

Ammoniak från slaktkycklingstallar - utveckling av mätmetod och uppmätning av emissioner

Sven Nimmermark, Biosystem och Teknologi SLU, Alnarp

INLEDNING

På senare år har inga uppmätningar gjorts av emissionerna av ammoniak från svenska stallar med slaktkycklingar. Då ströbäddarna förändrats och golvvärme är mer vanligt förekommande idag ger gamla studier missvisande värden. I gamla svenska uppfödningssystem uppmättes i en studie koncentrationer på upp till 5 ppm de första 21 dagarna och ca 30 ppm ammoniak i stallet och ca 40 ppm i frånluften sista dagarna i uppfödningssomgången då ströbädden höll en fukthalt på 40-50% (Nimmermark, 1984). I en nyligen genomförd svensk studie fann att ströbädden bör ha en fukthalt på maximalt 37% för att man skall ha goda förutsättning till nå en god fotpoäng, dvs. under 40 (Kulle & Sällvik, 2009). En något senare svensk studie där två stallar jämfördes indikerade att golvvärme i slaktkycklingstallar minskar ammoniakemissionen med 54% (Ringbom *et al.*, 1993). Även internationellt sett finns begränsat med studier av ammoniak och dess avgivning från nyare och med svensk uppfödning jämförbara slaktkycklingstallar. I en slovakisk studie där slaktkycklingar uppföddes 40 dagar till ca 2 kg uppmättes en ammoniakemission som i medeltal uppgick till 6,2 g NH₃ per kyckling och man fann oftast låga (<8 ppm) koncentrationer i stallet men maximalt 29 ppm uppmättes i en uppfödningssomgång (Knizatova *et al.*, 2010).

Sedan lång tid tillbaka har man påvisat negativa effekter på slaktkycklingar vid exponering för ammoniak. (Canveny & Quarles, 1978) visade att slaktkycklingar som exponerades för 25, 50 respektive 100 ppm ammoniak erhöll ett sämre foderutnyttjande än kycklingar som inte exponerades för ammoniak. (Reece & Lott, 1980) visade att slaktkycklingar som exponerades för olika ammoniakhalter i intervallet 24 – 400 ppm erhöll en försämrad tillväxthastighet jämfört med en kontrollgrupp (0 ppm). Kling & Quarles (1974) visade att både tillväxthastighet och foderutbyte försämras vid ammoniakhalter högre än 25 ppm. De konstaterade också en signifikant inverkan på frekvensen lungsäcksinflammationer hos kycklingar som exponerats för ammoniak. Ammoniakkoncentrationer högre än 20 ppm har visat sig ge ögonirritationer, skador på slemhinnor, nedsatt respiration samt en ökning av antalet infektioner hos slaktkycklingar. Förändringar i lever, lungor och njurar har dessutom konstaterats hos kycklingar som exponerats för höga halter av ammoniak (Cristopher, 1975).

I fjäderfästallar med ströbäddar har ströbäddarnas temperatur och fukthalt mycket stor inverkan på avgivningen av ammoniak. Avgivningen av ammoniak ökar kraftigt med temperaturen i ströbädden. Undersökningar av klimatet i ett värphönsstall med frigående höns och ströbädd har visat att avgivningen av ammoniak ökar både med relativ luftfuktighet och med stigande temperatur (Nimmermark & Gustafsson, 2005). Andra studier av värphönsstallar har visat på mycket höga halter av ammoniak vintertid då mycket gödsel finns lagrat bl.a. i ströbäddar och i en undersökning i några norska stallar har halter över oacceptabla 100 ppm ammoniak uppmätts (Nimmermark *et al.*, 2009). Torra ströbäddar leder till liten avgivning av ammoniak och generellt sett ökar avgivningen med ökande fukthalt. Det tycks dock finnas en gräns och då fukthalten är 37-51% (gränsvärde beroende av temperatur) tycks en vidare ökning av fukthalten leda till en något mindre avgivning av ammoniak (Miles *et al.*, 2011).

Torkning av ströbäddar i fjäderfästallar kan medföra avsevärt lägre emissioner av ammoniak. En holländsk metod är att torka ströbädden genom att cirkulera ned den varma luften i takhöjd till golvnivå. Luftblandarna har en kapacitet på 1.8 m³/h och kyckling och varje blandare täcker 150 m² golvyta. Mängden luft som blandas ökas linjärt över uppfödningssomgången (Starmans & Van der Hoek, 2007). Systemet reducerar ammoniakemissionen med ca 50% (ECE, 2007). En nyligen genomförd undersökning under fyra uppfödningssomgångar resulterade i 80% reduktion av ammoniakemissionen (Groot Koerkamp & Groenestein, 2008).

Den största svårigheten med bestämning av emissioner av ammoniak från djurstallar ligger i att på ett bra sätt mäta/uppskatta ventilationsflödet. Gaskoncentrationen kan lättare bestämmas. En metod som frekvent används för att uppskatta ventilationen i ett stall är att beräkna luftflödet utifrån stallets koldi-

oxidbalans (CIGR, 1984; CIGR, 1992; Pedersen et al., 2008; Pedersen et al., 1998). I ett stall avges koldioxid och då främst från djuren själva och mängden beror på deras ämnesomsättning. I ett stall avges koldioxid förutom från djuren själva också från ströbäddar och kunskapsluckor finns om storleken på denna avgivning från ströbäddarna vid olika klimat och förhållanden.

