

Metanemissioner från kor i Sverige – beräkningar och möjliga åtgärder

Gunnar Börjesson och **Anna Schnürer**, Inst. f. mikrobiologi, Sveriges lantbruksuniversitet, Box 7025, 750 07 Uppsala

Jan Bertilsson, Inst. f. husdjurens utfodring och vård, Sveriges lantbruksuniversitet, Kungsängens forskningscentrum, 753 23 Uppsala

1. INTRODUKTION

Metanproduktion och emissioner från idisslare har på sista tiden vållat debatt i media. Det har också kommit larmrapporter från internationella organ, t. ex. "Livestock's Long Shadow" från FN:s livsmedels- och jordbruksorganisation FAO, där man beräknat att djurproduktion står för 18% av de globala växthusgasutsläppen. I en nyligen publicerad rapport från World Watch Institute hävdas att denna siffra snarare ligger över 50%. I föreliggande litteratursökning har vi försökt sammanställa forskningsresultat när det gäller de mätningar som har gjorts framför allt på mjölkkor, med fokus på säkerheten i de beräkningar som har gjorts utifrån erhållna resultat.

Vi har också försökt sammanfatta vilka åtgärder som har föreslagits för att kunna minska emissionerna. Vilka åtgärder är de ekonomiskt mest fördelaktiga att använda för att minska metanemissioner från jordbruket? Vilka blir effekterna? Flera av de föreslagna åtgärderna rör kons metabolism. En ökad kunskap om metanproduktionen hos kor i allmänhet skulle vara önskvärd, en viktig fråga är om den kan kopplas till bestämda arter av metanogena mikroorganismer och vilka möjligheter som finns att styra tarmfloran mot mindre metanproduktion.

Avslutningsvis sammanfattar vi forskningsläget i Sverige och vilka kontakter och utvecklingsmöjligheter som kan tänkas finnas inom vår forskningsfår.

En utförligare rapport med bilder och referenser finns tillgänglig på hemsidan för Institutionen för Mikrobiologi, SLU (<http://www.mikrob.slu.se/SLF-rapport-METAN.pdf>).

2. BAKGRUND

2.1. Metan från idisslare

Omkring 20-35% av det globala växthusgasutsläppet kommer från jordbruket. När det gäller metan och lustgas, vars uppvärmningseffekter är flera tiopotenser högre än för koldioxid, ligger siffrorna ännu högre: 40 resp. över 50%. Metan (CH₄) produceras av mikroorganismer, s.k. metanogener, under anaeroba, dvs. syrefria förhållanden. Inom jordbruket förekommer detta hos idisslare och i stallgödsel. Detta leder till bildning av biogas, dvs. koldioxid och metan. En vanlig sammansättning av gaser i våmmen är 65% CO₂, 27% CH₄, 7% N₂, samt spår av H₂S, CO och O₂.

Metanemissioner från tamboskap i Sverige år 2006 har uppskattats till 2.8 miljoner ton CO₂-ekvivalenter (1 g CH₄ = 21 g CO₂)¹, dvs. 133 000 ton metan. Därtill kommer enligt samma beräkningar ytterligare 0,98 miljoner ton CO₂-ekvivalenter från stallgödselhanteringen (CH₄ + N₂O). Nötkreatur är den överlägset viktigaste gruppen. Ett vuxet djur kan producera 600 L metan per dygn eller drygt 10 g per timme.

En begränsning av metanutsläpp från jordbruket skulle vara fördelaktigt av andra orsaker än klimatpåverkan. För djuret innebär metanbildning en energiförlust motsvarande 2-12 % av djurets bruttointag. Gasen avgår till 90% genom utandningen. En viss variation beror på födoämnenas smältbarhet. För metanproduktion i tarmen har man antagit ett medelvärde på 13%.

2.1.1. Metabolism hos idisslare

Våmmens primära funktion är att erbjuda mikroorganismer en lämplig miljö för att bryta ner proteiner, stärkelse och andra delar av växtmaterialet till aminosyror och socker, som i sin tur fermenteras till fettsyror (volatile fatty acids=VFA), i princip ättiksyra, propionsyra och smörtsyra (acetat, propionat, butyrat). En del av fettsyrorna absorberas (upp till 70%) och används av idisslaren för tillväxt och som energikälla (främst acetat), samt dessutom som byggnadsstenar vid t. ex. mjölkfettsbildning, medan andra bryts ned vidare genom fermentation till metan och koldioxid. Även om alla tre har liknande energiinnehåll, är propionat mest fördelaktigt genom att omsättningen förbrukar väte, vilket därmed hämmar metanbildningen och förbättrar energiutbytet. Nedbrytningen sker stegvis med hjälp av olika mikroorganismer. En genomsnittlig mjölkko med en våm på 100 L innehåller $\approx 10^{16}$ bakterier, 10^{14} arkéer, 10^{11} protozoer och upp till 10^8 svampar.

