



Koldioxidavlivning av värphöns i inhysningsstallar

Studier av tekniska faktorer samt bedövnings- och avlivningskvalitet vid gasning

*Whole-house killing of spent hens using carbon dioxide
Studies of technical aspects and quality of stunning and killing during gassing*

**Sven Nimmermark, Viveca Sandström,
Charlotte Berg, Bo Algiers**



**Sveriges lantbruksuniversitet
Institutionen för husdjurens miljö och hälsa
Avdelningen för husdjurshygien**

Skara 2010

Rapport 29

*Swedish University of Agricultural Sciences
Department of Animal Environment and Health
Section of Animal Hygiene*

Report 29

ISSN 1652-2885

Koldioxidavlivning av värphöns i inhysningsstallar
Studier av tekniska faktorer samt bedövnings- och avlivningskvalitet vid
gasning

Whole-house killing of spent hens using carbon dioxide
Studies of technical aspects and quality of stunning/killing during gassing

Sven Nimmermark², Viveca Sandström¹, Charlotte Berg¹, Bo Algers¹

Rapport till Jordbruksverket

¹ Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för husdjurens miljö och hälsa, Avdelningen för husdjurshygien, Box 234, 532 23 Skara

² Sveriges lantbruksuniversitet, Lantbrukets byggnadsteknik (LBT), LTJ-fakulteten, Box 86, 230 53 Alnarp

INNEHÅLL

FÖRORD	5
1. INLEDNING	6
2. PROJEKTETS SYFTE	10
3. BAKGRUND	11
4. MATERIAL OCH METODER	17
4.1 Delstudie 1. Teknisk undersökning	17
4.1.1 Gård 1	17
4.1.2 Gård 2	19
4.1.3 Gård 3	20
4.2 Delstudie 2. Bedövnings- och avlivningseffekt i förhållande till temperatur och koldioxidnivå	24
4.2.1 Gård 4	25
4.2.2 Gård 5	26
5. RESULTAT	29
5.1 Delstudie 1	29
5.1.1 Gård 1	29
5.1.2 Gård 2	32
5.1.3 Gård 3	34
5.1.4 Spridning av koldioxid	37
5.1.5 Teoretisk ökning av koldioxidhalt vid olika luftväxlingstal	40
5.2 Delstudie 2	44
5.2.1 Gård 4	44
5.2.2 Gård 5	48
6. DISKUSSION	53
6.1 Mängd koldioxid för avlivning i stall	53
6.2 Metod för gastillförsel	54
6.3 Gaskoncentrationsförändring på olika platser i stallet	60
6.4 Säkerhetsaspekter	61
6.5 Bedövnings- och avlivningseffekt	61
7. SLUTSATSER	66
7.1 Slutsatser och rekommendationer med avseende på tekniska aspekter	66
7.2 Slutsatser och rekommendationer med avseende på djurvälståndaspekter	67
8. SAMMANFATTNING	69
9. SUMMARY	73

TACK	76
LITTERATUR	77

FÖRORD

Till projektet “Koldioxidavlivning av värphöns i inhysningsstallar” har medel beviljats av Jordbruksverket. Huvudsökande var professor Bo Algers, Sveriges Lantbruksuniversitet, Skara. Projektet är ett samarbete mellan forskare vid institutionen för husdjurens miljö och hälsa (HMH) i Skara och institutionen för lantbrukets byggnadsteknik (LBT) i Alnarp.

Sven Nimmermark, LBT, har författat de tekniska delarna av denna rapport och genomfört huvuddelen av arbetet med att ta fram underlag till dessa. Krister Sällvik och Gösta Gustafsson vid LBT var, tillsammans med forskare vid institutionen för husdjurens miljö och hälsa i Skara, delaktiga vid initieringen av projektet och har också bidragit till projektets genomförande, huvudsakligen genom medverkande vid planering av de tekniska delarna. Charlotte Berg, HMH, har bistått med värdefull kunskap och har också deltagit vid praktiska mätningar och i den skrivande processen. Även Annika Kulle, LBT, har medverkat vid genomförande av de praktiska delarna. Viveca Sandström, HMH, utförde beteendestudier vid gasning och medverkade i den skrivande processen.

Skara och Alnarp april 2010

Bo Algers, Charlotte Berg, Sven Nimmermark, Viveca Sandström

1. INLEDNING

Dagens värphöns producerar ägg till en ålder av c:a 75-80 veckor, varefter flocken avlivas eller slaktas och ersätts med unga, produktiva höns. I detta sammanhang brukar man benämna de äldre djuren som "uttjänta" eller utslagshöns. Alltsedan de senaste 60 årens utveckling av den moderna kötttraskycklingen har marknaden för kött och andra produkter från värphöns försämrats. Uttjänta värphöns har också relativt skör benstomme, vilket bland annat medför köttkvalitetsproblem till följd av skador från benfragment och djurskyddsproblem kopplat till risken för frakturer i samband med utlastning och transport. I många länder har utslagshöns idag inget ekonomiskt värde, utan att göra sig av med dem innebär istället både kostnader och arbete för producenten.

Det finns en rad tillåtna metoder för avlivning av värphöns (se t.ex. Atkinson, 2003; Odelros & Granström, 2010; SJVFS 2008:69, Saknr L22), men för produktionsbesättningar bestående av ett par tusen upp till tiotusentals djur krävs en effektiv avlivning eller slakt. Detta utförs vanligen på slakteri med hjälp av elektrifierat vattenbad, följt av halsstick för avblodning. För gasbedövning med efterföljande avlivning kan olika gaser användas, såsom koldioxid, kvävgas eller argon, eller blandningar av dessa. I Sverige är både bedövning och avlivning av höns med koldioxid tillåtet.

Ett alternativ till slakt är att avliva uttjänta höns i de stall där de hålls, genom att administrera gas direkt i byggnaden. Detta tillvägagångssätt har använts det senaste årtiondet och var ursprungligen ett sätt att angripa problemet med massavlivning i samband med smittsamma sjukdomsutbrott, såsom vid fågelinfluensautbrottet i Nederländerna under 2003. Tidigare har gasning med cyanväte använts, men detta är bl.a. av tillgänglighets-, djurskydds- och arbetarskyddsskäl inte längre aktuellt. Tidigare krävdes särskilda skäl och dispens från myndigheterna för att få avliva höns med koldioxid i stallet, men sedan några år tillbaka är metoden allmänt tillåten (SJVFS 2008:69, Saknr L22; Berg, 2007; Berg & Yngvesson, 2007).

Användning av koldioxidgasning har visat sig ha fördelar både ur kostnads- och arbetsynpunkt samt även ur djurvälståndssynpunkt. Koldioxid är inte toxiskt, vilket innebär att det inte medför några direkta faror för djur och människor i omgivningen, när det späts ut med omgivande luft till låga koncentrationer. Ur miljösynpunkt (klimatsynpunkt) anses denna typ av gasanvändning vara acceptabel då den koldioxid som används vanligen genereras som en biprodukt vid framställning av exempelvis gödningsmedel eller sprit.

Höga halter av koldioxid i den normala miljön för produktionsdjur måste förstås undvikas liksom i arbetsmiljön. Gränsvärdet för koldioxid i djurstallar är 3000 ppm (Djurskyddsmyndigheten, 2007). Det hygieniska gränsvärdet för koldioxid är 5000 ppm eller 0,5 % för arbete under en 8-timmarsdag (Arbetsmiljöverket, 2005). Då det gäller människor innebär värden över 40 000 ppm fara för livet och måste undvikas (New Jersey Department of Health & Services, 2001). Vid koldioxidavlivning används betydligt högre halter än så.

En flock som ska transporteras till slakt måste fångas in med hjälp av handkraft, placeras i transportburar och köras till slakteri. Dessa arbets- och kostnadskrävande moment undviks vid gasning i djurstallar, där arbetet istället består i att förbereda och assistera gasning samt att plocka ut och transportera döda djur till destruktion (eller annan användning om sådan är möjlig). Vid insamling av levande höns inför transport föreligger stora välfärdsrisker för djuren i form av stresspåverkan, mjukdelsskador och brutna ben. Under transport föreligger även risk för t.ex. extrem temperaturpåverkan. Slakteriförfarandet, där fåglarna hängs upp och

ned i benen på linjen inför bedövning, innebär stress för djuren och har konstaterats orsaka smärta till följd av upphängning och ibland även p.g.a. elektrisk kontakt med andra kroppsdelar än huvudet innan medvetslöshet inträder i samband med elbedövningen. Undvikande av infångning, transport och elbedövning innebär alltså stora fördelar för djurvälståndet, förutsatt att avlivning på plats sker på ett djurskyddsmässigt acceptabelt sätt.

Koldioxidavlivning av fjäderfä är huvudsakligen studerat under förhållanden där gas administreras i mer eller mindre kontrollerad atmosfär i ett begränsat utrymme (s.k. Controlled Atmosphere Stunning, CAS), och gaskoncentrationen i testutrymmet har kunnat anpassas till en bestämd nivå inom bestämd tid (se t.ex. Coenen *et al.*, 2009; Gerritzen *et al.*, 2007; Webster & Fletcher, 2004; Webster & Fletcher, 2001). Detta kan åstadkommas exempelvis på slakterier som utnyttjar gas vid bedövning, där man ofta har tunnelsystem för gasadministrering. Så kallade MAK-system (Modified Atmosphere Killing Unit), där en större mängd djur kontinuerligt placeras i gasfyllda containrar av varierande storlek har också studerats (se t.ex. Atkinson & Algers, 2006; Webster & Fletcher, 1996). Endast ett fåtal studier behandlar situationer där gas administreras direkt i stallar och vid sådana studier har gas huvudsakligen tillförts byggnader med burhönssystem (se t.ex. McKeegan *et al.*, 2009). Atkinson & Algers (2006) studerade gasning av frigående höns i flervåningssystem och belyste då problemen med risk för förfrysning och trauma hos djur som befinner sig nära gasinförseln. I studien jämfördes gasens effekt på olika höjd och man fann att höns på högre nivå genomgick stadier av mer utdragen gaspåverkan. Dock beskrivs i studien en teknisk problematik kring den dimbildning som sker till följd av koldioxidtillförseln i stallet, vilket försvårade beteenderegistrering via videofilm. Studien belyste behovet av utökad forskning i lösgående system, bl.a. för att bättre förstå temperaturförlopp och gasspridning samt sambanden mellan dessa faktorer och djurens beteende under avlivning. Nämnade frågeställningar föranledde den aktuella studien, där man har undersökt gasens fördelning samt vilka koncentrationer som uppnås vid tillförsel i olika typer av hönsstallar. Utöver den tekniska delen gjordes även beteendestudier i två stallar för att generera bättre kunskap om hur djuren reagerar under gasning och då framför allt de djur som befinner sig längst bort från gasinsläppet och på en hög nivå i stallet.