Projektets mål var att ta fram en mätmetod lämpad för enkla fältmässiga mätningar av ammoniakemissionen från svenska slaktkycklingstallar och att uppmäta emissioner av ammoniak. Vidare planerades att mäta upp emissionerna av ammoniak från moderna svenska stallar med produktion av slaktkycklingar med utvecklad enklare fältmässig mätmetod. Ytterligare mål var att studera betydelsen av temperatur, luftfuktighet och fukthalt i ströbädden med avseende på avgivningen av ammoniak och förbättrat produktionsresultat och att studera betydelsen av temperatur, luftfuktighet och fukthalt i ströbädden med avseende på avgivningen av koldioxid som används som faktor för beräkning av emissioner i den tänkta modellen. Efter önskemål från näringen uppmättes även emissioner av metan (CH₄) och lustgas (N₂O) i undersökningarna i klimatstallet.

MATERIAL OCH METODER

Klimatstallet på Alnarps Södergård utnyttjades i försöken och ett ca 17,5 m² stort stallutrymme iordningställdes. Stallet försågs med täta väggar och alla springor tätades. Utrymmet kompletterades med nya installationer så att det skulle fungera i försöket och inreddes för försök med slaktkycklingar.

Stallet värmdes med golvvärme och tre luftvärmefläktar. Stallet ventilerades med hjälp av en frånluftsfläkt och två stycken frånluftskanaler som mynnade vid innertak i stallets ena kort-sida. Kanalerna var försedda med iris-spjäll (Fläkt Woods IRIS) för reglering och mätning av flöde. Ventilationsflödet reglerades manuellt. Tilluft till stallet tillfördes från utrymmet ovan innertak via tilluftsluftsdon (spaltdon med reglerbar öppning) placerade längs stallets ena långsida.

Två omgångar med ca 300 daggamla slaktkycklingar (Ross 308) sattes in i stallet (i början av mars och i slutet av april) och mätningar utfördes 32-33 dagar då de nått en levande vikt på ca 2 kg eller mer. Ett antal slaktkycklingar vägdes varje vecka (10 st) och dagen innan stallet tömdes (20 st). De kycklingar som vägdes valdes ut slumpmässigt och placerades i en hink för vägning.

Belysningsstyrkan justerades före försöken till ca 20 lux på kycklingarnas nivå. Ljuskivån kontrollerades på ett antal platser i stallet. De första dagarna av uppfödningen var ljuset tänt 24 h, dag 4-6 introducerades en mörkerperiod på 1 h och från dag 7 var den sammanhängande mörkerperioden 6 h. En mörkerperiod inleddes och avslutades med dimning; succesiv minskning/ökning av ljuset. Kycklingarna föddes upp på en ströbädd av kutterspån (dammreducerad). Ströbädden var ca 3 cm tjock (ca 1,7 kg kutterspån m⁻²) vid insättning av daggamla kycklingar. Ingen bättring eller påfyllning av kutterspån till ströbädden gjordes i försöken. Ströbäddsprover (38 x 55 cm) för bestämning av ströbäddens fukthalt och gasavgivning togs varje vecka på tre slumpvis utvalda platser.

Kycklingarna försågs med dricksvatten via dricksvattennipplar och under varje nippel fanns en spillvattenkopp. Kycklingarna hade fri tillgång till foder i foderautomater (runda fodertråg) som fylldes på manuellt, Foder från Svenska Foder® användes i försöken. Fågel Start (11,3 MJ kg⁻¹; 20,0 % råprotein) användes under den första tiden av uppfödningen (till ca 3 veckors ålder; ca 1,5 kg foder kyckling⁻¹) och under den senare delen av uppfödningen användes Fågel Maxi (11,7 MJ kg⁻¹; 18,0 % råprotein). Temperaturer uppmättes med hjälp av termoelementtråd på golvyta, i luftintag (2 ställen), i frånluften framför frånluftska-



Figur 1. Kycklingar och inredning i klimatstallet på Alnarps Södergård. Foto: Sven Nimmermark

nalerna och på två nivåer mitt i stallet; 0,3 m över golv och 1,6 m över golv. Den relativa luftfuktigheten mättes i luftintag och i frånluften (i stallet framför frånluftskanalerna) med Rotronic® givare.

Ventilationsflöden mättes med hjälp av de i kanalerna monterade irisspjällen (Fläkt Woods IRIS 160 och IRIS 400) och en tryckmätare (EMA 84, Halstrup GmbH, Kirchzarten). Aktivitet uppmättes med passiva IR givare (Pedersen and Pedersen, 1995) som registrerar temperaturförändringar vid rörelse. Aktivitet beräknades efter en relativ skala där periodens minimum sattes till 0,0 och periodens maximum sattes till värdet 1,0.

Gaskoncentrationer i intagsluft, i frånluften framför frånluftskanalerna och på två nivåer mitt i stallet, 0,3 m över golv och 1,6 m över golv, uppmättes tre gånger i timmen och värdena lagrades på en dator ansluten till en gasanalysator. En fotoakustisk gasanalysator (Innova multigasanalysator 1412 och en multiplexer 1309, Lumasense Technologies SA, Ballerup, Denmark) användes för att mäta koncentrationer av gaserna CO₂, N₂O, NH₃ och CH₄. Luft från de olika mätpunkterna sögs med hjälp av en pump till multiplexern och sedan vidare till gasanalysatorn genom slangar (innerdiameter 3,2 mm) av polytetrafluoroethylene (PTFE). Slangarnas inlopp var försedda med filter (Balston Filters, Parker Hannifin Corporation, Haverhill, MA, USA) för att fånga upp partiklar. Emission av ammoniak och av klimatgaser beräknades med hjälp av ventilationsflöden och skillnad i gaskoncentration i frånluft och tilluft.