De första stegen i nedbrytningen av växtmaterial utförs av s. k. cellulolytiska bakterier och av protozoer. Protozoerna är inte så många som bakterierna, men p. g. a. sin storlek kan de utgöra omkring hälften av den mikrobiella biomassan i våmmen. Protozoerna i våmmen är specialiserade anaeroba ciliater (encelliga djur), som lever i symbios med andra mikroorganismer. Några arter är syretoleranta, andra använder låga koncentrationer av syre, och hjälper därmed till att hålla syrefria förhållanden. Protozoerna kan fermentera de flesta typer av kolhydrater, men många är beroende av symbios med bakterier för att få bl. a. kväveföreningar. Man har visat att upp till 25% av metanbildningen beror på symbios mellan protozoer och metanogena (metanbildande) mikroorganismer (arkéer). Det antas allmänt att protozoerna står för en stor del av H₂-produktionen, vilket utnyttjas av metanogenerna.

Metanbildande s.k. metanogener kan delas in i två huvudgrupper utifrån metaboliska vägar; acetotrofer (spjälkar acetat) och hydrogenotrofer (använder vätgas och koldioxid). Metanbildningen sker nästan uteslutande genom den sistnämnda vägen (CO₂-reduktion) hos idisslare, det är åtminstone klart vanligare än acetatklyvning. Alla metanogener är arkéer. Detta är encelliga bakterielliknande organismer, men de har ett annat evolutionärt ursprung än bakterier, dvs. annan utvecklingshistoria. Metanogenerna är nödvändiga för att sänka nivån av H₂ i våmmen, vilket krävs för att andra organismer ska kunna bryta ner (hydrolysera) det organiska materialet. Förutsättningen för att kunna minska metanemissionerna är därför helt beroende av att man kan styra de reaktioner som frigör H₂ till andra vägar.

Utöver de nämnda organismerna finns ett antal andra bakterier som är specialiserade på olika substrat och metaboliter, t. ex. hemicellulosa, pektin osv.

¹ Mängden metan per koldioxidekvivalent har på senare år räknats upp till 25, men all rapportering, såväl nationell som internationell, sker enligt Kyotoprotokollets överenskommelse, där man använder faktorn 21.

2.1.2. Möjliga åtgärder

Metanemissioner från kor påverkas av en rad faktorer, som födointag, storlek och tillväxt, mjölkproduktion och i synnerhet energi- (kolhydrat och fett) konsumtion. Några vanliga förslag på åtgärder som nämnts för att kontrollera metanemissioner från kor:

- i. öka smältbarheten i foder genom att göra omsättningen mera effektiv;
- ii. använda tillsatser i fodret för att binda upp väteatomerna i våmmen, eftersom vätet är en viktig intermediär i metanproduktionen;
- iii. hämma våmfloras metanogena mikroorganismer, så de inte producerar metan;
- iv. gynna våmmens mikrober så att de producerar andra användbara ämnen än metan;
- v. höja effektiviteten i mjölkproduktionen så att antalet djurenheter kan minskas;
- vi. förbättrad stallgödselhantering;
- vii. metanoxidation.

i. Effektivare omsättning: Grovfoder i stället för kraftfoder

Förändringar av foderstaten som är biologiskt möjliga har sällan varit ekonomiskt eller etiskt försvarbara. Styrning inom vissa marginaler kan dock vara möjlig. Flera forskare hävdar att det borde vara möjligt att öka nivåerna på stärkelse och snabbt nedbrytbara kolhydrater (t. ex. genom utfodring med mera spannmål och mindre gräs), och därmed höja produktionen av propionsyra (och minska acetat), vilket bland annat på grund av sänkt pH skulle leda till minskat överskott av väteatomer och därmed lägre metanproduktion, men utfodring med för mycket stärkelse kan bl. a. leda till hälsoproblem i form av pH i våmmen.

Förutom negativa miljöeffekter av mera kraftfoderbaserade foderstater (en förändrad markanvändning; dyrare produktionssystem med högre totalemissioner) påverkas mjölk kvaliteten negativt om kraftfoderandelen höjs till över 50% av foderstaten.

