemissioner (pga. större cirkulation av kväve i systemet) och växthusgasutsläpp (från produktionen av mineralgödseln) (Lundström, et al., 2009).

Ett effektivt medel för att minska växthusgasutsläppen från mjölkproduktionens djurhållning visar sig genom denna litteraturstudie vara att använda gödselbaserad biogasproduktion. Från gårdsbaserade anläggningar råder dock relativt stor osäkerhet om hur stora läckagen av växthusgaser är och kunskapsläget behöver förbättras (Baky et al., 2006). Enligt Jordbruksverket (2008c) är det dock viktigt att poängtera att utbyggnaden av gårdsbaserad biogasproduktion i landet generellt är låg. Troligtvis beror detta på begränsade avsättningsmöjligheter för biogasen och bristande lönsamhet bland mindre mjölkgårdar (Collier et al., 2006). Samtidigt framhåller Jordbruksverket (2008c) att intresset idag ökar med anledning av förslaget om investeringsstöd samt ökade energipriser.

Utifrån denna litteraturstudie kan även sägas att god kunskap om de markförhållanden som djurhållningen bedrivs på kan bidra till minskade kväveläckage. Detta genom att lantbrukare aktivt kan planera och anpassa sin djurhållning med hänsyn till markens förutsättningar och därmed reducera läckagen (Kumm, 2004; Bilotta et al., 2007).

Utmaningar för mjölkproducenter för att bedriva en framtida hållbar djurhållning ur miljösynpunkt

En hållbar djurhållning kan anses vara uppfylld när Sveriges 16 miljökvalitetsmål är nådda (Berglund, et al., 2014). Utmaningarna för att uppnå dessa är många och för den svenska konventionella mjölkbranschen är utmaningarna komplexa eftersom även ett globalt perspektiv för vissa frågor måste anläggas (Flysjö et al., 2008).

Svenska mjölkproducenters medvetenhet om vilka utmaningar deras djurhållning står inför för att kunna bedrivas hållbart ur miljösynpunkt framgår genom denna litteraturstudie vara relativt god. Det som dock framgår vara problematiskt är att konkreta åtgärder för minskad miljöpåverkan inte alltid prioriteras, utan istället ekonomisk lönsamhet. Samtidigt kan konstateras att både kunskapsläget och intresset för miljöfrågor idag blivit bättre (Lindholm, 2000).

Ökad uppodling och koncentration av djurhållning utgör två stora faktorer inom jordbruket för ökade växthusgasutsläpp både i ett nationellt och globalt perspektiv (Jordbruksverket, 2009a). Mängden utsläpp i relation till växthusgasernas långa uppehållstid i atmosfären förklarar Andersson (2004) gör att växthuseffektens förstärkning samt den påföljande temperaturökningen kan antas fortsätta under detta århundrade, även om alla dagens utsläpp skulle upphöra abrupt. För att begränsa klimatpåverkan framhåller Kumm (2004) att det krävs mycket kunskap, intresse och tålamod bland lantbrukare för att både se och förstå hur åtgärder inom deras produktioner bidrar till ett bättre klimat.

Lindholm (2000) belyser även vikten av att förstå att allt hänger ihop, d.v.s. att animalieproduktionen och andra mänskliga aktiviteter måste anpassas efter de miljö- och klimatförhållanden som idag råder för att skapa rätt förutsättningar för ett effektivt arbete för en hållbar planet. Med utgångspunkt från denna litteraturstudie kan även sägas att målet för mjölkproducenter bör vara hög produktivitet med god djurvälstånd, samtidigt som anpassningar görs till både ekologiska och sociala system.

Framtida studier och kunskapsbyggnad

Med utgångspunkt från denna litteraturstudie kan sägas att framtida studier av miljö- och klimatpåverkan från lantbrukets djurhållning bör inkludera växtföljder, andel öppen odlingsmark, grödval och vilka konsekvenser (positiva respektive negativa) detta får för lantbrukets hållbarhet.

Viktiga områden för framtida kunskapsbyggnad kan utifrån denna litteraturstudie anses vara att stärka styrmedel och rådgivning för att recirkulera näringsämnen i stallgödseln. Dels att optimera lantbruksdjurens foderstater (såväl utifrån produktion som djurhälsa och miljö- och klimatpåverkan) och dels förtydliga informationen om råvaror och näringsinnehåll i kommersiellt framställt foder, för att förbättra lantbrukares möjlighet att genomföra en tillförlitlig miljö- och klimatbedömning.