Den fältmässiga mätmetod som studerades är baserad på koldioxidbalans för bestämning av luftflöde enligt en av CIGR framtagna modell (CIGR, 2002).

Vid bestämningen av luftflödet med ekvation sattes $CO_{2\text{inne}}$ till uppmätta värden och värdet på $CO_{2\text{ute}}$ sattes till 410 ppm. Emissionen av ammoniak beräknades därefter med hjälp av produkten av ventilationsflödet och skillnaden i NH₃ koncentration inne och ute och modellvärden (Modell NH₃) jämfördes med uppmätta värden.

RESULTAT

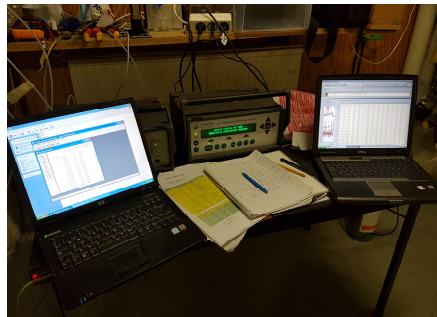
Produktionsparametrar vid försöken i klimatstallet framgår av Tabell 1.

Tabell 1. Produktionsresultat för omgångar med slaktkycklingar i klimatstallet på Alnarp Södergård

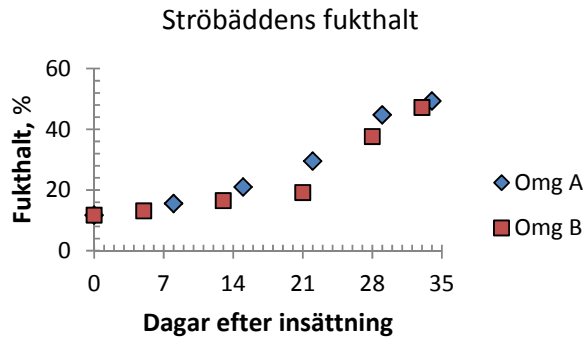
	Omgång A	Omgång B
Insättning	9 mars	21 april
Avslut omgång	12 april	24 maj
Antal insatta, st	304	304
Insatta per m ² , st	17,5	17,5
Antal döda, st	4	7
Dödlighet, %	1,3	2,3
Levande vikt dag 32 efter insättning, g		1930
Levande vikt dag 33 efter insättning, g	2220	
Foderomvandling, kg foder/kg levande vikt	1,64	1,56

Fukthalten i de kutterspån som användes i ströbädden var 12% då de placerades i stallet vid start av en omgång. Därefter ökade ströbäddens fukthalt efterhand (Figur 3) och uppgick vid slutet av uppfödningen till 49% (Omgång A) och 47% (Omgång B). Ökningen i fukthalt var störst under senare delen av uppfödning-

Figur 2. Mätutrustning i Klimatstallet med Gasanalysatorn Innova 1412 i centrum av bild. Foto Sven Nimmermark



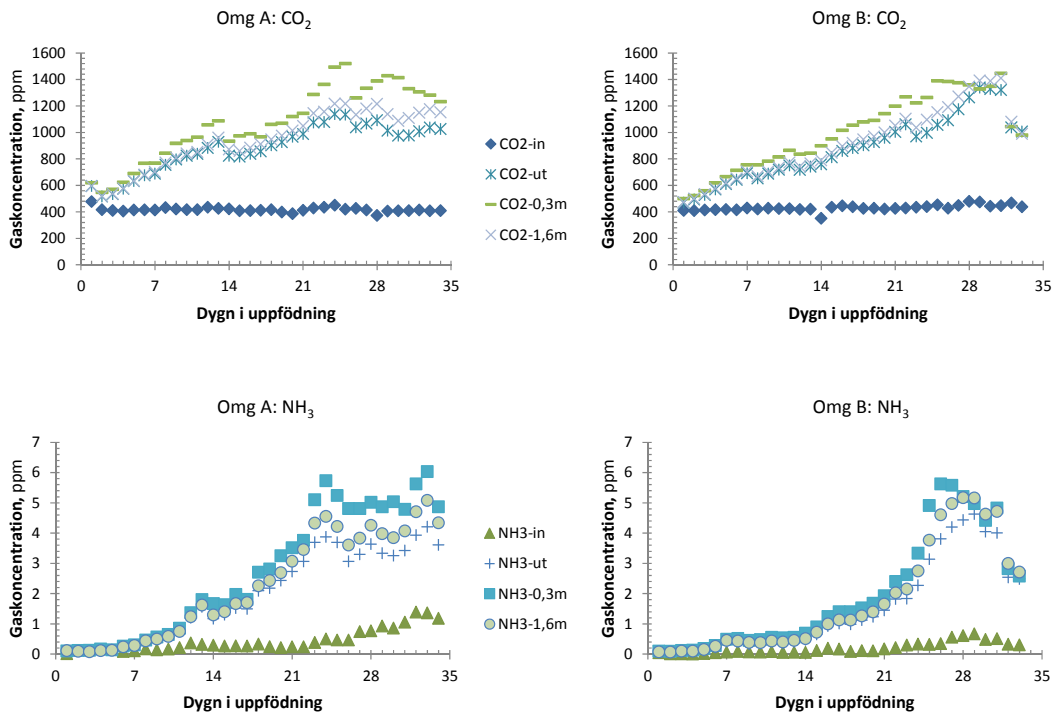
en, dvs. efter ca 3 veckors ålder. Uppmätta medelkoncentrationer i tilluften av CO₂, NH₃, CH₄ och N₂O under Omgång A och B framgår av Tabell 2. Gaskoncentrationerna varierade med tiden och de uppmätta halterna av CH₄ och NH₃ i tilluften var högre under omgångarnas sista veckor. Dygnsmedelvärden av uppmätta koncentrationer av CO₂ och NH₃ i stall, tilluft och frånluft vid försöken i klimatstallet på Alnarps Södergård framgår av Figur 4 och motsvarande dygnsmedelvärden av CH₄ och N₂O framgår av Figur 5. Ammoniakhalterna i stallet var som högst ca 6 ppm (dygnsmedelvärde).