I detta sammanhang bör det noteras att vårt foder skiljer sig från de flesta andra länder genom sitt högre innehåll av socker, p. g. a. att mera ljus under växtperioden ger mera fotosyntes. Genom val av ensileringsmetod kan man styra andelen socker som återstår i ensilaget och därigenom bildningen av mjölksyra. Socker och relationen mellan fettsyror är viktiga för jäsningsprocessen i våmmen, vilket i sin tur kan ge skillnader i metanproduktion. Dessutom kan vår relativt höga användning av cerealier (stärkelse) ge effekter som behöver undersökas.

I ett nyligen genomfört försök vid SLU i Uppsala observerades en tendens för ökad metanproduktion med ökad grovfoderandel (men ingen signifikant skillnad) hos mjölkkor som utfodrades med upp till 90% grovfoder.

Även vid betesdrift kan säkert förbättringar göras, både vad det gäller val av växter och rotation av djuren.

ii. Vätebindande ämnen: Lipider

Lipider med högt innehåll av omättade fettsyror är ofta fördelaktiga genom att de tar upp väte som annars skulle gå till metanbildning. Den internationella forskningen har länge studerat effekter av olika tillsatser, i synnerhet fetter. Fetter och andra lipider interagerar med mikrobernas cellmembran, vilket hämmar den allmänna omsättningen av organiskt material i våmmen, inte bara protozoer och metanogener. Det finns många exempel på försök med vegetabiliska oljor. Publicerade resultat tyder dock på stora variationer i effekten. Av de få studier som gjorts på mjölkkor finns också resultat som tyder på reduktion av cellulosa-omsättningen. Användning av linolja kan ge en reduktion med 10-25%. I flera andra studier har man inte kunnat upptäcka några skillnader, bl.a. därför att en reducerad metanproduktion oftast sammanfaller med en sänkning av fodrets smältbarhet. Det återstår mycket forskning för att kunna avgöra vilka fetter eller kombination av fetter som är bra för både mängden

mjölk och mjölkens kvalitet. Vegetabiliska oljor har också observerats kunna höja mjölkproduktionen, men risk finns för kvalitetsförsämring, t. ex. smakpåverkan.

iii. Hämning av metanogener - Styrning av våmfloran

Tidigare försök visar också att det är möjligt att styra aktiviteten av metanogenerna i våmmen hos idisslare genom tillsats av inhiberande ämnen i fodret.

Många försök har gjorts med växtextrakt för att manipulera våmfloran, vanligast är experiment med olika oljor och saponiner. Andra exempel är rabarber och vitlök. Vitlök innehåller bl. a. sulfider och allicin som hämmar metanogenerna.

Borttagande av protozoer leder till lägre metanbildning bl.a. genom minskad fiberomsättning och högre syrehalt i våmmen, men negativa effekter av att eliminera protozoer har också rapporterats. Det finns dessutom resultat som tyder på att effekten av att ta bort protozoerna bara kan vara temporär. Här återstår forsknings- och utvecklingsarbete.

Probiotiska tillsatser, t. ex. jästsvampar och mögelsvampen *Aspergillus oryzae*, skulle också kunna användas, vilket förutom att förbättra tillväxten också reducerar metanbildningen bl. a. genom att höja produktionen av smör- och propionsyra. Jästkulturer har också rapporterats stimulera både tillväxten och mjölkproduktionen med 7,5 resp. 7,8% i försök. Inom detta område återstår dock mycket forskning.

Viruspartiklar, s.k. bakteriofager, som specifikt angriper metanogener har testats, men hittills har det varit svårt att få fram stammar som varit stabila.

iv. Styrning av metabolismen till annat än metan

Utöver biologiskt hämmande ämnen som slår mot vissa organismer, kan man styra flödet av näringsämnen i våmmen. Genom tillsatser av lämpliga substrat (kolhydrater) skulle man t. ex. kunna styra de metaboliska flödena till andra mikroorganismer än metanogener. Detta är dock förenat med kostnader. Styrning av metabolismen till propionatbildning är möjligt genom tillsatser av organiska syror, men det är inte ekonomiskt försvarbart.

v. Avel

Flera rapporter har visat på signifikanta skillnader mellan försöksdjur, vilket tyder på att andra faktorer än fodret kan ha betydelse, t. ex. genetiska anlag och/eller tarmflora. Genom förädlingsarbete, mot ett effektivt utnyttjande av födan för tillväxt, har man beräknat att metanproduktionen hos kanadensiska biffdjur skulle kunna minskas med 30%. Köttdjur i Australien som avlats på lågt RFI (residual feed intake), dvs. liten skillnad mellan aktuellt födointag och förväntat behov, producerade också mindre metan per kg tillväxt.