Avlivning av fjäderfä regleras i svensk djurskyddslagstiftning (Djurskyddslagen, 1988:534 samt Djurskyddsförordningen, 1988:539) och därtill hörande föreskrifter och allmänna råd om slakt och annan avlivning av djur (SJVFS 2008:69; Saknr L22). Bestämmelser om slakt och om offentlig kontroll i samband med slakt finns även i en rad EG-förordningar som behandlar livsmedelshygien. I slakt- och avlivningsföreskrifterna (SJVFS 2008:69) 6 kap. 32-34§ framgår att höns som avlivas med koldioxid i en kontrollerad miljö, såsom i tunnel på slakteri, ska utsättas för 35–45 procent koldioxid under minst 60 sekunder och därefter för 75–85 procent koldioxid under minst 120 sekunder. Vidare ska koldioxidkoncentrationen i bedövningsutrymmet kunna registreras och övervakas och utrymmet ska kunna inspekteras under drift. Efter utförd bedövning på slakteri ska en kontroll göras av att djuret är bedövat.

I 8 kapitlet i samma föreskrifter behandlas koldioxidavlivning genom exponering i stall. Av 19 § framgår bland annat följande:

- Byggnaden ska tätas före gasinsläpp.
- När gasen släpps på får djuren inte träffas direkt av gasstråle under hårt tryck.
 - Ett allmänt råd ges om att insläppen bör vara så placerade eller utformade att djuren inte kan träffas direkt av den inkommande, koncentrerade gasstrålen. Innan gasen släpps på bör därför området närmast gasinsläppet spärras av på ett sådant sätt att inga fåglar kan vistas närmare insläppet i munstyckets riktning än 10 meter. Alternativt kan insläppen riktas snett uppåt, eller flera parallella gasinsläpp eller en inre fördelare användas för att snabbt fördela gasen i huset.
- En koldioxidhalt om minst 80 % ska uppnås. Halten ska sedan bibehållas på en nivå om minst 60 % under ytterligare minst 60 minuter.
 - Av allmänt råd framgår att mängden koldioxid (kg) för att uppnå 80 % koncentration kan beräknas med hjälp av formeln $[\text{stallvolym (m}^3) \times 1,8 \times 0,80]$.
 - För att inte ett alltför kraftigt övertryck ska uppstå i byggnaden ges ett allmänt råd om att det bör finnas öppningar i byggnadens översta del så att luft kan passera ut när gasen släpps på. Gasen bör tempereras genom förvärmning.
- Gashalten i stallet ska kunna mätas vid behov.
- Visuell inspektion av djuren ska kunna ske under avlivningen.
- Avlivningen ska övervakas av en veterinär från det att gasen släpps på till det att utrymmet öppnats och resultatet kan inspekteras. Veterinären ska godkänna den gjorda beräkningen av mängden koldioxid som ska användas vid avlivningen innan gasinsläppet påbörjas.
- Vid förprövningspliktig nybyggnation av höns- och kalkonstallar ska fast genomföringsrör för gasinsläpp installeras.

Som framgår av ovanstående finns för avlivning i stallar inget direkt krav på fast installation av koldioxidmätare och övervakning av sådana mätare under bedövning/avlivning, såsom för gasning i tunnel; däremot krävs att stallutrymme fylls till en koldioxidhalt av 80 %, för att sedan bibehållas på 60 % i minst en timme. För att säkerställa att sådana halter uppnås och bibehålls måste de rimligen mätas. I praktiken utgår man dock från att om mängden koldioxid beräknats korrekt och huset tätats på ett tillfredsställande sätt så uppnås en koncentration om 80 %. Man räknar sedan med att ett visst läckage förekommer, varför halten tillåts sjunka under den närmsta timmen, under förutsättning att det fortfarande hålls på minst 60 %, vilket är tillräckligt för att djuren ska bli avlivade. Samtidigt behövs ökad kunskap om koldioxidgasning i stallar, för att kunna förutsäga gasens beteende och spridning i förhållande till byggandens förutsättningar (vilket inkluderar ventilation, naturlig otäthet och förebyggande tätning) samt yttre väderleksförhållanden. Genom sådana kunskaper skulle generella riktlinjer för gasning i specifika byggnadstyper/byggnadsförutsättningar kunna utarbetas.

Den formel som idag används för att beräkna tillförd gasmängd är framtagen av den centrala myndigheten och har visat sig generellt fungera bra i praktiken både vid smittskydds-

avlivningar och planerade avlivningar av uttjänta värphöns (Berg, 2009). För att ånyo fastställa en rekommenderad tillförd mängd bör dock större hänsyn tas till ovan nämnda byggnadstekniska faktorer.

Kravet på att avlivningen ska kunna inspekteras kan uppfattas som otydligt och är i praktiken mycket svårt att uppfylla, dels p.g.a. att man av säkerhetsskäl inte kan befinna sig i utrymmen där koldioxid riskerar att spridas ofrivilligt, men även p.g.a. att den dimma som bildas i stallet till följd av koldioxidgasen oftast omöjliggör visuell inspektion via t.ex. fönster. Således saknas idag möjlighet till övervakning för att säkerställa djurvälståndet under gasning. Den visuella kontrollen begränsas därför i praktiken till att notera att gasen sprids i byggnaden samt att djurgruppen till synes är avlivad vid gasningens slut, medan det är mycket svårt att bedöma förloppet hos enskilda djur.

Genom att bättre kunna förutsäga och kontrollera gaskoncentration och spridning kan även bättre kunskap och förutsägbarhet genereras i förhållande till bedövnings- och avlivningseffekt. Detta kan i sin tur medföra möjlighet till förbättringar ur djurvälståndssynpunkt, såväl som ur ekonomisk synpunkt, genom kostnadseffektivisering av gasningsförfarandet. Behovet av kunskapsökning inom dessa områden ligger till grund för den aktuella studien.

2. PROJEKTETS SYFTE

Syftet med projektet var att studera spridning och tekniska aspekter vid koldioxidavlivning av värphöns, att identifiera problem samt att i möjligaste mån utöka kunskapsgrunden för att förbättra teknik och djurvälstånd vid situationer där koldioxid används i inhysningsstallar. Projektets målsättningar kan, enligt nedan, delas in i de tekniskt fysikaliska (1-5), den biologiskt toxiska (6) samt i förslag till anvisningar (7) och generell kunskapsökning (8).

1. Teoretiskt beräkna erforderlig mängd CO₂ i stallutrymmen för att på ett godtagbart sätt kunna avliva fjäderfä.
2. Undersöka var i lokalen, med vilket flöde och under hur lång tid CO₂-gas ska tillföras för att uppnå bestämda koncentrationer i djurens uppehållszon.
3. Undersöka hur utrymmet skall tätas respektive placering av frånluftöppningar för att bästa möjliga fördelning av koldioxid skall erhållas.
4. Kartlägga CO₂-koncentrationens förändring över tid och på olika platser vid tillförelse av CO₂ i byggnad av typen fjäderfästall.
5. Studera gaskoncentrationer och temperaturförlopp i olika delar av ett stall vid avlivning av utslagshöns med CO₂.
6. Studera bedövningskvalitet och avlivningseffekt vid olika situationer när CO₂ administreras i byggnader.
7. Ge tydliga anvisningar för hur fjäderfästallar kan tätas och hur CO₂ ska tillföras för att snabbt uppnå bedövning och letal koncentration av CO₂.
8. Börja bygga upp kompetens för att kunna bedöma bedövningskvalitet och avlivningseffekt och följa utvecklingen av olika bedövnings- och avlivningsmetoder på gård.

I den ursprungliga projektplanen ingick även målsättningen att studera koldioxidavlivning i transportfordon, vilket är aktuellt vid t.ex. trafikolyckor, där behov finns av att snabbt avliva djur på plats. Dessa delar prioriterades bort efter samråd med SJV, då full kostnadstäckning för hela projektet inte kunde erhållas.

En av projektets deltagare (Lotta Berg) har i anslutning till projektet även medverkat i ett samnordiskt projekt, finansierat av Nordiska Ministerrådet, om avlivning av kalkon, anka och gås på gården i samband med utbrott av smittsamma sjukdomar i flocken. Detta projekt redovisas dock i annan form under ledning av den danska gruppen vid Fødevarestyrelsen, som koordinerat det projektet.

3. BAKGRUND

Omfattande forskning har under de senaste 20 åren bedrivits för att undersöka vilken gas eller blandning av gaser samt vilka koncentrationer som är bäst lämpade för bedövning inför slakt alternativt avlivning av fjäderfän. Vid genomgång av litteratur inom detta område tycks det finnas en överensstämmande uppfattning hos de flesta forskare om att gasning generellt sett utgör ett mycket gott alternativ till traditionell el-bedövning, framför allt ur djurvälståndssynpunkt, men även ur andra aspekter, såsom ekonomiska och arbetsmiljömässiga. Resultat och slutsatser angående hur olika gaser, blandningar och koncentrationer påverkar djuren under bedövnings- och/eller avlivningsförloppet går dock i många avseenden isär.

Användande av just CO₂ anses ofta ha praktiska fördelar, såsom att den i låga koncentrationer är ofarlig för människor och djur, att gasen är förhållandevis lätt tillgänglig, samt att den jämfört med andra tänkbara gaser är relativt billig och lätthanterlig.

I de flesta studier jämförs effekten av rena gaser eller blandningar som innehåller CO₂ eller en ädelgaskomponent (vanligen argon (Ar) eller kväve (N)) i varierande koncentrationer. Blandningar av CO₂+ädelgas har också studerats. Användandet av ädelgas tränger undan luftens syre och ger alltså en miljö med syrebrist, medan CO₂, som har en anestetisk verkan, blandas med luften och ger vad som brukar benämnas ”hypercapnic hypoxia” (syrebrist som uppstår vid höga koldioxidhalter). När ädelgas och CO₂ används tillsammans ger detta således ”hypercapnic anoxia”, d.v.s. anestetisk verkan samt syrebrist. CO₂ med inblandning av höga halter syre har också studerats, vilket ger s.k. ”hypercapnic hyperoxygenering” (kombination av höga koldioxid- och höga syrehalter; för närmare beskrivning av olika gasningsförfaranden se t.ex. Barton-Grade *et al.*, 2001). I texten nedan jämförs framförallt användandet av CO₂ och Ar, vilket också uppfattas som en vanlig utgångspunkt för forskning inom området, där man undersöker för- och nackdelar med metoder som antingen bygger på att syrehalten minskas drastiskt genom tillförsel av inerta gaser eller på att koldioxid (och ibland även syre) tillförs.

Det viktigaste välfärdsrelaterade problemet som nämns i samband med CO₂-användning är att gasen uppfattas negativt av djuren och orsakar en period av kraftig andningspåverkan innan medvetlöshet inträder. I diskussioner kring Ar, och i viss mån även andra ädelgaser, belyses ofta problemet med kraftiga konvulsioner (ofta i form av vingflaxande), som anses kunna orsaka stress och lidande hos djuret. Ytterligare en central frågeställning är huruvida djuren är vid medvetande under faser med andningssvårigheter och konvulsioner. Såsom uttryckts av t.ex. McKeegan och kollegor (2007a) är tolkningen av beteendesvar samt kunskapen om djurens medvetandegrad avgörande för djurvälståndet och därmed också för bedömningen av vilken gasningsmetod som är att föredra.