Figur 3. Ströbäddens fukthalt för omgångar i klimatstallet på Alnarps Södergård.

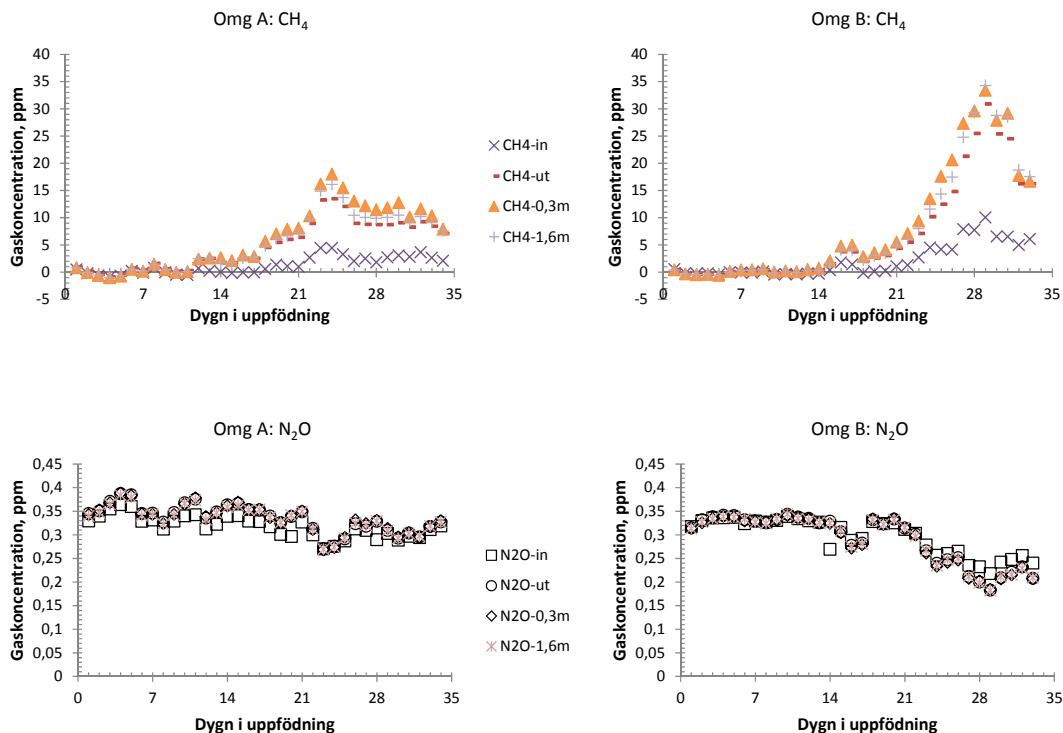
Tabell 2. Medelvärden av gaskoncentrationer i tilluften under uppfödningsomgångarna i klimatstallet på Alnarps Södergård

Omgång	Gaskoncentration			
	CO ₂ ppm	NH ₃ ppm	CH ₄ ppm	N ₂ O ppm
A	416	0,4	1,2	0,317
B	429	0,2	2,1	0,296



Beteckningar: in = Tilluft, ut = Frånluft, 0,3m = 0,3 m över golv i stallet och 1,6m = 1,6 m över golv i stallet

Figur 4. Dygnsmedelvärden av uppmätta koncentrationer av CO₂ och NH₃ i stall och ventilationsluft vid försöken i klimatstallet på Alnarps Södergård.