Slutsatser

- Ur denna litteraturstudie framgår att den svenska hållningen av lantbrukets djur påverkar klimatet genom utsläpp av växthusgaserna lustgas, koldioxid och metan (Lundström, et al., 2009; Gerber, et al., 2013). Litteraturen framhåller att utsläppskällorna är handelsgödsel, fodermedel, stallgödsel och slam, lantbruksdjurens direkta avföring, fossila bränslen, jordbearbetning och de idisslande lantbruksdjurens enteriska fermentering (Henriksson, 2014; Petersen et al., 2013; Nilsson 2007). Utsläppen visar sig genom litteraturen ske både genom produktioner, processer och aktiviteter på gårdarna samt genom import av fodermedel och mineralgödsel till gårdarna (Jordbruksverket, 2009a; Jordbruksverket, 2008a).
- Med utgångspunkt från litteraturen kan sägas att svensk konventionell mjölkproduktion bör utformas med hänsyn till mjölkornas välmående och genetiska förutsättningar samt ha en anpassad utfodring, balanserad foderproduktion, god stallgödselhantering, lämplig lokalisering och djurkoncentration samt gödselbaserad biogasproduktion för att bedrivas med sikte på en hållbar djurhållning ur miljösynpunkt (De Boer, 2003; Löf, et al., 2007; Fox & Tylutki, 1998; Collier et. al., 2006; Lundström, et al., 2009; Kumm, 2004; Börjesson & Berglund, 2007).
- De huvudsakliga utmaningarna som mjölkproducenter står inför för att kunna bedriva en framtida hållbar djurhållning ur miljösynpunkt framgår genom denna litteraturstudie vara: den globala handeln, strukturrationalisering och specialisering, målkonflikt mellan betesgång och ökad metanproduktion, stallgödsellagring samt förändrad foderodling, betessäsong, djurhälsa och miljö av klimatförändringar (Hoffmann, 2010; Collins & Wall, 2006; Fox & Tylutki, 1998; Malgeryd et al., 2002; Roxström, 2001).

Tack

Jag vill tillge ett stort tack till min handledare Poul Hansen som gett mig stöd och handledning under arbetets gång.

Ett tack riktas även till min familj som stöttat mig under hela min studietid.

Referenser

- Ahmad, N & Wyckoff, A., 2003. Carbon Dioxide Emissions Embodied in International Trade of Goods. i: OECD Science, Technology and Industry Working Papers 2003/15. 66 sid.
- Amon, B., Kryvoruchko, V., Amon, T. & Zechmeister-Boltenstern, S., 2006. Methane, nitrous oxide and ammonia emissions during storage and after application of dairy cattle slurry and influence of slurry treatment. i: Agriculture, Ecosystems & Environment 112 (2-3), sid. 153-162.
- Andersson, S., 2004. Behövs regional omfördelning av stallgödsel i Sverige? i: Lantbruk & Industri 323. Uppsala: Institutet för jordbruks och miljöteknik.
- Bacon, S. C., Lanyon, L. E. & Schlauder, R. M., 1990. Plant Nutrient Flow in the Managed Pathways of an Intensive Dairy Farm. i: Agronomy Journal 82 (4), sid 755-761.
- Baky, A., Nordberg, Å., Palm, O., Rohde, L. & Salomon, E., 2006. Rötrest från biogasanläggningar – användning i lantbruket. Hämtad 2016-04-03 från <http://www.jti.se/uploads/jti/JTIinfo115.pdf>, 12 s.
- Berglund, M., Bååth-Jacobsson, S., Clason, C., Törner, L. & Elmquist, H., 2014. Styr- och uppföljningssystem för klimateffektiv svensk jordbruksproduktion. Halmstad: Hushållningssällskapet Halland.
- Berglund, M., Cederberg, C., Clason, C., Henriksson, M. & Törner, L., 2009. Jordbrukets klimatpåverkan – underlag för att beräkna växthusgasutsläpp på gårdsnivå och nulägesanalyser av exempelgårdar. Delrapport i JOKER-projektet, Hushållningssällskapet Halland.
- Bergström L. & Dahlin, S., 2005. Växtnäringshushållning i svenska odlingsystem. Rapport MAT21 nr 10/2005.
- Bertilsson, J., Berglund, B., Ratnayake, G., Svennersten-Sjaunja, K & Wiktorsson, H., 1997. Optimising lactation cycles for the high-yielding dairy cow. A European perspective. i: Livestock Production Science 50 (1-2), sid. 5-13.
- Bilotta, G.S., Brazier, R.E. & Haygarth, P.M., 2007. The Impacts of Grazing Animals on the Quality of Soils, Vegetation, and Surface Waters in Intensively Managed Grasslands. i: Advances in Agronomy 94, sid. 237-280.
- Bing, W., Cheng, S & Guan-jiu, H., 2007. Residue Antibiotics in Environment: Potential Risks and Relevant Studies.
- Bolinder, M.A., Katterer, T., Andren, O., Ericson, L., Parent, L.E. & Kirchmann, H., 2010. Long-term soil organic carbon and nitrogen dynamics in forage-based crop rotations in Northern Sweden (63-64 degrees N). i: Agriculture Ecosystems & Environment 138(3-4), sid. 335- 342.
- Bouwman, A. F., 1997. Direct emission of nitrous oxide from agricultural soils. i:

- Nutrient Cycling in Agroecosystems 46 (1), sid. 53-70.
- Börjesson, P & Berglund, M., 2007. Environmental systems analysis of biogas systems— Part II: The environmental impact of replacing various reference systems. i: Biomass and Bioenergy 31 (5), sid. 326-344.
- Cabello, F.C., 2006. Heavy use of prophylactic antibiotics in aquaculture: a growing problem for human and animal health and for the environment. i: Environmental Microbiology 8 (7), sid. 1137-1312.
- Cederberg, C., Henriksson, M. & Berglund, M., 2013. An LCA researcher's wish list – data and emission models needed to improve LCA studies of animal production. i: Animal 7(2), sid. 212–219.
- Cederberg, C., Flysjö, A. & Ericson, L., 2007. Livscykelanalys (LCA) av norrländsk mjölkproduktion. SIK-rapport Nr 761. Hämtad 2016-03-29 från <https://www.lantbruksforskning.se/projektbanken/livscykelanalys-lca-av-norrlandsk-mjolkproduktion/>, 64 s.
- Claesson, S. & Steineck, S., 1991. Växtnäring- hushållning- miljö. Speciella skrifter 41. Uppsala: Sveriges lantbruksuniversitet.
- Collier, R.J., Dahl, G.E. & VanBaale, M.J., 2006. Major Advances Associated with Environmental Effects on Dairy Cattle. i: Journal of Dairy Science 89 (4), sid. 1244-1253.
- Collins, J. D. & Wall, P.G., 2006. Food safety and animal production systems: controlling zoonoses at farm level. i: Revue scientifique et technique - international office of epizootics 23(2), sid. 685- 700.
- De Boer, I., 2003. Environmental impact assessment of conventional and organic milk production. i: Livestock Production Science 80 (1), sid. 69-77.
- Drake, L., 1992. The non-market value of the Swedish agricultural landscape. i: European Review of Agricultural Economics 19(3), sid. 352-364.
- FAO., 2006. World agriculture: towards 2030/2050 - interim report. Hämtad 2016-04-03 från http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/esag/docs/Interim_report_AT2050web.pdf, 72 s.
- Flechar, C.R., Ambus, O., Skiba, U., Rees, R.M., Hensen, A. & Amstel, A.M.F.v., 2007. Effects of climate and management intensity on nitrous oxide emissions in grassland systems across Europe. i: Agricultural, Ecosystems and Environment 121 (1-2), sid. 135-152.
- Flysjö, A., Cederberg, C. & Strid, I., 2008. LCA- databas för konventionella fodermedel – miljöpåverkan i samband med produktion. SIK-rapport 772.
- Garnsworthy, P.C., 2004. The environmental impact of fertility in dairy cows: a modelling approach to predict methane and ammonia emissions. i: Animal Feed Science and Technology 112, sid. 211-223.
- Gerber, P. J., Steinfeld, H., Henderson, B., Mottet, A., Opio, C., Dijkman, J., Falcucci, A. & Tempio, G., 2013. Tackling climate change through livestock – A global assessment of emissions and mitigation opportunities. Hämtad 2016-04-01 från <http://www.fao.org/3/i3437e.pdf>, 116 s.
- Hallberg, N., 1999. Indicators of resource use and environmental impact for use in a decision aid for Danish livestock farmers. i: Agriculture, Ecosystems and Environment 76, sid. 17-30.
- Hart, M.R., Quin, B.F. & Nguyen, M.L., 2004. Phosphorus Runoff from Agricultural