Även för kor kan avelsarbetet styras mot snabbare tillväxt och högre mjölkproduktion. Kortare sinperioder sänker också den totala metanproduktionen. Ett lägre djurantal ger lägre metanemissioner. Enligt tyska beräkningar skulle en fördubbling av mjölkproduktionen inom EU höja den totala metanproduktionen med 23%, dvs. från 110 kg till 135 kg per djur och år, men det skulle andra sidan innebära en sänkning av CH₄-produktionen per kg mjölk från 22 g till 14 g. Mjolkpriset skulle också kunna användas som styrmedel, det är därför bra att ha ett system som baseras på mjölkens innehåll av protein och inte på smörfett.

I Sverige har de senaste årens avelsarbete gjort att produktionen ökat från 6,8 till 8,9 ton per ko och år mellan 1990 och 2007, samtidigt som antalet mjölkkor minskat från 576 000 år 1990 till 370 000 år 2007. Det minskade djurantalet har gjort att mjölkproduktionen blivit avsevärt effektivare när det gäller att producera med lägre metanutsläpp sedan 1990. Andra möjligheter på produktionssidan är begränsning av antalet kvigor. I en rapport från Naturvårdsverket 2006 redovisas de politiska styrmedlen, bl. a. EU:s jordbruksreform MTR (Mid-Term Review), som infördes i Sverige 2005, vilken antas innebära att djurhållningen

förändras i riktning mot färre am- och dikor, samt färre tjurar och stutar. Detta skulle leda till en minskning av metanemissionerna med omkring 10% mellan år 2000 och år 2010.

vi. Bättre stallgödselhantering

En annan möjlighet, som verkar attraktiv för skandinaviska förhållanden, är att styra metanbildningen från kon till stallgödseln. Gödseln kan sedan användas i en biogasanläggning, där den inte bara ger metan under kontrollerade förhållanden, utan också en näringsrik restprodukt som kan återanvändas i jordbruket.

Det finns studier som visar på en korrelation mellan dietens sammansättning och emissioner både från kor och från stallgödsel; foder som genererar ett lågt utsläpp av metan från en ko kommer senare att ge höga emissioner från stallgödseln. Bland möjliga åtgärder finns framförallt en ökad överföring av stallgödsel till biogasproduktion, där gödselns innehåll av organiska ämnen bryts ner under anaeroba förhållanden i en reaktor. Gödsel från kor ger normalt mindre biogas jämfört med gödsel från grisar eller höns, p.g.a. en högre grad av nedbrytning hos idisslarna. Om gödseln samrötas tillsammans med andra material, t. ex. hushållsavfall eller växtmaterial, kan gasutbytet ökas väsentligt. Efter den anaeroba processen erhålls en restprodukt, rötrest, som kan användas som gödselmedel. Spridning av rötresten som gödning på åkermark innebär flera fördelar; den är lättare att sprida homogent och ger mindre odör jämfört med traditionell stallgödsel. Genom att styra stallgödseln till biogas i stället för att hålla lager av flytgödsel skulle metanemissionerna kunna minskas med 50% i kallare klimat, i varmare klimat skulle reduktionen kunna bli ännu större.

När det gäller täckning av flytgödselanläggningar har det i längre studier visat sig att emissionerna av biogas (koldioxid och metan) ökar med täckning oavsett material (medan ammoniakavgången begränsas). Temperaturen är också av betydelse: En dansk studie har visat att metanproduktionen i flytgödsel kan minskas väsentligt om temperaturen hålls under 15°C. I en polsk undersökning konstaterades att användandet av en djupströbädd med sågspån gav ca. 25% högre metanemissioner jämfört med grundare strö.

vii. Metanoxidation

Ytterligare en möjlighet, som nämns ibland, för att begränsa emissioner, är att utnyttja bakterier som oxiderar metan. Troligtvis är användbarheten begränsad. Det finns mycket få och knapphändiga rapporter, i synnerhet mätningar på kor *in vivo* verkar saknas helt. Anaerob (syrefri) oxidation av metan (kopplad till sulfatreduktion) beräknades eliminera 0,2-0,5% av metanproduktionen i japanska försök med ¹³C-märkt metan i våmvätska.

Däremot skulle aerob metanoxidation kunna användas för att reducera metanutsläpp från ladugårdar: Experiment i Holland har visat att biofilter kan reducera metan i utluften från stallar och gödselanläggningar med 85%. Nackdelen med det system man hittills använt var att biofilterbehållarna fyllda med kompost måste vara mycket stora (1 kbm filter för att klara 50 kbm flytgödsel). Andra tekniska lösningar är förmodligen att föredra. En undersökning som nyligen gjordes i Danmark visade att metanoxidationen kan vara ansenlig i ytan på flytgödsel, åtminstone i nivå med våtmarker.