I samband med stallavlivning med CO₂ belyses även risken för stark nedkyllning eller förfrysning hos höns i området nära gasinförseln. CO₂ distribueras flytande vid högt tryck och låg temperatur och när vätskan expanderar i stallet förångas den till stor del, varvid kall (-78 °C) koldioxidsnö/dimma bildas. Själva gasstrålen är alltså mycket kall och ger kraftig temperatursänkning i stallet, framför allt i närheten av gastillförselröret. Gasen pumpas in i stallet under högt tryck, vilket även ger risk för att djur träffas och skadas av den inkommande strålen. Tidigare studier har visat att oförsiktig tillförsel av gas, där strålen riktas direkt mot djurens uppehållszon, såsom t.ex. mot värpreden, har orsakat förfrysning och traumatiska skador till följd av att djuren slungats iväg av strålen (Atkinson & Algiers, 2006). McKeegan

och kollegor (2009) fann dock vid stallavlivning av burhöns med koldioxid att djuren inte uppvisade symtom på kraftig nedkyllning, även där temperaturen sjönk under noll grader. Atkinson & Algers (2006) understryker dock vikten av att skärma av området närmast införseln vid gasning i frigående system eller att på annat sätt förhindra att djuren träffas av den hårda gasstrålen, vilket också är ett krav enligt svenska djurskyddsbestämmelser.

Hönsfåglars aversion mot CO₂

CO₂ har en anestetisk effekt (se t.ex. Forslid, 1986; Andrews *et al.*, 1993) som ofta antas reducera känsligheten hos fåglarna under gasning. Många forskare anser dock att fåglar hinner uppleva gasens obehagliga och stressande verkan innan den anestetiska effekten inträder (se t.ex. Raj *et al.*, 1992; Raj & Gregory, 1993). Det har nämnts att hönsfåglar saknar luktkänslighet för CO₂ men att andra typer av receptorer i luftvägarna tros kunna signalera närvaron av högre halter (McKeegan *et al.*, 2006). Hönsfåglar tycks kunna detektera CO₂ redan vid från avlivningssynpunkt låga koncentrationer (5-7,5 %) (Raj & Gregory, 1991; Gerritzen *et al.*, 2007) och de har visats undvika atmosfärer med över 7,5 % koldioxid (Raj & Gregory, 1991). Dock nämner Webster & Fletcher (2001, opublicerat material) data som visade att majoriteten av höns inte undvek 48 % CO₂ för att nå föda. Även andra studier visar att höns och kycklingar som är motiverade att äta inte undviker nivåer på upp till 60-70 % för att nå föda (Webster & Fletcher, 2004, McKeegan *et al.*, 2006). Likaså har kycklingar, som isolerats från sin flock, visat hög motivation att passera en tunnel fylld med upp till 60 % koldioxid, mot en synlig flockmedlem (Gerritzen *et al.*, 2000). Sammanfattningsvis kan sägas att studierna visar på svårigheterna i genomförandet av aversionstester och man kan konstatera att motivation till födointag, social interaktion eller undvikande av social konflikt i hög grad påverkar huruvida hönsfåglar undviker CO₂. McKeegan och kollegor (2007a) konkluderade att aversionen t.o.m. mot höga gaskoncentrationer endast är mild till medelstark; ett antagande som även stöds av Webster och Fletcher (2001). Trots generellt låg aversionsgrad konstaterade dock McKeegan och medarbetare (2006) att aversionen ökade med CO₂-koncentrationen. Jämfört med argon har hönsfåglar visats undvika CO₂ i högre utsträckning (McKeegan *et al.*, 2006; Webster & Fletcher, 2004).

Huvudskakning

Hönsfåglar som exponeras för CO₂ uppvisar ofta i ett tidigt stadium beteenden som indikerar påverkan på respiration och andningsvägar. En mycket omdiskuterad sådan indikator är huvudskakning. Många forskare anser att beteendet tyder på att fågeln känner av högre CO₂-koncentrationer p.g.a. stimulus av smärtreceptorer i näbb-, mun- och svalgslemhinnor. Hos människor har en smärttröskel i nässlemhinnan i en studie konstaterats vid c:a 45 % CO₂ (Anton *et al.*, 1992, citerad i Webster & Fletcher, 2004) och i andra studier har irritation i näsan konstaterats uppträda vid betydligt lägre koldioxidhalter. Det har föreslagits att beteendet med huvudskakning har en uppiggande effekt och att det utförs av fågeln för att ”kvickna till” när den börjar bli yr eller känner av den anestetiska verkan (se t.ex. Hughes, 1983). Webster och Fletcher (2001) stödjer den senare tesen i och med att man funnit att huvudskakning börjar först efter en stunds exponering, då djuren redan börjat få andningssvårigheter. De menar att beteendet skulle ses tidigare, om det indikerade irritation av slemhinnor. McKeegan och kollegor (2006) konstaterade att huvudskakning även ses i samband med argonexponering, men då inte i samband med kippande efter luft, vilket ansågs stödja antagandet att beteendet inte är kopplat till andningssvårigheter. I en senare studie såg dock samma forskargrupp (McKeegan *et al.*, 2007a) huvudskakning som en tidig respons i samband med andningsrelaterade symtom. Andra har uttryckt att beteendet kan användas som en indikator på obehag, oavsett om det relaterar till smärta eller tillkvicknande (Gerritzen *et al.*, 2007).

Symtom på andningssvårigheter

Många studier visar att symtom på andningssvårigheter hos hönsfåglar är starkt relaterade till högre nivåer av CO₂ (Coenen *et al.*, 2009; Sandilands *et al.*, 2009; Gerritzen *et al.*, 2007; McKeegan *et al.*, 2007a; Gerritzen *et al.*, 2004; Webster & Fletcher, 2001; Lamboij *et al.*, 1999; Raj & Gregory, 1994). Den tydligaste indikatorn beskrivs som ett karaktäristiskt kippande (eng. "gasping") med öppen näbb och sträckt hals. Många hävdar att kippande kan likställas med känslan av andfäddhet och andnöd och eventuellt också smärtförmimmelser, såsom upplevts hos människor vid gasinhalation.

Ädelgaserna uppfattas generellt ha mindre påverkan på respirationen under gasning än CO₂. Vissa studier visar att gasblandningar som innehåller argon inte ger några symtom kopplade till andningspåverkan (McKeegan *et al.*, 2006; Gerritzen *et al.*, 2000) medan andra visar på låg grad av symtom (Coenen *et al.*, 2009; McKeegan *et al.*, 2007a; Webster & Fletcher, 2001; Gerritzen *et al.*, 2000; Lamboij *et al.*, 1999). McKeegan och kollegor (2007a) observerade skillnader mellan exponering för CO₂ och argon och menade att CO₂ orsakade omedelbar djupandning medan argon gav en fördröjd respons, med gapande och perioder av andningsuppehåll. Vissa forskare är skeptiska till andningssymptomens betydelse som indikatorer för djurvälstånd. De menar att djuren skulle visa större tendens att undvika miljöer med CO₂ om dessa beteenden innebar starkt obehag eller lidande (McKeegan *et al.*, 2006; Webster & Fletcher, 2004). Coenen och medarbetare uttryckte så sent som 2009 att det behövs fortsatt utredning av andningssymptomen och dess betydelse för djurvälståndet i samband med gasbedövning och -avlivning.

Kraftiga konvulsioner

En annan generell uppfattning är att ädelgaser, och då framför allt argon men även kväve, orsakar mer och kraftigare konvulsioner (främst i form av vingflaxande) än CO₂ (se t.ex. McKeegan *et al.*, 2007a-b; Webster & Fletcher, 2001; Lamboij *et al.*, 1999; Berg 2010, opubl. data). Lamboij och medarbetare (1999) visade att blandningar av Ar+CO₂ orsakade något mer konvulsioner än ren argon. Coenen och medarbetare (2009) föreslog i motsats till detta att inblandning av CO₂ kan minska förekomsten av konvulsioner vid Ar-gasning. McKeegan och kollegor (2007b) konstaterade betydligt högre förekomst av brutna ben efter avlivning med Ar+CO₂ jämfört med CO₂+O₂. Kraftiga konvulsioner kan medföra lidande hos de djur som skadar sig, men även hos djur runtomkring, som kan uppleva stress och träffas av stötar och slag (Webster & Fletcher, 2004; Coenen *et al.*, 2009).

Medvetlöshet

Många ansträngningar har gjorts för att ta reda på om potentiellt stressande eller smärtsamma beteenderesponser visas under stadier där fåglarna är vid medvetande, vilket framförallt har studerats med hjälp av elektroencefalogram (EEG).

Raj och Gregory (1990c) visade tidigt att hönor helt förlorar medvetandet efter c:a 80-120 sekunder i atmosfär med 45 % koldioxid. Vissa resultat tyder på att medvetande inte kan uteslutas när djur uppvisar t.ex. kippande, huvudskakning och konvulsioner i form av vingflaxande (McKeegan *et al.*, 2009; Lamboij *et al.*, 1999). Gerritzen och medarbetare (2007) observerade att bland annat huvudskakning och kippande förekom redan 2,5-3 minuter innan medvetlöshet. Andra resultat visar däremot att en stor del av t.ex. kippandet sker när djuren kan bedömas som medvetlösa (Coenen *et al.*, 2003, citerad i Fernandez, 2004). Tidiga studier har visat att konvulsioner sker under perioder av medvetlöshet (Raj & Gregory, 1990b). Dock har Coenen och medarbetare (2009) funnit att tecken på upprördhet och stress (såsom vingflaxande och konvulsioner) under exponering för ädelgaser pågick då man genom

EEG inte kunde utesluta ett visst medvetande, vilket även stöds av t.ex. Webster och Fletcher (2004). Lambooij och kollegor (1999) fann att djur vid argonexponering endast flaxade mer i ett sent skede, efter att de fallit omkull, jämfört med CO₂. McKeegan och kollegor (2007a) observerade det motsatta; att kraftiga vingrörelser pågick i medvetna perioder vid argongasning, medan sådana rörelser skedde senare i CO₂, då EEG tydde på medvetlöshet. Webster och Fletcher (2004) har beskrivit djur som mer alerta under argongasning och troligen medvetna även efter att de förlorat fotfästet. Av ovanstående framgår att medvetandegraden under olika gasningsförlopp ännu inte är helt klarlagd. Många argumenterar dock fortfarande mot användandet av argon och andra ädelgaser p.g.a. den högre sannolikheten att kraftiga rörelser sker i ett medvetet tillstånd.