- Land and Direct Fertilizer Effects. i: Journal of Environmental Quality 33 (6), sid.1954-1972.
- Henriksson, M., 2014. Greenhouse Gas Emissions from Swedish Milk Production - Towards Climate-Smart Milk Production. Doktorsavhandling, utgåva 2014:28. Alnarp: Sveriges Lantbruksuniversitet.
- Hoffmann, I., 2010. Climate change and the characterization, breeding and conservation of animal genetic resources. i: Animal Genetics 41 (s1), sid. 32-46.
- Hofstra, N. & Bouwman, A.F., 2005. Denitrification in agricultural soils: Summarizing published data and estimating global annual rates. i: Nutrient Cycling in Agroecosystems 72(3), sid. 267-278.
- IDF., 2010. A common carbon footprint for dairy, The IDF guide to standard life cycle assessment methodology for the dairy industry. i: Bulletin of the International Dairy Federation. Belgien: International Dairy Federation.
- Jensen, P., 2014. Hur mår maten?: Djurhållning och djurskydd i Sverige. 1 uppl. Stockholm: Natur Kultur Allmänlitteratur.
- Johnson, K.A. & Johnson, D.E., 1995. Methane emissions from cattle. i: Journal of Animal Science 73(8), sid. 2483-92.
- Johnson, K., Huyler, M., Westberg, H., Lamb, B & Zimmerman, P., 1994. Measurement of methane emissions from ruminant livestock using a sulfur hexafluoride tracer technique. i: Environ. Sci. Technol 28 (2), sid. 359-362.
- Johnston, A.E., Poulton, P.R. & Coleman, K., 2009. Chapter 1 Soil Organic Matter: Its Importance in Sustainable Agriculture and Carbon Dioxide Fluxes. i: Donald, L.S. (red.). Advances in Agronomy. Volym 101, sid. 1-57. Academic Press.
- Jordbruksverket., 2016a. Djurhälsa år 2013. Statistiska meddelanden JO 25 SM 1401. Hämtad 2016-04-03 från <https://www.jordbruksverket.se/webdav/files/SJV/Amnesomraden/Statistik,%20fakta/Djurhalsa/JO25SM1401/JO25SM1401.pdf>, 17 s.
- Jordbruksverket., 2016b. Jordbruket släpper ut växthusgaser. Hämtad 2016-04-10 från <http://www.jordbruksverket.se/amnesomraden/miljoklimat/begransadklimatpaverkan/jordbruketslapperutvaxthusgaser.4.4b00b7db11efe58e66b8000986.html>
- Jordbruksverket., 2015a. Basfakta om svenskt jordbruk. Hämtad 2016-03-29 från <http://www.jordbruksverket.se/amnesomraden/konsument/faktaochrapporter/basfaktaomsvensktjordbruk.4.5125de613acf69a0f680001878.html>.
- Jordbruksverket., 2015b. Ett rikt odlingslandskap 2015 - Fördjupad utvärdering av miljö kvalitetsmålet. Hämtad 2016-04-10 från http://www.jordbruksverket.se/download/18.37d96eca14fd4d787aa62332/1442410530813/Fordjupad+utvardering+2015_webb.pdf, 48 s.
- Jordbruksverket., 2009a. Växthusgaser från jordbruket - en översikt av utsläppsmekanismer och möjliga åtgärdsområden inför arbetet med ett handlingsprogram. Hämtad 2016-03-29 från https://www.jordbruksverket.se/download/18.2d224fd51239d5ffbf780001529/Vaxthusgaser+fran+jordbruket_1.pdf, 42 s.
- Jordbruksverket., 2009b. Användningen av djurläkemedel 2008. Hämtad 2016-04-02 från <http://www.jordbruksverket.se/download/18.5aec661121e2613852800011332/Lake%20mdelsanvandning+2008.pdf>, 72 s.
- Jordbruksverket., 2008a. Minska jordbrukets klimatpåverkan. Rapport 2008:11.
- Jordbruksverket., 2008b. Jordbruksverkets foderkontroll 2007. Rapport 2008:6.