3. MÄTMETODER

3.1. Metanemissioner

3.1.1. Kammare

De första data som presenterades för metanemissioner från idisslare, exempelvis de värden som använts av IPCC, är resultat som erhållits i försök med s.k. respirationskammare.

Djuren stängs in i ett slutet rum, man låter en känd volym luft passera per tidsenhet, och koncentrationen av metan mäts i in- och utluft. Genom att jämföra dessa halter kan man sedan beräkna metanproduktionen. I äldre undersökningar har man mätt på ett djur åt gången, vilket ofta gett onormala värden, bland annat på grund av stressförhållanden som gjort att djuret inte ätit normalt. Vid nyligen genomförda försök i Kalifornien har man använt stora kammare (185 cubic yards≈140 kubikmeter) med plats för nio djur åt gången, och man mätte under ett dygn.

3.1.2. Spårgasmetoden

På senare år har man utvecklat en ny teknik som fått stor användning, den s.k. spårgasmetoden. Genom att låta en annan gas än metan kontinuerligt strömma ut från en ampull med en känd hastighet kan man skatta metanflödet, genom att mäta koncentrationerna av de båda gaserna i samma utandningsprov. Den vanligaste spårgasen är SF₆ (svavelhexafluorid), som är en gas som inte förekommer i naturen. Den har två fördelar; dels är den inert, vilket innebär att den inte påverkar djuret; dels är den lätt att mäta även vid mycket låga koncentrationer. Gasprover samlas upp i en slang framför nosen på djuret och koncentrationerna av metan och SF₆ bestäms med hjälp av gaskromatografi. Genom att man har bestämt flödet av spårgasen SF₆ i förväg kan man lätt beräkna mängden metan (och koldioxid). Av gasen som bildas i våmmen går ca. 90% ut via andningsorganen, och av de 10% som går ut bakvägen har det mesta bildats i våmmen, så genom att placera SF₆-ampullen i våmmen fångar man därför upp 98% av kons metanproduktion. En liten ampull av mässing med SF₆ väger bara omkring 30 gram, men kan användas upp till ett år. Detta gör att samma djur kan studeras vid flera tillfällen, t. ex. i försök med olika foderstater och även på bete utomhus.

I jämförande försök med får på Nya Zeeland fann man att mätning med en s.k. kalorimetrisk kammare (1,7 m x 0,7 m x 1,5 m) och SF₆ gav jämförbara resultat under förutsättning att SF₆-ampullen inte var för gammal.

Spårgasmätningen tar hänsyn till dygnsvariationen i och med att gasen normalt samlas upp under 24 timmar. Men man bör förstås också vara medveten om att metanemissionerna från mjölkkor också är starkt säsonsberoende, dvs. det beror var i laktationscykeln som de befinner sig. Försök med mjölkkor i Nya Zeeland över ett år visade att metanemissionerna var högst under laktationstoppen i september (430,6 g per dag), för att sedan minska med minskad mjölkproduktion, för att nå botten under sinperioden i juni följande år (137,4 g per dag).

3.1.3. Mikrometeorologi

När det gäller metankällor med begränsad yta, t. ex. djur på bete eller flytgödselanläggningar, kan också mikrometeorologiska metoder användas. Men även här kan spårgasmetodiken användas: FTIR (Fourier Transform Infra-Red)-teknik med lustgas (N₂O) som spårgas i stället för SF₆ har använts för att göra mätningar av metanemissioner från en flock nötkreatur på bete i Australien. Lustgasen släpptes ut bakom koflocken och koncentrationerna av N₂O och CH₄ mättes i vindriktningen på motsatta sidan av korna. Eftersom N₂O-flödet var bestämt kunde CH₄-emissionerna bestämmas från kvoten mellan koncentrationerna. I det jämförande försök, som samma forskare också genomförde, framkom det vidare att spårgasmetoden gav lägre variation än mikrometeorologi (5-7% jämfört med 20% runt uppmätta värden). Medelvärdena var ändå jämförbara, vilket också var fallet i en tidigare jämförelse mellan mikrometeorologi och spårgas, där SF₆ använts som spårgas. En hel del utvecklingsarbete har gjorts i Nya Zeeland med mikrometeorologiska metoder för

mätningar i fält, men hittills har dock variationen varit betydligt högre än vid motsvarande spårgasmätningar.