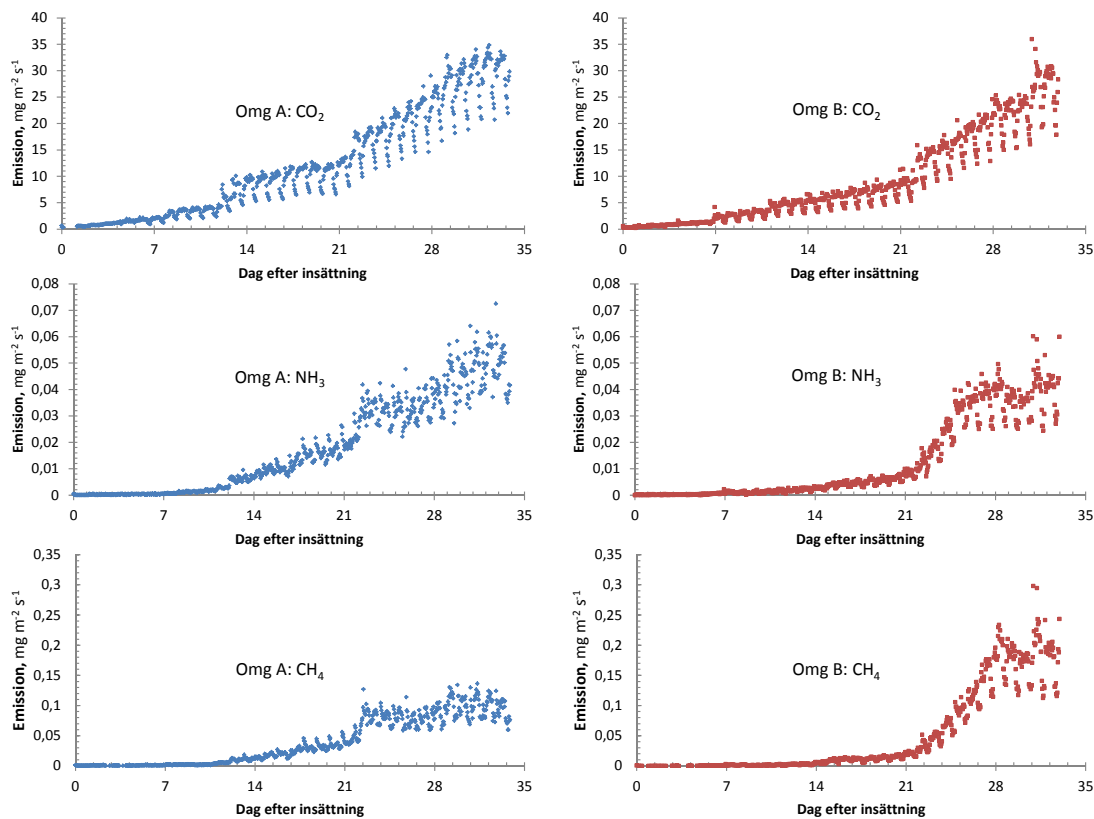
Beteckningar: in = Tilluft, ut = Frånluft, 0,3m = 0,3 m över golv i stallet och 1,6m = 1,6 m över golv i stallet

Figur 5. Dygnsmedelvärden av uppmätta koncentrationer av CH₄ och N₂O i stall och ventilationsluft vid försöken i klimatstallet på Alnarps Södergård.

Akkumulerad emission av CO₂, NH₃, CH₄ och N₂O för perioden från insättning till de senare dagarna av uppfödningen framgår av Tabell 3. De sista dagarna av uppfödningen bidrog med en stor del av den totala emissionen. Efter att kycklingarna fötts upp 33 dagar var emissionen av ammoniak 2,79 g per kyckling för omgång A och 2,05 g för omgång B. Koncentrationerna av N₂O var små och med den mätnoggrannheten det använda instrumentet har uppmättes en liten positiv emission för ena omgången och en liten negativ emission för den andra omgången. Uppmätta emissioner av CO₂, NH₃ och CH₄ under olika tider av uppfödningen på Alnarps Södergård framgår av Figur 6. Storleken på emissionerna varierade under ett dygn. Emissionen av CO₂ uppvisade ett tydligt samband med djurens aktivitet. Då ljuset var släckt var aktiviteten hos kycklingarna låg och då ljuset tändes ökade aktiviteten och emission av CO₂.

Tabell 3. Uppmätt ackumulerad emission per kyckling under de sista dagarna av uppfödningen i Klimatstallet på Alnarps Södergård

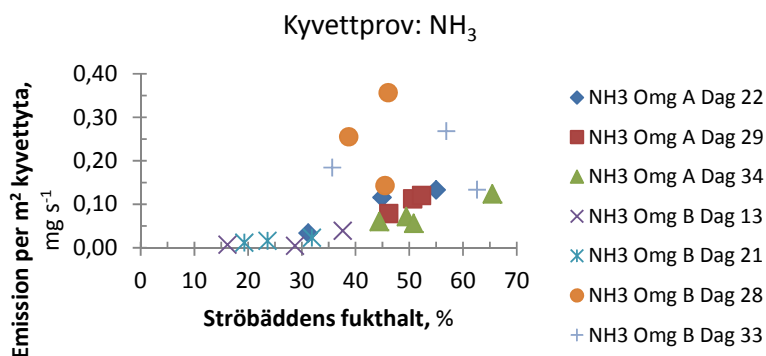
Uppfödning		Emission				
Dagar	Omgång	Vikt g/kyckl	CO ₂ g /kyckl	NH ₃ g/kyckl	CH ₄ g/kyckl	N ₂ O g/kyckl
31	A		1537	2,28	5,14	0,037
32	A		1682	2,52	5,64	0,038
33	A	2220	1832	2,79	6,14	0,039
34	A		1981	3,02	6,59	0,042
31	B		1222	1,64	5,96	-0,026
32	B	1930	1359	1,85	6,94	-0,031
33	B		1495	2,05	7,81	-0,039



Figur 6. Uppmätta emissioner per m² stallyta av CO₂, NH₃ och CH₄ vid försöken i klimatstallet på Alnarps Södergård. Värdena är beräknade som medelvärden under en timme.

Då kycklingarna lastats ut från stallet fortsatte ströbädden att avge gaser. Dygnet efter utlastning uppmättes emissionen av CO₂ till 5,2% (Omg A) och 5,35% (Omg B) av värdet dygnet före utlastning.