Förlorad balans

Att djuren förlorar balansen och lägger sig ned på bröstet eller sidan har används som indikator på att de är på väg att bli medvetlösa. Gerritzen och kollegor (2004) fann att hjärnaktiviteten hos kycklingar minskade i samband med att de förlorade balansen. Andra har dock noterat att fåglar snabbare förlorar balansen, men inte medvetandet, i ökande koncentration av CO₂ (Webster & Fletcher, 2001) och därmed att det troligen finns en fördröjning mellan förlorad balans och medvetlöshet (McKeegan *et al.*, 2007a). Detta stöds även av Coenen och medarbetare (2009), som med EEG-mätningar visade att fåglar blev medvetlösa först en tid efter att de fallit omkull. Förlorad balanskan således inte användas som tillförlitlig indikator för medvetlöshet.

Inblandning av syre

I många undersökningar har man blandat CO₂ med höga syrehalter i syfte att minska koldioxidens negativa inverkan på djurens respiration. Syret tycks ha en fördröjande inverkan på avlivningsprocessen och vissa menar att detta ger en smidigare övergång i medvetlöshet, med färre konvulsioner (Coenen *et al.*, 2009; McKeegan *et al.*, 2006; Gerritzen *et al.*, 2000). Coenen och medarbetare (2009) ansåg att andningssymtomen t.o.m. förvärrades med inblandning av syre, men föreslog att detta kompenseras i och med den smidigare övergången. Andra forskare anser att förloppet endast blir mer utdraget med syreinblandning, vilket skulle vara negativt ur djurvälståndssynvinkel (Raj & Tserveni-Gousi, 2000).

Beteendeförlopp vid gasning

Det är intressant att få en helhetsbild av förloppet av olika beteenden som djuren uppvisar under CO₂-gasning och i tabell 1 nedan ses en beskrivning av några beteenden som ofta ingår i studier och exempel på data för höns/kycklingar som anger vid vilken koncentration CO₂ olika beteenden ses. Det är viktigt att poängtera att tidsmässiga skillnader har observerats mellan kycklingar och höns i förhållande till när, och under hur lång tid, beteenden uppträder och pågår. Generellt kan sägas att bedövnings- och avlivningsförloppet är snabbare för yngre djur (se t.ex. Raj & Gregory, 1990b), vilket är viktigt att beakta vid jämförande av resultat för olika djurkategorier.

Tabell 1 Enkel beskrivning av beteendeindikatorer som ofta används i gasnings-studier, samt exempel på vid vilken koncentration CO₂ eller tid efter gasexponering som dessa visas.

Beteende	Beskrivning	Ses vid % CO ₂ alt. tid efter exponering	Referens	Kommentar
Kippande	Andning med öppen näbb och utsträckt hals	2-3 min (c:a 0,7 % CO ₂)	Sandilands <i>et al.</i> , 2009	60 % CO ₂ uppnåddes inom 27,5 min
		10 %	McKeegan <i>et al.</i> , 2006	
		14 %	Gerritzen <i>et al.</i> , 2007	
Huvudskakning	Snabb skakning av huvudet	13 %	Gerritzen <i>et al.</i> , 2007	
		10 %	McKeegan <i>et al.</i> , 2006	
Konvulsioner	Ses ofta som vingflaxande och/eller spasmer	4-5 min (c:a 6 % CO ₂)	Sandilands <i>et al.</i> , 2009	60 % CO ₂ uppnåddes inom 27,5 min
Balans-svårigheter	Djuret vacklar eller sätter sig ned	16 % CO ₂	Gerritzen <i>et al.</i> , 2007	
Förlorad balans	Djuret faller helt på bröst, sida eller rygg	3-4 min (c:a 3,5 % CO ₂)	Sandilands <i>et al.</i> , 2009	60 % CO ₂ uppnåddes inom 27,5 min
		c:a 4 min (19,9 % CO ₂)	Gerritzen <i>et al.</i> , 2007	
Medvetlöshet	Konstaterat med hjälp av EEG	0,5-1,5 min	Coenen <i>et al.</i> , 2009	2-fas-gasning med 40 % CO ₂ +30 % O ₂ i N ₂ följt av 80 % CO ₂ i luft
		6-10,5 min (20 % CO ₂)	McKeegan <i>et al.</i> , 2009	Stallgasning där 45 % CO ₂ uppnåddes inom 19 min
Rörelser upphört	Inga rörelser ses hos djuret	12 min (27 % CO ₂)	Sandilands <i>et al.</i> , 2009	60 % CO ₂ uppnåddes inom 27,5 min
Död	Konstaterat med hjälp av EEG	3-4 min	Coenen <i>et al.</i> , 2009	2-fas-gasning med 40 % CO ₂ +30 % O ₂ i N ₂ följt av 80 % CO ₂ i luft
		14-22 min	McKeegan <i>et al.</i> , 2009	Stallgasning där 45 % CO ₂ uppnåddes inom 19 min

Oftast beskrivs beteenden i ordningsföljden 1. näbb rörelser, 2. kippande, 3. huvudskakning, 4. balansproblem, 5. förlorad balans (Barton-Grade *et al.*, 2001; Webster & Fletcher, 2001). Det finns även uppgifter som visar att huvudskakningar kan ske innan djuren börjar kippa (Gerritzen *et al.*, 2007; McKeegan *et al.*, 2007b).

Koncentrationshöjningens betydelse för djurväl-färden

Det är sedan tidigare känt att koldioxid måste uppgå till bestämda koncentration för att uppnå avlivningseffekt inom en viss tidsram. Effekten är alltså beroende av koldioxidens koncentration och durationen av djurens exponering för gasen. Raj och Gregory (1990a-b) fastslog en lägsta koncentration av 55 % CO₂ för att uppnå avlivningseffekt hos höns och kycklingar inom 2 minuter. Vid 35 % CO₂ krävdes en exponeringstid på över 5 minuter. Vissa forskare anser det vara mycket viktigt ur välfärdssynpunkt att först exponera djuren för lägre halt av CO₂, för att uppnå anestetisk verkan, innan koncentrationen höjs för avlivning (se t.ex. Raj & Tserveni-Gousi, 2000). Enligt McKeegan och kollegor (2007a) genereras automatiskt en sådan effekt vid gasning direkt i fjäderfästallet eftersom koncentrationen höjs gradvis. De menar att djuren inte utsätts för höga, mer aversiva, halter CO₂ medan de fortfarande är medvetna. Avlivningsprocessen beskrivs som långsammare i sådana situationer, vilket skulle uppvägas av en smidigare övergång i medvetlöshet, jämfört med när fåglarna direkt exponeras för en hög koncentration av CO₂ genom att föras in i ett utrymme som redan är gasfyllt.

Raj & Gregory (1990b) framhöll tidigt att just *hastigheten i koncentrationshöjningen* har minst lika stor betydelse för avlivningseffekten som den slutligt uppnådda koncentrationen, förutsatt att denna är över c:a 35 % CO₂. Webster & Fletcher (2001) har konstaterat betydligt mer kippande (innan fåglarna förlorade balansen) vid exponering för 30 % jämfört med 60 % CO₂, vilket indikerar betydelsen av snabb koncentrationshöjning för att reducera perioder med andningssvårigheter. McKeegan och kollegor (2006) fann däremot att kippande hos kycklingar inte var koncentrationsberoende, utan förekom i samma utsträckning över 10 % CO₂. Två brittiska studier som presenterades 2009 beskriver CO₂-gasning i stall med burhönssystem (McKeegan *et al.*, 2009; Sandilands *et al.*, 2009). I dessa studier tillfördes gas så att en koncentration av 45 % respektive 60 % CO₂ uppnåddes efter 19 respektive 27,5 minuter. Där 45 % uppnåddes förlorade hönsen medvetandet efter 6-10,5 minuter, vilket kunde kopplas till 20 % CO₂. Det bedömdes att fåglarna påverkades negativt i c:a 4-8 minuter och dog inom c:a 14-22 minuter beroende på avståndet till gasinförseln, i husets längdriktning. I studien där 60 % CO₂ uppnåddes förlorade djuren balansen och fick konvulsioner efter c:a 3-4 respektive 4-5 minuter (vid c:a 3,5 respektive 6 % CO₂) och de sista rörelserna sågs efter 12 min (vid 27 % CO₂). Resultat från dessa senaste studier indikerar att snabbare ökning av CO₂-halten tenderar att öka takten på bedövnings- och avlivningsförloppet.

Även om det numera finns en generell acceptans av gasavlivning direkt i stallet som en jämförelsevis effektiv och djurskyddsmässigt acceptabel metod för avlivning av höns och kycklingar så finns det alltså fortfarande en hel del skillnader vad gäller detaljerna. Det handlar bland annat om vad olika forskare anser om framför allt effekten av koldioxid i förhållande till ädelgaser, betydelsen av koncentrationshöjning och inblandning av syre samt hur man bedömer relevansen av de traditionella välfärdsindikatorerna. Pågående forskning fortgår för att utöka kunskaperna inom dessa områden och med hjälp av förfinade mätmetoder stärks kunskaperna om inträdet av medvetlöshet och död. Det sistnämnda är av största vikt eftersom att indikatorerna måste bedömas i förhållande till djurens medvetandegrad.

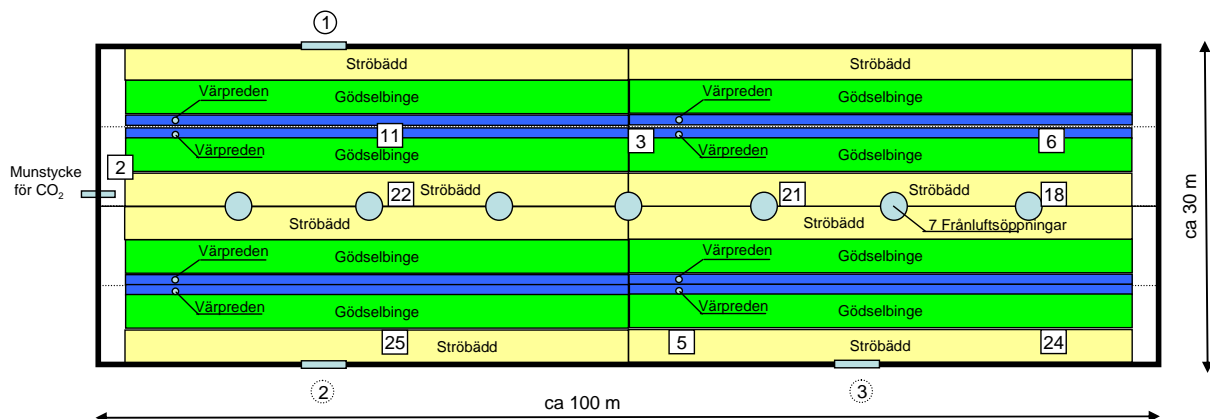
4. MATERIAL OCH METODER

4.1 Delstudie 1. Teknisk undersökning

Studier av koldioxidavlivning och mätningar har utförts vid avlivning i kommersiella stallar. På Gård 1 studerades avlivningen av uttjänta värphöns i två likartade stallar (stall 1 och 2). I stall 1 observerades hönsen och temperatur mättes på ett antal ställen. I stall 2 gjordes enbart visuella studier. På Gård 2 gjordes mätningar och observationer i samband med koldioxidavlivning av kalkoner och på Gård 3 i samband med avlivning av uttjänta värphöns. På dessa gårdar gjordes mätningar av temperaturfördelning, koldioxidhalt och övertryck vid tillförsel av koldioxid.