3.1.4. Mätningar av hela gårdar

I holländska försök har man också gjort mätningar av metan- och lustgasemissioner från 20 hela gårdar med hjälp av mätningar i vindplymen. Genom att variera avståndet kunde man också lokalisera högemitterande punktkällor, t. ex. diken, som stod för cirka 10% av metanemissionerna. Försöken visade också att det fanns skillnader mellan gårdarna; kor gående på halmbäddar gav dubbelt så höga metanemissioner ($1,4 \pm 0,2$ kg CH₄ per djur och dag) jämfört med konventionell djurhållning ($0,7 \pm 0,4$ kg CH₄ per djur och dag), stallgödsemissionerna inräknade. Liknande försök har gjorts i Tyskland, där metanproduktionen (inklusive stallgödsemissioner) hos 43 mjölkkor i stall uppskattades till i genomsnitt 521-530 liter CH₄ per djur och dag (motsv. omkr. 0,376 kg CH₄ per djur och dag) och i Kanada, där man skattade metanproduktionen hos mjölkkor i stall till $542 \pm 30\%$ liter CH₄ per djur och dag, och $631 \pm 30\%$ liter CH₄ per djur och dag på bete (motsv. 0,39 kg resp. 0,45 kg CH₄ per djur och dag). Vid SLU i Alnarp har något lägre siffror uppmätts: 9-13 g CH₄ per djurenhet och timme, dvs. 0,216-0,312 g CH₄ per djur och dag

3.2. Mikrobiella analyser

Den totala mängden metan som frigörs från kon påverkas som tidigare nämnts av flera olika faktorer. Betydelsen av fodrets sammansättning har bekräftats i flera tidigare studier, men information om betydelsen av den mikrobiella florans sammansättning för metanemissionerna är i dagsläget mycket begränsad. Man känner till huvudgrupperna av organismer i våmmen, men för att i förlängningen möjliggöra en styrning mot lägre metanemissioner är det nödvändigt att generera mer kunskap, i synnerhet om den metanogena populationens sammansättning och dess koppling till emissioner.

4. UPPSKALNING AV MÄTVÄRDEN – MODELLERING

4.1 Kor

Nobelpristagaren Paul Crutzen och hans kolleger hävdade för över 20 år sedan att osäkerheten när det gällde beräkningar av metanproduktionen hos idisslare låg inom 15%, och en mjölkko skulle enligt deras beräkningar avge omkring 95 kg CH₄ per år. Deras teorier byggde på äldre litteratursammanställningar, som konstaterade att metanproduktionen låg på 6,5-7% av bruttoenergiintaget oavsett fodrets smältbarhet. De emissionsfaktorer för olika djurslag som beräknats av Crutzen och medarbetare är f.ö. också samma som defaultvärden² i IPCC:s metodik för nationell rapportering.

Rapportering enligt IPCC:s metodik (publicerad 2006) grundas på följande principer:
Steg 1. Dela upp husdjurspopulationen i undergrupper och karakterisera varje undergrupp
Steg 2. Gör en skattning av emissionsfaktorerna för varje undergrupp i form av kg metan per djur och år.

² *Default* är ett värde som bestäms av IPCC. Detta används om inte andra data finns tillgängliga.

Steg 3. Multiplicera undergruppernas emissionsfaktorer med antal individer i undergruppen för att bestämma dess emission och summera alla undergrupper för att få den totala emissionen.

Uppgifter för steg 1 och steg 3 kan hämtas från officiell statistik. Det är givetvis det andra steget som är det kritiska, även om osäkerheter kan finnas när det gäller att kategorisera djur och fastställa uppehållstid, vikt, produktion osv. Enligt den mest förenklade schablonmodellen (Tier 1)³ gäller det för Västeuropa, med högvastande mjölkkor som utfodras med grovfoder av god kvalitet och spannmål, att *standardvärdet för mjölkkor anges till 117 kg metan per ko och år*. Det är då räknat med en genomsnittlig mjölkproduktion på 6000 kg/djur och år. För "icke-mjölkkor" är *standardvärdet 57 kg metan per ko och år*. Beräkningarna för standardvärdena bygger på att man räknar fram djurens energiintag. Detta i sin tur baseras på energibehov för underhåll och produktion. Med underhållsbehov avses behovet för den basala metabolism som behövs för att hålla djuret vid liv. Med produktion avses behov för tillväxt, laktation, arbete och dräktighet. Vid val av faktor för metanproduktion har hänsyn tagits till fodrets sammansättning. Låg kvalitet, dvs. låg smältbarhet, ger högre metanavgång. Kvaliteten har differentierats på regional nivå.

En mera komplex modell (Tier 2) kan användas om det finns detaljerade nationsspecifika data på energiintag och omräkningsfaktorer för metan. Då behöver man uppgifter om: 1) Antal på årsbasis; 2) genomsnittligt foderintag i MJ/dag och kg torrsbstans; och 3) andel av foderenergin som omvandlas till metan (%).