I tester i en kyvett av gasavgivning från ströbädd av olika ålder och med olika fukthalt kunde inget samband mellan ströbäddens fukthalt och emissionen av CO₂ hittas. Ströbäddsprover för dessa tester togs i stallet under olika dagar av uppfödningen och vatten tillsattes till delprov. I en provomgång med ströbädd som fått ligga en längre tid innan den analyserades var CO₂ avgivningen mycket större än för de andra proven och storleken på avgivningen av CO₂ var för detta prov betydligt högre då ströbäddens fukthalt var ca 45% jämfört med då den var ca 65%. I kyvettförsöken ökade avgivningen av NH₃ (p=0,019), CH₄ (p=0,0) liksom N₂O (p=0,01) med ströbäddens fukthalt. Emissionen av NH₃ var mycket större för prov med en fukthalt över ca 35% jämfört med prov med fukthalt lägre än 35%.

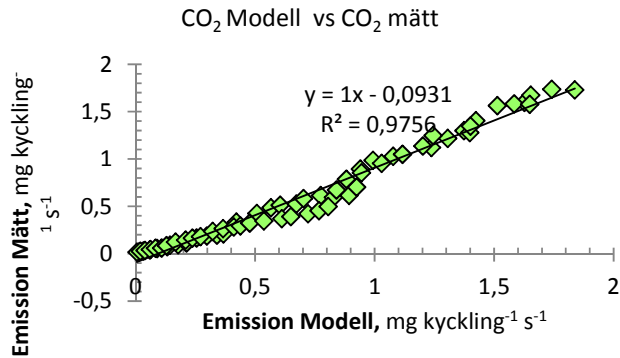


Figur 7. Emissioner av NH₃ från ströbäddsprover med och utan vattentillsats och som hämtats från stallet olika dagar av uppfödningen och analyserats i kyvett.

En jämförelse mellan den teoretiskt beräknade avgivningen av CO₂ (CIGR-modell CO₂, mg s⁻¹ kyckling⁻¹) och den uppmätta gav som resultat att den teoretiskt beräknade avgivningen behövde korrigeras. Avgivningen av CO₂ (Modell CO₂, mg s⁻¹ kyckling⁻¹) i den anpassade modell som togs fram beräknades utifrån värden i regressioner till:

$$\text{Modell CO}_2 = 1,173 \cdot (\text{CIGR} - \text{modell CO}_2) - 0,08 \quad (5)$$

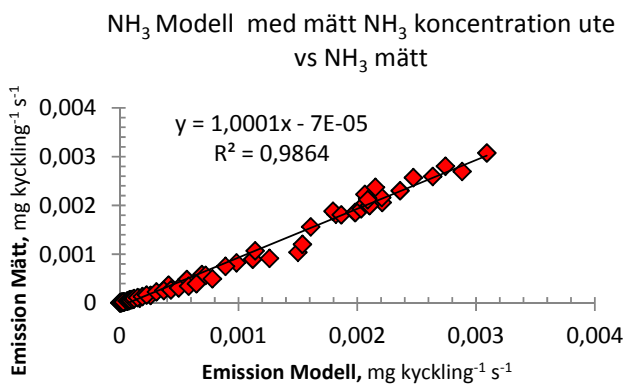
En jämförelse mellan den med ekvation (5) beräknade avgivningen av CO₂ (CO₂ Modell) och uppmätta värden på emission av CO₂ framgår av Figur 8.



Figur 8. Jämförelse mellan teoretiskt framtagen emission av CO₂ och uppmätta värden.

Vidare gjordes en jämförelse mellan NH₃ emissioner (NH₃ Modell) beräknade med hjälp av den teoretiska CO₂ avgivningen (CO₂ Modell) och uppmätta värden på NH₃ emissioner. Beräkning av luftflöde i modellen (NH₃ Modell) gjordes med antagandet att koncentration av CO₂ i uteluften var 410 ppm. En jämförelse mellan modellerade emissioner av NH₃ (NH₃ Modell) och uppmätta värden då NH₃ koncentrationerna inne och ute satts till uppmätta värden framgår av Figur 9.

Modellen för emission av NH₃ testades för beräkning av den totala emissionen av NH₃ under en hel uppfödningsslag. I testerna antogs uppmätning av NH₃ koncentrationen i stallet under ett begränsat antal dagar av uppfödningsslag (Tabell 4).



Figur 14. Jämförelse mellan med modellen framtagen emission av NH₃ och uppmätta värden. I modellen har NH₃ koncentrationer ute och inne satts till uppmätta värden.

Tabell 4. Test av modell för emission av NH₃ med mätning ett begränsat antal dygn av en uppfödningssomgång. I modellberäkningarna är kycklingarnas vikt under mätningarna satta till värden enligt aktuell uppmätt tillväxtkurva, koncentrationen av CO₂ i uteluften är satt till 410 ppm och koncentrationen av NH₃ i uteluften är satt till 0,8 ppm

Mätning / Modell	Omg A			Omg B		
	Måttillfällen* Dag/dagar	Period** Antal da- gar	Emission g kyckling ⁻¹	Måttillfällen* Dag/dagar	Period** Antal da- gar	Emission g kyckling ⁻¹
Uppmätt värde	-		3,02	-		2,05
Modell Alla	Alla dagar	1	2,97	Alla dagar	1	1,52
Modell 1 dag i rad	13-14, 20-21, 27-28, 33-34	14***, 7, 7, 6	2,95	13-14, 20-21, 27-28, 32-33	14***, 7, 7, 6	1,48
Modell 2 dagar i rad	13-15, 20-22, 27-29, 32-34	14***, 7, 7, 6	3,10	13-15, 20-22, 27-29, 32-34	14***, 7, 7, 6	1,56
Modell 3 dagar i rad	13-16, 20-23, 27-30, 31-34	15***, 7, 7, 5	2,72	13-16, 20-23, 27-30, 30-33	15***, 7, 7, 4	1,50

* Dag i uppfödningssomgången för start och stopp av mätning av CO₂ och NH₃ koncentrationer. I modellen beräknades dygnsvärden av emissionen av NH₃ vid de olika måttillfällena. Medelvärde av aktuellt och föregående måttillfälles emission per dygn beräknades.