4.1.1 Gård 1

Stallen som studerades var utrustade med inredningssystem för golvhöns och hade ett principiellt utseende med ströbäddsarea, gödselbinge och värpreden enligt figur 1 och 2. Stallen var c:a 3 m höga invändigt och rymde c:a 22000 värphöns vardera. De var indelade i 8 avdelningar med hjälp av nätväggar. En tvärgående nätvägg avskiljde husen på mitten i längsled och 3 längsgående nätväggar avskiljde husen i tvärled. Frånluftsfläktar (7 st.) var placerade centralt och evakuerade stallet via takstosar och takhuvar ovan yttertak. Tilluft till stallet hämtades ovan yttertak och togs in via uteluftshuvar placerade relativt nära takfoten (system Turbovent).



Figur 1. Principiell utformning av värphönsstallen på Gård 1. Kvadrater med nummer visar ungefärlig placering av loggrar för temperaturregistrering i stall 1. Cirklar med nummer avser ungefärlig placering av fönster genom vilka hönsen studerades. Hönsen iaktogs genom fönster 1 i stallet där temperatur-mätningarna gjordes (stall 1) och genom fönster 2 och 3 i andra stallet (stall 2).

Munstycket genom vilket koldioxidgas tillfördes stallet var placerat centralt på gaveln (se figur 1 och 3) på en höjd av c:a 0,7 m ovan golv. Alla tilluftsöppningar tätades vid gasning. Frånluftsfläktarna stängdes av vid gasningen, men frånluftsöppningarna lämnades i övrigt öppna så att luft och gas kunde strömma ut genom dessa vid gasningen. Iakttagelser gjordes genom fönster placerade enligt figur 1.

Med hjälp av totalt 10 stycken Tinytag Miniloggers registrerades temperaturen på olika ställen i stall 1 (figur 1). Loggrarna placerades på en ungefärlig höjd enligt tabell 2.

Tabell 2. Placering av loggrar för temperaturregistrering

Logger Nr	Höjd ovan golv, m	Kommentar
2	c:a 2,2	Centralt. Nära munstycke, men högt ovanför i nätvägg
22	c:a 0,7	Centralt. Nätvägg
21	c:a 1,8	Centralt. Nätvägg
18	c:a 1,0	Centralt. Nätvägg
11	c:a 1,8	Ovan värpreden. Nätvägg
3	c:a 1,5	Ovan värpreden. Nätvägg
6	c:a 1,8	Ovan värpreden. Nätvägg
25	c:a 0,5	Kant gödselbinge
5	c:a 0,5	Kant gödselbinge
24	c:a 0,5	Kant gödselbinge



Figur 2. Interiör från värphönsstallet på Gård 1.

Tillförsel av koldioxid

AGA är det företag i Sverige som vanligen levererar koldioxid i samband med avlivning av fjäderfä; så var fallet även i den nu aktuella studien. AGA:s leverantör beräknade mängden koldioxid som behövde tillföras stallet enligt de riktlinjer som finns och den veterinär som var närvarande kontrollerade beräkningen. Stallens volym var c:a 9000 m³ vardera och det beräknades att 10800 kg koldioxid skulle tillföras i ett stall för att den stipulerade halten 80 % koldioxid skulle uppnås. En slang från gasbilen anslöts till munstycket som monterats i stallets ena gavelände och ett gasflöde på c:a 375 kg/min trycktes in i stallet (figur 4). Den valda inblåsningshastigheten innebar att det tog c:a 29 minuter innan den beräknade mängden gas tryckts in i stallet.



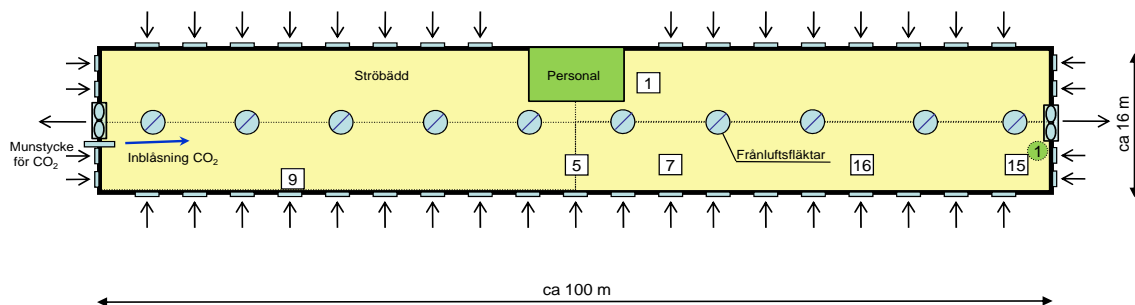
Figur 3. Munstycke genom vilket gasen trycktes in i stallet.



Figur 4. En slang från gasbilen anslöts till ett munstycke monterat i stallets gavel.

4.1.2 Gård 2

Stallet som studerades var utrustat med inredningssystem för kalkoner med inomhusuppfödning på ströbädd. Stallet hade ett principiellt utseende enligt figur 5. Stallet, som hade öppen planlösning med fritt utrymme upp till nock, var 100 m långt och 16 m brett och vägghöjden var c:a 2,1 m invändigt. Stallet rymde 3850 kalkoner som avlivades med koldioxid. Frånluftsfläktarna var placerade centralt i stallet och evakuerade stallet via takstosar och takhuvar ovan yttertak. För sommarventilation användes också väggmonterade fläktar placerade i gaveln. För tilluft till stallet fanns uteluftsintag placerade i yttervägg c:a 1,9 m ovan golv.



Figur 5. Principiell utformning av kalkonstallet på Gård 2. Kvadrater med nummer visar ungefärlig placering av loggrar för temperaturregistrering. Cirkel med nummer (1) avser ungefärlig placering av mätpunkt för koldioxidmätning och mätning av övertryck i stallet vid koldioxidtillförelse.

Munstycket genom vilket koldioxidgas tillfördes till stallen var placerat på gaveln (se figur 5) på en höjd av c:a 0,7 m ovan golv. Munstycket var placerat relativt nära husets ena långsida och riktat mot en central plats i stallet. Detta gjordes i avsikt att undvika inverkan av den centralt i stallet utskjutande del som rymde personalutrymmen (se figur 5). Vid gasning stängdes alla öppningar förutom uteluftsdonen i ytterväggarna som lämnades öppna med en springa på 3-4 cm (c:a en femtedel av maximal öppning).

Med hjälp av totalt 6 stycken Tinytag Miniloggers registrerades temperaturen på olika ställen i stall 1 (figur 5). Loggrarna placerades på en ungefärlig höjd enligt tabell 3.

Syrehalten i stalluften uppmättes c:a 1 m ovan golv vid gaveln längst bort från koldioxidmunstycket (punkt 1 i figur 5) med hjälp av ett manuellt avläst instrument (ACER, DO-5510). Instrumentet var enligt tillverkarens manual temperaturkompenserat ner till 0°C. Koldioxidhaltens förändring med tiden beräknades utifrån uppmätt syrehalt.

Övertrycket i stallet uppmättes med ett manuellt avläst instrument och övertrycket loggades också under tillförsel av koldioxid med hjälp av en Tinytag logger som registrerar spänning.

Tabell 3. Placering av loggrar för temperaturregistrering

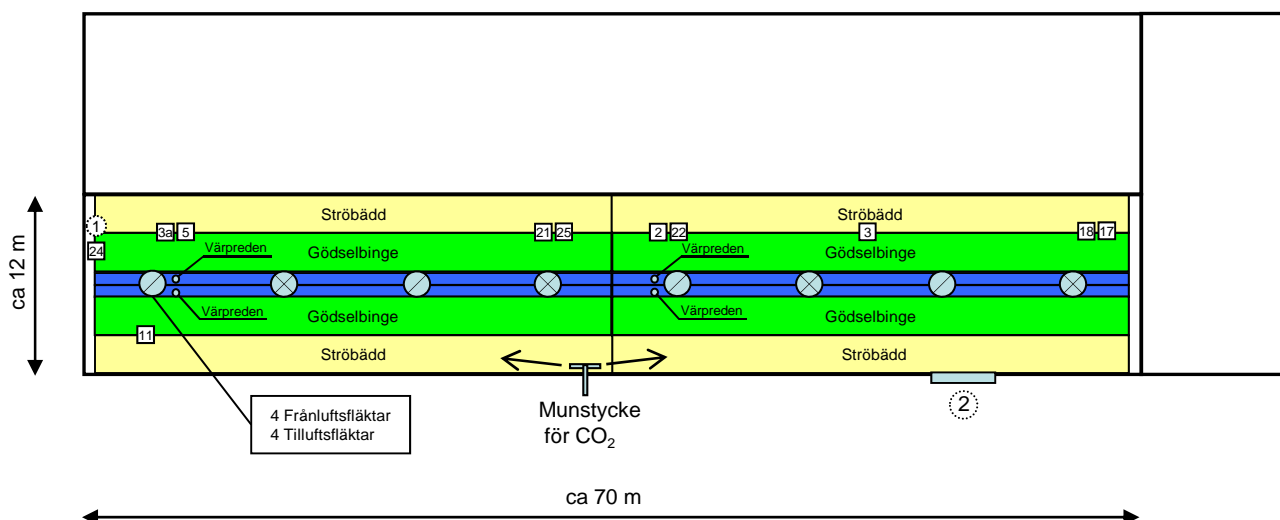
Logger Nr	Höjd ovan golv, m	Kommentar
9	c:a 1,0	Intill yttervägg
5	c:a 0,7	2,5-3 m från byggnadens sidovägg
7	c:a 0,7	2,5-3 m från byggnadens sidovägg
1	c:a 0,7	Bakom vägg till personalrum, c:a 3 m från byggnadens sidovägg
16	c:a 0,7	2,5-3 m från byggnadens sidovägg
15	c:a 0,7	2,5-3 m från byggnadens sidovägg och nära gavelvägg

Tillförsel av koldioxid

AGA:s leverantör beräknade mängden koldioxid som behövde tillföras stallet enligt de riktlinjer som finns och den veterinär som var närvarande kontrollerade beräkningen. Stallens volym beräknades till 5600 m³ och det beräknades att 8100 kg koldioxid skulle tillföras för att den stipulerade halten 80 % koldioxid skulle uppnås. Man valde att tillföra något mer och totalt tillfördes 8510 kg till stallet. En slang från gasbilen anslöts till munstycket som monterats i stallets ena gavelände och ett gasflöde på c:a 400 kg/min trycktes in i stallet. Den valda inblåsningshastigheten innebar att det tog c:a 18 minuter innan den beräknade mängden gas tryckts in i stallet.