- Jordbruksverket., 2008c. Utformning av stöd till biogas inom landsbygdsprogrammet. Rapport 2008:8.
- Kaiser, E.A., Kohrs, K., Kucke, M., Schnug, E., Heinemeyer, O. & Munch, J.C., 1998. Nitrous oxide release from arable soil: Importance of N-fertilization, crops and temporal variation. i: *Soil Biology & Biochemistry* 30(12), sid. 1553-1563.
- Kavdir, Y., Hellebrand, H.J. & Kern, J., 2008. Seasonal variations of nitrous oxide emission in relation to nitrogen fertilization and energy crop types in sandy soil. i: *Soil & Tillage Research* 98(2), sid. 175-186.
- Kumm, K-I., 2004. Kvävehushållning och kväveförluster – förbättringsmöjligheter i praktiskt jordbruk. *Kungliga Skogs- och Lantbruksakademiens tidskrift* 143(12), sid 9-65.
- Lal, R., 2004. Soil carbon sequestration to mitigate climate change. i: *Geoderma* 123 (1-2), sid. 1-22.
- Lindholm, S., 2001. Helhet och Mångfald: Det ekologiska lantbrukets bärande idéer i relation till miljöetisk teori. Doktorsavhandling, utgåva 2001:272. Uppsala: Sveriges Lantbruksuniversitet.
- Lundström, J., Albihn, A., Gustafson, G., Bertilsson, J., Rydhmer, L. & Magnusson, U., 2009. Lantbrukets djur i en föränderlig miljö – utmaningar och kunskapsbehov. Hämtad 2016-03-29 från http://pub.epsilon.slu.se/3996/1/Lantbrukets_djur_i_en_foranderlig_miljo_090917.pdf, 73 s.
- Löf, E., Gustafsson, H. & Emanuelson, U., 2007. Associations Between Herd Characteristics and Reproductive Efficiency in Dairy Herds. i: *Journal Dairy Science* 90, sid. 4897-4907.
- Malgeryd, J., Karlsson, S., Rodhe, L. & Salomon, E., 2002. Lönsam stallgödsel. i: *Teknik för lantbruket* 99. Uppsala: Institutet för jordbruks- & miljöteknik.
- Mallard, P., 2006. Regulations on the environment. i: Geers, R. & Madec, F. (red.). *Livestock Production and Society*. Wageningen: Wageningen Academic Publishers.
- Morris, C., Hopkins, A. & Winter M., 2001. Comparison of the social, economic, and environmental effects of organic, ICM and conventional farming. Cheltenham: The Countryside and Community Research Unit & The Institute of Grassland and Environmental Research.
- Mosier, A. R., 1994. Nitrous oxide emissions from agricultural soils. i: *Fertilizer research* 37 (3), sid. 191-200.
- Nadeau, E. & Gustafsson, A.H., 2003. Sänk råproteinhalten i foderstaten. i: Sannö, J.O., Cederberg C., Gustafsson G., Hultgren J., Jeppsson K.-H., Karlsson S. & Nadeau E. (red.). *LIFE Ammoniak - Bärkraftig mjölkproduktion genom minskning av ammoniakförluster på gårdsnivå. Rapport 5*. Skara: Sveriges lantbruksuniversitet.
- Naturvårdsverket., 2016. Utsläpp av växthusgaser från jordbruk. Hämtad 2016-04-10 från <http://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Statistik-A-O/Vaxthusgaser-utslapp-fran-jordbruk/?visuallyDisabledSeries=5097b4b98712a011>
- Naturvårdsverket., 2015a. Miljö kvalitetsmålen. Hämtad 2016-03-30 från <http://www.naturvardsverket.se/Miljoarbete-i-samhallet/Sveriges-miljomal/Miljokvalitetsmalen/>.
- Naturvårdsverket., 2015b. Nationella utsläpp och upptag av växthusgaser Hämtad 2016-04-10 från <http://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Statistik-A->