** I beräkningarna använd periodlängd. Periodens emission beräknades genom att periodlängden multiplicerades med medelvärdet av aktuellt och föregående måttillfälles emission per dygn.

*** Dag före insättning förutsattes emissionen av NH₃ vara noll

DISKUSSION

Generellt sett var NH₃ koncentrationerna låga under försöken (som högst ca 6 ppm) och emissionerna ökade markant först efter 2-3 veckors uppfödning. Vid fältmässiga studier finns det därför ingen anledning att uppskatta emissionen under uppfödningens första vecka/veckor

Uppmätta emissioner av NH₃ var också låga i studien. I studien uppmättes en NH₃ emission på 1,9 - 2,3 g/kyckling vid en uppfödning till ca 2 kg levande vikt vilket är betydligt lägre än de värden (6,2 g/kyckling) som uppmätts av Knizatova *et al.* (2010).

I studien uppmättes en CH₄ emission av storleksordningen 5,1 – 6,9 g/kyckling. I studien uppmättes vidare ingen eller mycket låga värden på emissionen av den potenta växthusgasen N₂O vilket var positivt. Sannolikt blir emissionen av CH₄ mindre om ströbädden kan hållas torr och lucker under hela uppfödningen och om temperaturen är lägre än den som hölls i försöken. Värden redovisade från försök med emissionsbegränsning i Australien (Wiedemann *et al.*, 2016) är betydligt lägre och det finns behov av att i framtida svenska försök studera hur man begränsar CH₄ emissionen. I de australiska försöken uppmättes däremot avsevärda emissioner av N₂O. Groot Koerkamp *et al.* (2011) redovisar värden från Nederländerna dels från mätningar och dels från en Nationell Inventeringsrapport (NIR) för olika system med låga emissioner (lågmissionssystem) och dessa värden är betydligt högre än i den aktuella för N₂O, men lägre för CH₄. Ett förslag till fältmässig modell för bestämning av NH₃ emission redovisas i detalj i Bilaga 1. Den test av modellen som gjordes visar att en relativt god uppskattning av emissionen kan göras med modellen. Ett generellt problem är låga koncentrationsskillnader mellan inne- och uteluften.

I den test av modellen som gjordes antogs NH₃ koncentrationen utomhus vara 0,8 ppm vilket kan vara ett rimligt värde i Europa. I den föreslagna modellen beräknas luftflöden med hjälp av en teoretisk CO₂-avgivning och uppmätt CO₂ koncentration i stallet. I studien kunde ingen ökning av CO₂ emissionen med ökad fukthalt i ströbädden konstateras vilket innebär att man med största sannolikhet inte behöver ta hänsyn till fukthalten i ströbädden vid uppskattning av CO₂ produktionen i stallet. I studien uppmättes högre

emission vid en viss vikt hos kycklingarna jämfört med vad som redovisas i CIGR (2002). Värdena i denna rapport (CIGR, 2002) bygger på äldre studier då kycklingarna växte långsammare och det är rimligt att en modern kyckling avger mer CO₂. I den modell som redovisas i CIGR (2002) avges 96% av CO₂ direkt från djuren och 4 % från ströbädden. I försöken var ströbäddens andel av CO₂ avgivningen ungefär lika stor (5%). Då CO₂ produktionen varierar stort under ett dygn är det viktigt att mätningar görs för hela dygn.

SLUTSATSER

Följande slutsatser kan dras av studien:

- Uppfödning av slaktkycklingar i svenska system med golvvärme kan göras med låg emission av ammoniak och i studien uppmättes emissionen 1,9 - 2,3 g/kyckling vid en uppfödning till ca 2 kg levande vikt.
- Växthusgasen metan kan bildas i ströbädden och i studien uppmättes emissionen 5,1 – 6,9 g/kyckling. I studien uppmättes ingen eller mycket låg emission av den potenta växthusgasen lustgas vilket var positivt.
- Fukthalten i ströbädden har stor påverkan på gasavgivningen och i studien ökade emissionen av ammoniak, metan och lustgas med ökande fukthalt. Låg emission av ammoniak uppmättes då ströbäddens fukthalt var lägre än 35%.
- En relativt god uppskattning av ammoniakemissionen från ett slaktkycklingstall kan göras med en enklare modell där koldioxid och ammoniak mäts i stallet vid olika tidpunkter av uppfödningen och luftflöden beräknas med koldioxidbalans.

Förhållanden i ströbädden påverkar gasavgivningen och det vore intressant att i framtida svenska studier undersöka hur emissionen av metan kan begränsas samtidigt som emissionen av ammoniak och lustgas hålls låg. För att begränsa emissionen av ammoniak bör man som uppfödare sträva efter att hålla ströbädden så torr som möjligt. System med luftcirkulation ner över ströbädden ökar avdunstningen och torkar ut och har potential att reducera avgivningen av ammoniak såväl som avgivningen av klimatgaser.

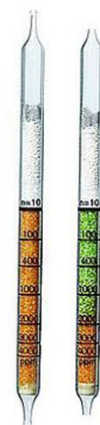
BILAGA 1, MODELL FÖR ENKLARE FÄLTMÄSSIG MÄTNING AV AMMONIAKEMISSION

Förslag för mätning med diffusionsrör då stallet är rent före insättning och då uppfödning sker under en period på maximalt 35 dagar. Beräkningar görs lämpligen i ett kalkylark typ Excel.