4.1.3 Gård 3

Stallet som studerades var utrustad med inredningssystem för golvhöns och hade ett principiellt utseende med ströbäddsarea, gödselbinge och värpreden enligt figur 6. Stallet var c:a 3,5 m högt invändigt och den studerade delen av stallet rymde c:a 8000 värphöns totalt. I samma byggnad fanns utrymmen för ägghantering och personalutrymmen och också en med fast vägg avskiljd likartad staldel där inga höns fanns vid besöket. Det studerade stallet (staldelen) var indelat i avdelningar med hjälp av nätväggar. Frånluftsfläktarna (4 st.) var placerade centralt och evakuerade stallet via takstosar och takhuvar ovan yttertak. Tilluft till stallet hämtades ovan yttertak (system Turbovent).



Figur 6. Principiell utformning av värphönsstallet på Gård 3. Kvadrater med nummer visar ungefärlig placering av loggrar för temperaturregistrering. Cirkel med nummer (1) avser ungefärlig placering av mätpunkt för koldioxidmätning och mätning av övertryck i stallet vid koldioxidtillförsel. Cirkel med nummer (2) anger placering av fönster för inspektion av djuren.

Munstycket genom vilket koldioxidgas tillfördes var placerat mitt på stallets långsida (se figur 6 och 7) på en höjd av c:a 0,7 m ovan golv. Munstycket var utformat som ett T-rör och gasen spreds på båda hållen i stallets längdriktning. Den del av T-röret som svetsats på väggenomföringsröret och var placerad i stallets längdriktning hade en utvändig diameter på c:a 44 mm (37 mm invändigt). Alla öppningar för äggband, utgödsling etc. tätades vid gasning. Byggboardskivan i vilken munstycket för koldioxidtillförsel monterats bultades fast i en befintlig dörröppning och springorna runt denna tejpades. Tätning gjordes i övrigt med mineralull som i vissa fall stoppades in i plastfilm. Fläktarna stängdes av vid gasningen och förutom naturliga otätheter i byggnaden var endast de mindre öppningar som fanns runt stängda spjäll i frånluftstrummor (och tilluftsstosar) öppna för utströmmande gas. Iakttagelser gjordes genom ett fönster placerat enligt figur 6.



Figur 7. Munstycke genom vilket gasen trycktes in i stallet på Gård 3. På insidan förgrenade sig röret i ett T. Byggboardskivan i vilken munstycket var fäst var fastbultat i karm/vägg på insidan och springan var tätad med tejp.

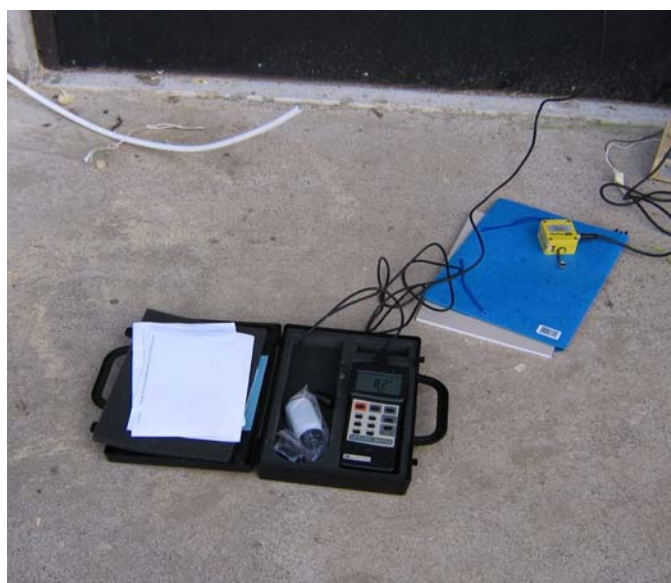
Med hjälp av totalt 11 stycken Tinytag Miniloggers registrerades temperaturen på olika ställen i stallet (figur 6). Loggrarna placerades på en ungefärlig höjd enligt tabell 4.

Tabell 4. Placering av loggrar för temperaturregistrering

Logger Nr	Höjd ovan golv, m	Kommentar
11	c:a 2,0	Nätvägg intill gödselbinge c:a 30 m från munstycket för koldioxidinblåsning. Nära gavel.
24	c:a 1,1	Vid gavel intill punkt där koldioxidhalt uppmättes. Nätvägg.
5	c:a 1,2	Nära gavel. Nätvägg intill gödselbinge.
3a	c:a 2,0	Nära gavel. Nätvägg intill gödselbinge.
25	c:a 1,2	Centralt i huset. Nätvägg intill gödselbinge.
21	c:a 2,0	Centralt i huset. Nätvägg intill gödselbinge.
2	c:a 1,2	Centralt i huset. Nätvägg intill gödselbinge.
22	c:a 2,0	Centralt i huset. Nätvägg intill gödselbinge.
3	c:a 2,0	Centralt i avdelning. Nätvägg intill gödselbinge.
18	c:a 0,7	Vid gavel intill packrum. Nätvägg intill gödselbinge.
17	c:a 2,0	Vid gavel intill packrum. Nätvägg intill gödselbinge.

Syrehalten i stalluften uppmättes c:a 0,7 m ovan golv vid gaveln längst bort från koldioxidmunstycket (punkt 1 i figur 6) med hjälp av instrument (ACER, DO-5510) som avlästes manuellt (figur 8). Instrumentet är enligt tillverkaren temperaturkompenserat ner till 0°C. Koldioxidhaltens förändring med tiden beräknades utifrån uppmätt syrehalt.

Övertrycket i stallet uppmättes med ett manuellt avläst instrument (punkt 1 i figur 6) och övertrycket loggades också under tillförsel av koldioxid med hjälp av en Tinytag logger som registrerar spänning.



Figur 8. Manuell avläsning av syrehalt i stallet på Gård 3. En syrgasgivare placerad i stallet i anslutning till en dörr var förbunden med instrumentet via en kabel. Koldioxidhalten beräknades utifrån uppmätta syrehalter.

Tillförsel av koldioxid

Koldioxidmängden som behövdes för att uppnå erforderlig halt beräknades till 3500 kg. Stallets volym var c:a 2940 m³. En slang från gasbilen anslöts till munstycket som monterats i stalllets ena gavelände och ett gasflöde på c:a 540 kg/min trycktes in i stalllet. Totalt tillfördes 3564 kg gas till stalllet (figur 9). Den valda inblåsningshastigheten innebar att det tog c:a 6-7 minuter innan den beräknade mängden gas tryckts in i stalllet. Gasens tryck var 15 bar vid start av gasning och enligt AGA:s leverantör var inblåsningens flödet maximalt ur teknisk synpunkt.



Figur 9. Utrustning på tankbilen för registrering av gasflöde etc. I stalllet på Gård 3 tillfördes c:a 3560 kg koldioxid.

4.2 Delstudie 2. Bedövnings- och avlivningseffekt i förhållande till temperatur och koldioxidnivå

På de två gårdarna 4 och 5 studerades avlivning med CO₂ i ett av respektive gårds inhysningsstall för kommersiella värphöns, som var i slutet av sin produktion. Tabell 5 visar en sammanställning av bakgrundsinformation gällande djuren och inhysningssystemen på gård 4-5.

Tabell 5 Redogörelse för inhysningssystem, hönslinje, flockstorlek, flockens ålder, stallens ventilationssystem, förberedelser inför gasning sam tätning på respektive gård där avlivning studerades. Även antal djur skickade för obduktion framgår av tabellen.

	Gård 4	Gård 5
Inhysnings-system	Jansen voljär av typen ”hög beläggning” (lösstående system med 2 våningar)	Jansen voljär av typen ”hög beläggning” (lösstående system med 2 våningar)
Hönslinje	Bovans white	Bovans white
Flockstorlek	c:a 13.620 (dödlighet under produktionsomgången var 9,2 %)	c:a 11.505 (dödlighet under produktionsomgången var 23,3 %)
Flockens ålder	89 veckor	76 veckor
Direktanslutande stallavdelning	Ja	Ja
Ventilationssystem	Turbovent undertrycksventilation, med taktrummor för från- och tilluft (5 frånluftsfläktar och 10 uteluftsintag) jämnt placerade i stallens längdriktning.	Undertrycksventilation, med 17 väggfläktar för frånluft och 12 takstosar för tilluft (uteluft) placerade i två rader i stallens längdriktning.
Producentens hantering av ventilationen vid gasning	Stänger av ventilationen, varpå nödöppningar öppnas i både in- och utsug. Efter gasning slås ventilationen på, men med avstängda fläktar. Spjällen hålls stängda en tid efter gastillförsel, för att bibehålla gaskoncentrationen på en hög nivå i stallet.	Vid gasning skapas ett övertryck i avdelningen intill genom drift av 4 tilluftsfläktar (specialfläktar).
Tätning inför gasning	Nej. Exempelvis gödselskruv, äggband och dörrar tätas ej.	Ja. Den aktuella avdelningens två äggband tätas med mjukplast och ibland även textilmaterial. Gödselskruv som delas av de båda avdelningarna tätas i båda ändarna med väggisoleringsmaterial. Dörrarna till avdelningen tätas med silvertejp..
Antal djur skickade för obduktion	3	2

För mätning av syrehalt och temperatur på gård 4-5 användes 2 portabla syre- och temperaturmätare (OxyGuard handy atmosphere, tillverkare: OxyGuard, DK, distributör: OxyGuard international A/S, Danmark). Registrerade syrehalter konverterades till koldioxidvärden. På gård 5 användes även 2 miniloggrar för registrering av temperatur (Tinytag TGP-4017, tillverkare: Gemini data loggers UK, distributör: Intab interface teknik AB, Sverige) Två mätare av typen OxyGuard placerades i områden där filmregistrering gjordes. Mätarna lästes av manuellt utanför stallbyggnaden, med en minuts intervall, med början då gastillförsel startade t.o.m. 35 minuter därefter. På gård 5 placerades likaså de två miniloggrarna i områden där filmregistrering gjordes. Dessa loggrar programmerades att starta 20 minuter innan tid för planerad gasning och de loggade därefter data var 30:e sekund.

För filmupptagning användes två kameror; en Sony digitalkamera (modell DCR-PC6E) samt en Panasonic digitalkamera (modell NV-DS37EG M). Vid avlivning på respektive gård placerades kamerorna så att höns på en hög respektive en låg nivå ovan golvet kunde övervakas. Kamerorna startades ett par minuter innan påbörjad gasning.

Från upptagna filmsekvenser registrerades djurens beteende från gaspåsläpp till dess att rörelser och/eller vokaliseringar upphörde eller fram till dess att vidare registrering omöjliggjordes av gasdimma. En grov indelning av registrerade beteenden gjordes i följande kategorier: 1. djuren börjar känna av den förändrade gasmiljön, 2. djuren får andningssvårigheter, 3. djuren blir balanspåverkade samt 4. djuren förlorar helt fotfästet och börjar bli medvetslösa (se även etogram i tabell 6). Vokalisering har vanligen inte används som beteendeindikator, men man kan dock anta att djur fortfarande är vid liv så länge de vokaliserar, trots att medvetandegraden är okänd.