- [O/Vaxthusgaser--nationella-utslapp/](#)
- Naturvårdsverket., 2012. Generationsmålet. Hämtad 2016-03-29 från <http://www.miljomal.se/sv/Miljomalen/Generationsmalet/>.
- Nilsson, J., 2007. Ekologisk produktion och miljö- kvalitetsmålen – en litteraturgenomgång. Hämtad 2016-04-02 från <https://www.jordbruksverket.se/download/18.7409fe2811f8e7990b88000649/1370040464903/Ekologisk+produktion+och+miljomalen.pdf>, 86 s.
- Nygren, S.E., Magnusson, U. & Albihn, A., 2010. Friska djur för hållbar djurhållning. Hämtad 2016-04-03 från http://www.sva.se/globalassets/redesign2011/pdf/om_sva/hallbar_djurhallning/e-selberg-nygren-et-al-svt-13-2010.pdf, 17 s.
- Olesen, I., Groen, A.F. & Gjerde, B., 2000. Definition of animal breeding goals for sustainable production systems. *Journal Animal Science* 78, sid 570-582.
- Paustian, K., Six, J., Elliot, E.T. & Hunt, H.W., 2000. Management options for reducing CO₂ emissions from agricultural soils. i: *Biogeochemistry* 48 (1), sif. 147-163.
- Petersen, S.O., Blanchard, M., Chadwick, D., Del Prado, A., Edouard, N., Mosquera, J. & Sommer, S.G., 2013. Manure management for greenhouse gas mitigation. i: *Animal* 7(2), sid. 266-282.
- Philipsson, J. & Lindhé, B., 2003. Experiences of including reproduction and health traits in Scandinavian dairy cattle breeding programmes. i: *Livestock Production Science* 83, sid. 99-112.
- Pimentel D., Hepperly, P., Hanson J., Douds D & R., 2005. Environmental, Energetic, and Economic Comparisons of Organic and Conventional Farming Systems. i: *BioScience* 55 (7), sid. 573-582.
- Ramin, M., 2013. Predicting methane production in dairy cows. Doktorsavhandling, utgåva 2013:72. Umeå: Sveriges Lantbruksuniversitet.
- Roxström, A., 2001. Genetic aspects of fertility and longevity in dairy cattle. Doktorsavhandling. Uppsala: Sveriges Lantbruksuniversitet.
- Ruhl, J. B., 2000. Farms, Their Environmental Harms, and Environmental Law. i: *Ecology Law Quarterly*. Volym 27:263.
- Sarmah, A.J., Meyer, M.T. & Boxall, A.B.A., 2006. A global perspective on the use, sales, exposure pathways, occurrence, fate and effects of veterinary antibiotics (VA:s) in the environment. i: *Chemosphere* 65, sid. 725-759.
- Sewalem, A., Miglior, F., Kistemaker, G.J., Sul-livan, P. & Van Doormaal, B.J., 2008. Relationship between reproduction traits and functional longevity in canadian dairy cattle. i: *Journal Dairy Science* 91(4), sid. 1660-1668.
- Sims, J.T., Simard, R.R. & Joern, B.C., 1998. Phosphorus Loss in Agricultural Drainage: Historical Perspective and Current Research. i: *Journal of Environmental Quality* 27 (2), sid.277-293.
- Singurindy, O., Molodovskaya, M., Richards, B.K. & Steenhuis, T.S., 2009. Nitrous oxide emission at low temperatures from manure-amended soils under corn (*Zea mays* L.). i: *Agriculture Ecosystems & Environment* 132(1-2), sid. 74-81.
- Skiba, U & Smith, K.A., 1996. The control of nitrous oxide emissions from agricultural and natural soils. i: *Chemosphere - Global Change Science* 2 (3-4), sid. 379-386.
- Solomona, S., Plattner, G-K., Knutti, K & Friedlingstein, P., 2009. Irreversible climate change due to carbon dioxide emissions. i: *PNAS* 106 (6), sid. 1704-1709.
- SOU., 2007. Bioenergi från jordbruket – en växande resurs. Betänkande av Utredningen

- om jordbruket som bioenergiproducent. SOU 2007:36.
- Steed, J & Hashimoto, A.G., 1994. Methane emissions from typical manure management systems. i: *Bioresource Technology* 50 (2), sid. 123-130.
- SVA., 2016. Nötkreatur. Hämtad 2016-04-20 från <http://www.sva.se/djurhalsa/notkreatur>.
- Tamminga, S., 1992. Nutrition Management of Dairy Cows as a Contribution to Pollution Control. i: *Journal of Dairy Science* 75 (1), sid. 345-357.
- Velasco-Garcia, M. N. & Mottram, T., 2001. Biosensor Technology addressing Agricultural Problems. i: *Biosystems Engineering* 84 (1), sid. 1-12.
- Vår gemensamma framtid., 1988. Världskommissionen för miljö och utveckling. Stockholm: Tidens förlag.
- Wrage, N., Lauf, J., del Prado, A., Pinto, M., Pietrzak, S., Yamulki, S., Oenema, O. & Gebauer, G., 2004. Distinguishing sources of N₂O in European grasslands by stable isotope analysis. i: *Rapid Communications in Mass Spectrometry* 18(11), sid. 1201-1207.



LUNDS
UNIVERSITET

WWW.CEC.LU.SE
WWW.LU.SE

Lunds universitet

Miljövetenskaplig utbildning
Centrum för miljö- och
klimatforskning
Ekologihuset
223 62 Lund