1. Gaskoncentrationer

- Mät koncentrationerna av CO₂ (CO₂_{inne}) och NH₃ (NH₃_{inne}) i stallet på en plats intill en frånluftsfläkt som går kontinuerligt.
- Gör mätningar runt uppfödningssomgångens dygn 14, 21, 28 och sista dygnet.
- Diffusionsrör sätts in i stallet under en period av en eller två dagar runt ovanstående dygn.
- Anpassa och anteckna tider för uppsättning och avläsning så att uppmätning i möjligaste mån görs för hela dygn (24 timmarsperioder).
- Märk aktuell nivå (ppm-timmar) på rören med spritpenna då rören tas ut ur stallet och aväs värden.
- Antag att koncentrationen av CO₂ i uteluften (CO₂_{ute}) är 410 ppm och att koncentrationen av NH₃ i uteluften (NH₃_{ute}) är 0,8 ppm.
- Om det finns anledning att tro att koncentrationerna i uteluften avviker från ovanstående värden görs mätningar med diffusionsrör även i uteluften i anslutning till stallets luftintag.

Beräkna medelkoncentrationer av CO₂ och NH₃ för dygn 14, 21, 28 och sista dygnet genom att dividera avlästa värden (ppm-timmar) med antalet timmar som röret befunnit sig i stalluften.



Gasdetektorer (Dräger®). Färgförändring sker då en gas reagerar med kristallerna.

2. Stalltemperatur

- Bestäm medelvärdet av stalltemperatur (t) i kycklingarna vistelsezon under dygn då mätningar av gaskoncentrationer gjorts (uppfödningens dygn 14, 21, 28 och sista dygnet).

3. Beräkning av NH₃ emission för dagar då gaskoncentrationer mätts upp

Bestäm slaktkycklingarnas medelvikt m (från tillväxtkurva eller uppmätta värden) under dygn då mätningar av gaskoncentrationer gjorts (uppfödningens dygn 14, 21, 28 och sista dygnet). Beräkna en teoretisk CO₂ produktion och för en slaktkyckling under dygn då mätningar av koncentrationer gjorts (uppfödningens dygn 14, 21, 28 och sista dygnet) med följande formel:

- a. Beräkna slaktkycklingars totala värmeproduktion ($\Phi_{tot,20}$) vid 20 °C i stallet med formeln:

$$\Phi_{tot,20} = 10,62 \cdot m^{0,75}$$

Där:

$\Phi_{tot,20}$ = Total värmeproduktion för en slaktkyckling vid 20 °C, W

m = Djurets vikt, kg

- b. Beräkna slaktkycklingars totala värmeproduktion ($\Phi_{tot,t}$) för aktuell uppmätt stalltemperatur (t) med formeln:

$$\Phi_{tot,t} = \Phi_{tot,20} \cdot \left(1 + \frac{20 \cdot (20 - t)}{1000}\right)$$

Där:

$\Phi_{tot,t}$ = Total värmeproduktion för en slaktkyckling vid temperaturen t °C, W

$\Phi_{tot,20}$ = Total värmeproduktion för en slaktkyckling vid 20 °C, W

t = temperatur, °C

- c. Beräkna slaktkycklingars CO₂ produktion (CO_{2,prod}) med formeln

$$CO_{2,prod} = \Phi_{tot,t} \cdot \frac{0,185}{1000} \cdot 1,173 - 0,08$$

Där:

CO_{2,prod} = CO₂ produktion för en slaktkyckling, m³/h

$\Phi_{tot,t}$ = Total värmeproduktion för en slaktkyckling vid temperaturen t °C, W

4. Beräkna ventilationsflöden (q_{kyckl}) per slaktkyckling under dygn då mätningar av koncentrationer gjorts (uppfödningens dygn 14, 21, 28 och sista dygnet) med följande formel:

$$q_{kyckl} = \frac{CO_{2,prod}}{(CO_{2,inne} - CO_{2,ute}) \cdot 10^{-6}}$$

Där:

q_{kyckl} = Ventilationsflödet per kyckling, m³/h

CO_{2,prod} = CO₂ produktion för en slaktkyckling, m³/h

CO_{2,inne} = CO₂ koncentrationen i stallet (frånluften), ppm

CO_{2,ute} = CO₂ koncentrationen ute, ppm

5. Beräkna NH₃ emissionen (NH_{3,kyckl}) under dygn då mätningar av koncentrationer gjorts (uppfödningens dygn 14, 21, 28 och sista dygnet) med följande formel:

$$NH_{3,kyckl} = \frac{q_{kyckl} \cdot (NH_{3,inne} - NH_{3,ute}) \cdot 0,7}{3600}$$

Där:

NH_{3,kyckl} = NH₃ emission, mg/s per kyckling

q_{kyckl} = Ventilationsflödet per kyckling, m³/h

NH_{3,inne} = NH₃ koncentrationen i stallet (frånluften), ppm

NH_{3,ute} = NH₃ koncentrationen ute, ppm

6. Beräkna emissionen av NH₃ för olika perioder av uppfödningen (0-14 dagar, 14-21dagar, 21-28 dagar och 28-sista dygnet) genom att multiplicera periodens längd med medelvärdet av emissionsvärden vid periodens början och slut.

7. Beräkna uppfödningens totala emission genom addition av värden för delperioderna