Vanligtvis finns inte genomsnittligt foderintag tillgängligt, speciellt inte för betande djur. För att kunna beräkna foderintag behövs uppgifter om kornas 1) vikt; 2) tillväxt (kan antas vara 0 för vuxna djur); 3) utfodringssystem (djur inomhus, djur på bete av god kvalitet, djur som betar över stora arealer); 4) mjölkproduktion per dag; 5) genomsnittligt arbete utfört per dag; 6) procent av korna som föder kalv per år och 7) fodrets smältbarhet.

Smältbarhet definieras som den andel av energin i foder som inte avgår genom träcken. Smältbarhet uttrycks vanligen i procent. Vanliga smältbarheter för nötkreatur är 60-70 % för bra beten, bra konserverat vallfoder (hö, ensilage) samt spannmålskompletterade foderstater som baseras på vallfoder. För intensiv uppfödning baserad på spannmål kan smältbarheten uppgå till 75-85 %. Schablonvärdet för rapportering enl. IPCC har satts till 70% smältbarhet för Västeuropa.

Även data till steg 2 i Tier 2 kan hämtas från officiell statistik. Vad gäller mjölkproduktion finns god statistik via branschorganisationen Svensk mjölk och dess "Mejeristatistik", samt från officiell kokontroll. Det finns inga tillförlitliga uppgifter om nötkreaturens verkliga konsumtion av olika fodermedel, även om det finns databanker för mjölkkor. De mest kritiska faktorerna är ändå andel av foderenergin som omvandlas till metan och fodrets smältbarhet. Här måste man använda uppskattade samband. Defaultvärdet när det gäller omvandlingsfaktor för metan, dvs. den procentuella andel av bruttoenergiintaget som omvandlas till metan, har satts till 6,5%. Variationen kan, som tidigare nämnts, vara 2-12%.

Vissa länder kan rapportera enligt en Tier 3. Kraven är då att animalieproduktionen svarar för en mycket stor andel av växthusgasemissionerna och att detaljerad information finns om foderstater, fodrets kvalitet, säsongsvariationer osv. Dessutom skall alla beräkningsmetoder vara prövade av internationell expertis.

³ *Tier* är en benämning som betecknar metodnivå i IPCC-rapporteringen. Om ett land har mycket egna data kan egna modeller användas, vilket anses ge säkrare estimat = högre Tier-nivå. Annars förekommer ordet främst inom IT-branschen och betecknar sammanlänkade nätverk av projekt eller informationskällor (jfr. eng. *tie* = knyta samman).

4.2. Systemnivå

För att få en fullständig bild av metanemissionerna är det nödvändigt att beakta hela produktionskedjan, dvs. det organiska materialets väg från kor till stallgödsel och till dess slutliga destination eller återförande till marken. Det finns olika ansatser när det gäller modellering av växthusgasemissioner i större system, t. ex. på gårdsnivå. S. k. livscykelanalys (LCA) kan göras enligt standardmodeller som finns beskrivna av den internationella standardiseringsorganisationen ISO.

Danska forskare har utvecklat FASSET, en modell som bygger på användning av monetära enheter i stället för vikt eller energi. Denna modell har använts bl. a. för att beräkna effekter av kväveskatter. FarmGHG är en annan dansk modell, som har utvecklats av Jørgen Olesens grupp vid DIAS i Tjele, för att kalkylera växthusgasemissioner från hela gårdar inklusive all ut- och införsel av näringsämnen. Det finns också andra exempel på modeller. I Kanada har man också lanserat modeller för hela gårdar, t. ex. "Virtual Farm", eftersom borttagandet av emissioner i ett produktionsled ger större emissioner i ett annat.

En annan aktuell fråga är hur emissionerna påverkas av en ökad andel ekologisk produktion. Livscykelanalyser utförda i Nederländerna visar på att metanemissionerna per kg mjölk är högre i ett organiskt odlingssystem jämfört med ett konventionellt. I detta sammanhang är det dock rimligt att betrakta även lustgasemissionerna: Liknande modelleringar gjorda i Danmark och Tyskland visar på att effektiviteten i kväveutnyttjandet är avgörande, vilket kan ge större skillnader än valet av odlingssystem.