Tabell 6 Beteenden som registrerades från filminspelningarna på gård 4-5.

Beteende	Beskrivning
Kategori 1	
Näbben öppnas och stängs	Djuret öppnar och stänger näbben. Har även beskrivits som ett ”smakande beteende” (Coenen <i>et al.</i> , 2009; Gerritzen <i>et al.</i> , 2007).
Huvudskakning	Djuret skakar på huvudet.
Kategori 2	
Kippande (eng. ”gasping”)	Andning med öppen näbb och sträckt hals.
Kategori 3	
Balanssvårigheter	Hos stående djur ses detta främst genom att de sätter sig ned, medan det hos djur på sittpinne märks genom att djuret vinglar och att vingarna används för att hålla balansen.
Försämrad nacktonus	Detta ses framför allt hos djur som sitter på pinne, då huvudet sakta sänks, ofta nedanför sittnivån.
Kategori 4	
Förlorad balans	Sittande djur lägger ned huvudet och/eller faller över i sid- eller ryggposition. Djur på sittpinne tappar helt fotfästet och faller.
Konvultioner/spasmer	Plötsliga ving- och kroppsrorelser.
Vokalisering	Det noterades när vokaliseringar helt upphörde (samt generell vokaliseringsgrad under gasning).
Rörelser upphör	Inga rörelser kan detekteras.

Från gård 4 sändes 3 hönor och från gård 5 sändes 2 hönor för obduktion (till Sveriges Veterinärmedicinska Anstalt, SVA). Ett par timmar efter avslutad gasning och när det åter gick att vistas i stallet valdes ett djur ut slumpmässigt från varje område där filmregistrering gjordes. Från gård 4 skickades ytterligare en höna, som valdes från golvet i området nära inblåsningröret i gasinförseln riktning, till obduktion.

4.2.1 Gård 4

På gård 4 förbereddes ventilationssystemet för gasning såsom anges i tabell 5 ovan. Gas administrerades i byggnaden genom ett förgrenat påbyggnadsrör placerat några meter in på ena långsidan, se figur 10. Ena rördelen var riktat mot mitten av närmaste kortsidan medan den andra (med något större diameter) var riktade i stalllets längdled, mot mitten av bortre kortsidan. Inför gasning utnyttjades inga avskärmningar framför införselrören. Ett par minuter innan gasning drev producenten hönsen bortåt i stallet, från gasinförseln, i syfte att avlägsna dem från området närmast genomföringsröret samt att koncentrera djuren i stalllets bortre del

för att underlätta bortförandet av kadavren efteråt. Drivningen gjordes genom fösning med hjälp av prasslande plastföremål.

Tillförd gasmängd beräknades enligt:

$$80 \text{ m (längd)} \times 14 \text{ m (bredd)} \times 3,5 \text{ m (höjd)} = 3920 \text{ m}^3$$

$$3920 \text{ (volym)} \times 0,8 \times 1,8 = 5645 \text{ kg}$$

Totalt 5,7 ton CO₂ fördes in i stallet med c:a 30 bars tryck under första minuten, varefter trycket ökades till c:a 40 bar.

Kameror och syre-temperaturmätare placerades på inredningen s 2:a våning samt c:a 60 cm ovan golv vid motsatt kortsida i förhållande till gastillförseln. Djurens beteende registrerades i ett område om c:a 3 m², ett par meter framför kamerorna. Videoregistrering och mätningar på den lägre nivån gjordes med intentionen att registrera djur som befann sig på golvnivå. Efter att kameran startats fick den en stöt av en flygande höna, vilket resulterade i ändrad kameravinkel och istället kom kameran att registrera djur på den lägre avsatsen (c:a 40 cm ovan golv) framför värpredena. Från syre-/temperaturmätarnas prober löpte sladdar som drogs genom en dörrspringa på stallets kortsida. Dörrspringan var uppskattningsvis ½-1 cm och tätades inte inför gasning.



Figur 10. Bilden visar det förgrenade tillförselröret för gas på gård 4.

4.2.2 Gård 5

På gård 5 förbereddes ventilationssystemet för gasning såsom anges i tabell 5 ovan. Införselröret för gas var på gård 5 placerat c:a 1,75 m från golvet, några meter från mitten av ena kortsidan. Röret var riktat rakt fram mot byggnadens mittdel med reden på en c:a 50-cm upphöjd nivå. Inför gasning utnyttjades inga avskärmningar framför införselröret. Mellan röret och avdelningen fanns dock ett avstånd på c:a 2 m i form av en gång för personal (figur 11).

Tillförd gasmängd beräknades enligt:

$$80 \text{ m (längd)} \times 15,9 \text{ m (bredd)} \times 2,7 \text{ m (höjd)} = 3434 \text{ m}^3$$

$$3434 \text{ (volym)} \times 0,8 \times 1,8 = 4945 \text{ kg}$$

Totalt 5 ton CO₂ fördes in i stallet med c:a 30 bars tryck.

Kameror, syre-/temperaturmätare samt temperaturloggrar placerades på övre delen av inredningens 2:a våning samt c:a 60 cm ovan golv vid motsatt kortsida i förhållande till gastillförseln (figur 12, 13 och 14) På övre nivån registrerades djur som satt på pinne ovanför andra våningsplanet (motsvarande en 3:e våning). På den lägre nivån registrerades djur på golvet. Djurens beteende registrerades i ett område om c:a 3 m², ett par meter framför kamerorna. Plast fästes framför kamerorna för att hindra djur från att skymma bilden (se figur15). Sladdar från syre-/temperaturmätarna drogs genom en avstängd ventilationsfläkt för att kunna avläsas utifrån.



Figur 11. Till vänster i bild visas tillförselröret för gas på kortsidan, gård 5.



Figur 12. Placering av temperaturlogger (vänster) och prob för syremätning (höger) c:a 50 cm ovan golvnivå.



Figur 13. Kameraplacering över inredningens 2:a våning.



Figur 14. Kameraplacering golvnivå.



Figur15. Plast fästes på sittpinnar framför kamerorna för att hindra djur från att skymma bilden.

5. RESULTAT

5.1 Delstudie 1

5.1.1 Gård 1

Observationer

Då gasen trycktes in i stallen (stall 1) under högt tryck kunde en kraftig stråle som blåste in i stallen observeras genom ett fönster (nr 1) relativt nära gaveln där munstycket för gasinblåsning var monterad. Luftrörelserna kunde observeras då partiklar (förmodligen kolsyreis, frusen vattenånga och damm) yrde runt. Strålen bredde ut sig långt förbi fönstret, kanske 30 m in i stallen. Ett mönster där luft cirkulerade tillbaka mot munstycket längs stallens långsidor för att ersätta luft som ryckts med av luftströmmen kunde urskiljas. Efter någon enstaka minut blev dimman så kraftig att hönsen inte längre kunde observeras. Samma kraftiga och relativt snabbt uppkommande dimbildning observerades genom fönster nr 2 i stall 2.

Vid inblåsning i stall 2 observerades hönsen även genom ett fönster (nr 3) beläget långt bort från inblåsningmunstycket. Här bibehölls sikten under en lång tid och det gick att observera hönsen på ett bättre sätt. Då gasen började tillföras sågs hönsen springa mot gaveln tväremot den gavel från vilken gas tillfördes. Möjligen reagerade de på ljudet och åsynen av inströmmande gas. De lugnade emellertid snabbt ner sig och inget speciellt kunde observeras på en lång stund. Därefter började hönsen bli alltmer slöa och de började också sträcka på halsarna och öppna näbbarna. Påverkan på hönsen blev alltmer uppenbar och de började hoppa med förlorad balans och sjönk slutligen ihop. Tiden från det att hönsen visade uppenbara reaktioner på gasen till dess att de sjönk ihop var kort. Tiden mellan början på gastillförsel och till dess att hönsen bedömdes vara medvetslösa i denna bortre del av stallen var emellertid längre. Utifrån gasflöde och observerad tid för trolig medvetslöshet uppskattades det att det tog c:a 13 minuter från det att gasen började tillföras till dess att hönsen vid fönster nr 3 i bortre delen av stallen var medvetslösa.

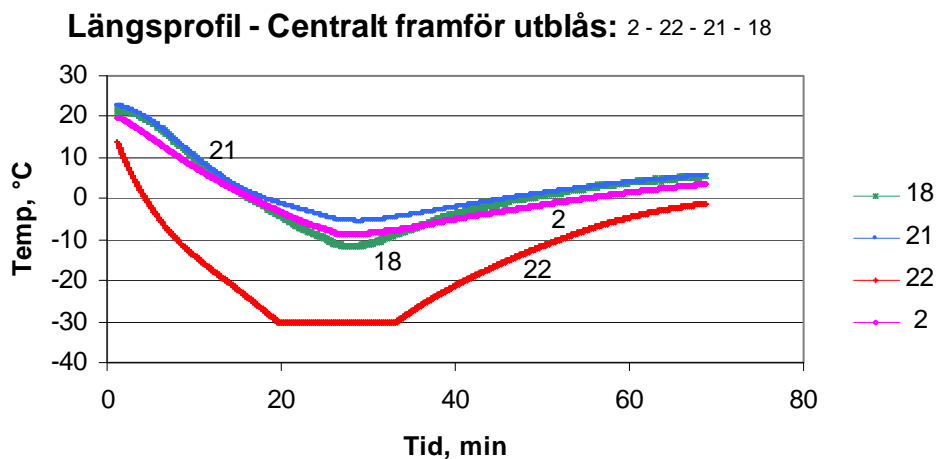
Efter avlivning gjordes observationer av den veterinär som var närvarande och det ansågs positivt att hönsen var väl fördelade i stallen. Vid avlivning med cyanväte hade denna veterinär observerat att hönsen sökt sig till springor och travat sig upp på varandra vid dörrar etc. för att söka luft som strömmade in utifrån. Något sådant observerades inte vid den aktuella avlivningen med koldioxid.

Höga halter koldioxid observerades efter gasningen (1 timme efter gasning) i en gång för äggtransport mellan de 2 stallen. Detsamma observerades för några andra angränsande utrymmen. När dörrar öppnades till dessa utrymmen (liksom till stallen) observerades en kraftigt stickande lukt.