5. FORSKNING I SVERIGE IDAG

Vid Inst. f. husdjurens utfodring och vård (HUV), SLU, finns tillgång till omkring 110 mjölkkor inklusive ett antal fistulerade djur. Här pågår för närvarande experiment med mätningar av metanproduktion med hjälp av SF₆-metoden (Fig. 2). Dessa experiment omfattar typiska svenska foderstater med klöverensilage, spannmål, ärt/havre-ensilage men också kor på bete. Målsättningen med dessa experiment är att få siffror på metanutsläppen från svenska kor som kan jämföras med de schablonvärden som används för rapporteringen idag. Målet är dels att få fram bättre modeller för användning i den officiella statistiken, men också att kunna ge anvisningar om metoder att begränsa växthusgaserna i animalieproduktionen. En forskarstuderande (Rebecca Danielsson) har med medel från VH-fakulteten börjat studier inom området. Samarbete finns med AAFC, Kanada (dr Alan Iwaasa) och med UMB i Norge (OM Harstad) och Köpenhamns universitet (Jørgen Madsen och Hanne Hansen) samt Aarhus universitet (Peter Lund)

Vid Inst. f. mikrobiologi, SLU, har kapacitet byggts upp för gaskromatografiska analyser av metan och SF₆. Försök pågår också med jämförelser mellan våmflora och metanemissioner från mjölkkor. ⁴ Vid SLU (Inst. f. lantbrukets byggnadsteknik) i Alnarp pågår också försök.

6. DISKUSSION – SLUTSATSER

Produktion och emissioner av växthusgasen metan från idisslare har på sista tiden vållat debatt i media. I föreliggande litteratursökning har vi sammanställt forskningsresultat när det gäller mätningar och föreslagna åtgärder för att minska emissionerna.

⁴ Se även: "Mindre metan från högavkastande kor" av Jan Bertilsson och Gunnar Börjesson; s. 249-260 i "Klimatfrågan på bordet", utgiven 2008 av Formas i serien "Formas fokuserar" (nr 14).

Vi kan bl. a. konstatera följande:

- Metanemissionerna från kor har väsentligt minskats under de senaste åren, p. g. a. effektivare produktion (avel, utfodring, skötsel) som medför att färre kor producerar mer mjölk, vilket ger mindre metan.
- Genom förändringar i foderstaten kan metanemissionerna minskas, men detta kan ge negativa effekter på produktionen, t. ex. försämra foderutnyttjandet och försämra produktkvaliteten. Probiotiska tillsatser kan vara en möjlig väg.
- Stallgödselhanteringen kan förbättras, genom kortare lagerperioder och biogasproduktion.
- Val av foder är avgörande för mjölkproduktionens klimatpåverkan. Vallodlingen är basen för nötkreatur, och ger flera fördelar jämfört med annan användning av åkermarken. Genom att binda in kol från atmosfären kompenserar man för andra växthusgasutsläpp. Andra miljömål uppfylls också: Mindre kemisk bekämpning, mindre växtnäringssläckage, hävd av naturbetesmarker och bevarad biologisk mångfald.

Publikationer med anknytning till projektet

- Bertilsson, J & Börjesson, G. "Mindre metan från högvastande kor." Klimatfrågan på bordet (B. Johansson, red.), pp. 249-260. Formas Fokuserar 14, Formas, Stockholm, 2008.
- Danielsson, R. 2009. Metanproduktion hos mjölkkor utfodrade med hög andel grovfoder. Examensarbete E-nivå. Inst. f. husdjurens utfodring och vård, SLU, Uppsala.
<http://stud.epsilon.slu.se/370/>.
- Lundström, J., Albiñ, A., Gustafson, G., Bertilsson, J., Rydhmer, L., Magnusson, U. 2009. Lantbrukets djur i en föränderlig miljö – utmaningar och kunskapsbehov. SLU, Uppsala. 72 pp.
- Patel, M., Börjesson, G., Danielsson, R., Iwaasa, A.D., Spörndly, E., Wredle, E. & Bertilsson, J. 2009. High proportions of high-quality grass silage in diets for dairy cows –how do they affect enteric methane emissions? XVth International Silage Conference, Madison, Wisconsin, USA. Proceedings, 31 – 32.
- Meaza Tadesse Yohannes, KTH och SLU: "Biogas potential from cow manure - influence of diet." Examensarbete, civilingenjörsprogram, KTH och Inst. F. mikrobiologi, SLU. Framläggningsdatum 2010-01.-19.

Övrig resultatförmedling - Medverkan i olika informationsverksamheter m.m.

Jan Bertilsson har medverkat i jordbruksverkets kurser för länsstyrelsernas klimatrådgivare vid två tillfällen under hösten 2009 (i Tranås och Alvesta) samt vid länsstyrelsen i Uppsalas "Greppa Näringen"-kurser vid 4 tillfällen under 2009/10, samt i Norrmejeriers "Högre kurs i mjölkproduktion" i Västerbotten och Norrbotten, där också klimataspekter fanns med.

Jan Bertilsson har medverkat i referensgruppen för Jordbruksverkets utredning "Handlingsprogram för minskade växtnäringssluster och växthusgasutsläpp under 2009/10.