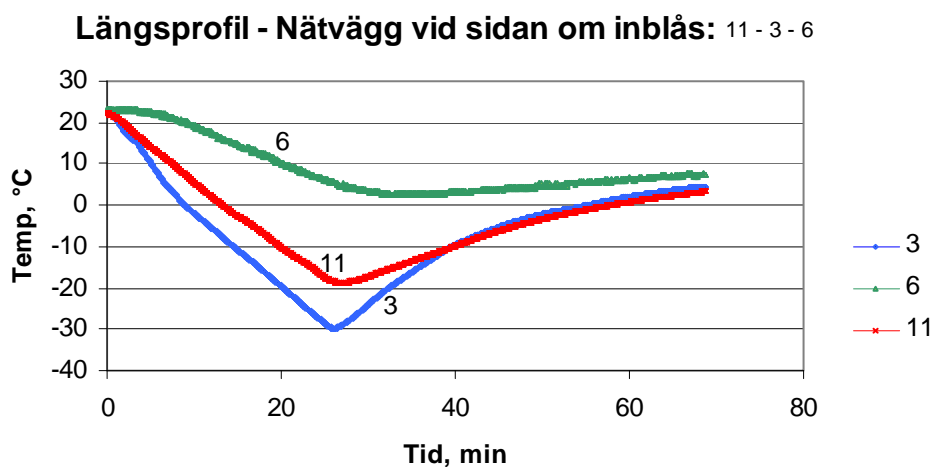
Uppmätta temperaturer

Temperaturerna i olika delar av stallen på Gård 1 varierade stort med både tid och placering (figur 16-21). Temperaturen sjönk kraftigt till följd av tryckfall i koldioxidgasen som tillfördes. Nära inblåsningpunkten sjönk temperaturen till nivåer under -30 °C, vilket var den lägsta temperatur som kunde registreras med de loggar som användes. Även ovan värpedena mitt i stallen uppmättes låga temperaturer (logger 3). Detta tyder på en relativt stor omblandning också vertikalt i den del av huset som låg närmast inblåsningpunkten.

Temperaturen i de delar av stallet som var långt ifrån inblåsningpunkten sjönk betydligt mindre och långsammare, vilket tyder på en begränsad omblandning i stallet som helhet. Ett tydligt mönster med kraftigare temperatursänkning centralt i stallet kunde observeras. Skiktning med kall gas strömmande längs golvet tycktes uppträda i den del av stallet som låg längst från inblåsningpunkten. I denna del uppmättes lägre temperatur i en punkt 1 m över golv långt bort från inblåsningpunkten (logger 18) jämfört med en punkt 1,8 m över golv belägen betydligt närmare inblåsningmunstycket (logger 21).

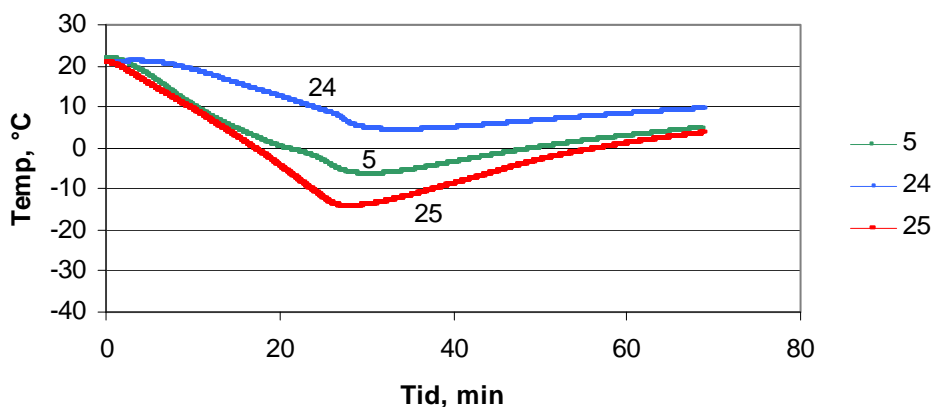


Figur 16. Uppmätta temperaturer centralt i stallet på Gård 1 vid olika tid efter start av inblåsning av koldioxid. Mätplatsplacering enligt figur 1.



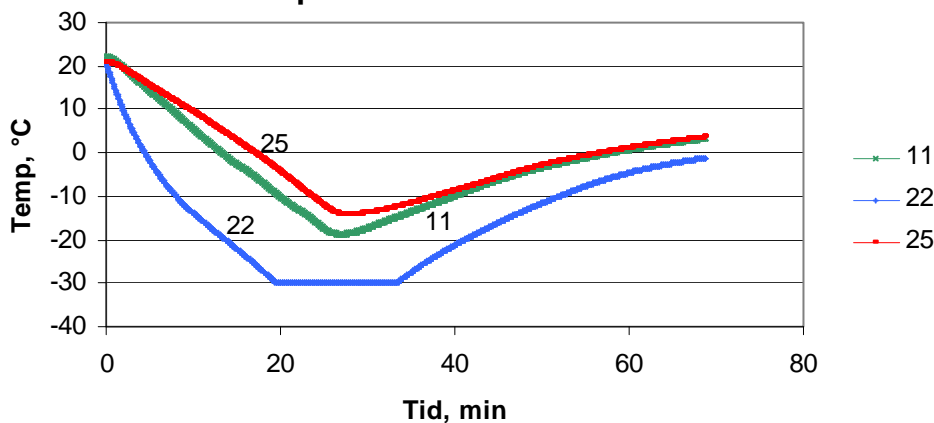
Figur 17. Uppmätta temperaturer i nätvägg ovan värpreden vid sidan om inblåsningstrålen vid olika tid efter start av inblåsning av koldioxid (Gård 1). Mätplatsplacering enligt figur 1.

Längsprofil - Långsida kant gödselbinge: 25 - 5 - 24



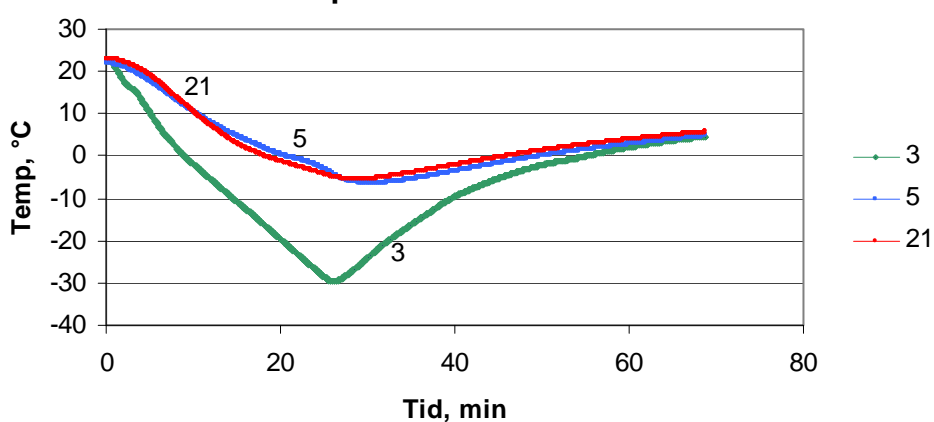
Figur 18. Uppmätta temperaturer vid kant av gödselbinge längs yttervägg vid olika tid efter start av inblåsning av koldioxid (Gård 1). Mätplatsplacering enligt figur 1.

Tvärprofil - Nära inblås: 11 - 22 - 25

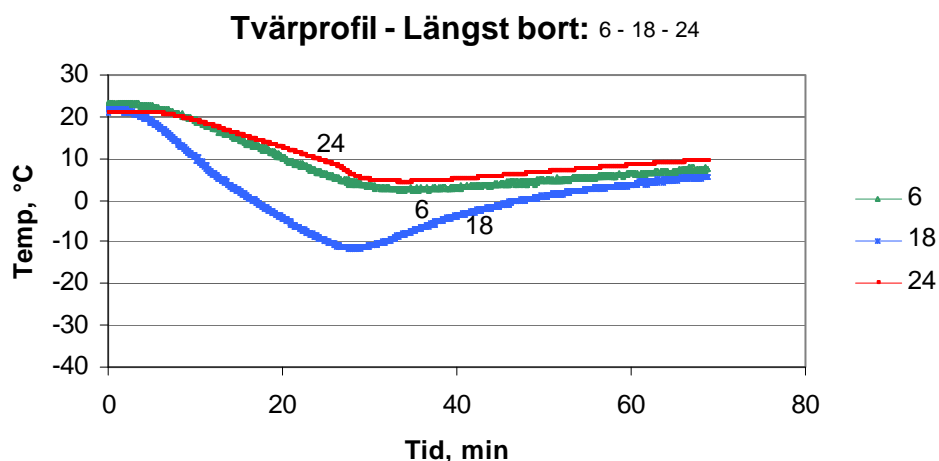


Figur 19. Uppmätta temperaturer i stallet i en tvärsektion nära gaveln med inblåsning vid olika tid efter start av inblåsning av koldioxid (Gård 1). Mätplatsplacering enligt figur 1.

Tvärprofil - Centralt: 3 - 21 - 5



Figur 20. Uppmätta temperaturer i stallet i en tvärsektion centralt i stallet vid olika tid efter start av inblåsning av koldioxid (Gård 1). Mätplatsplacering enligt figur 1.



Figur 21. Uppmätta temperaturer i stallet i en tvärsektion långt bort från inblåsningen i stallet vid olika tid efter start av inblåsning av koldioxid (Gård 1). Mätplatsplacering enligt figur 1

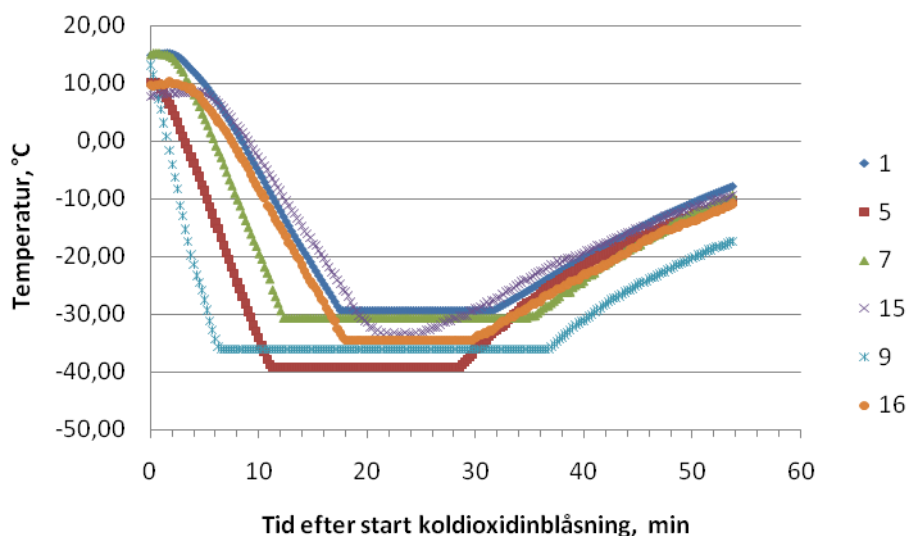
5.1.2 Gård 2

Observationer

Då det inte fanns några fönsteröppningar i byggnaden kunde inga observationer av djuren göras då koldioxiden tillfördes i stallet. Någon minut efter att gasen börjat tillföras kunde det observeras att koldioxid (köldrök) strömmade ut från de till viss del öppna uteluftsintagen. Detta började i den del av stallet som var närmast munstycket och fortsatte efter hand bort mot motstående gavel. Köldröken som var tung i förhållande till temperaturen utanför stallet dalade ner längs stallets ytterväggar och en relativt kraftig koldioxidhalt i köldröken kunde observeras med luktsinnet. Efter avlivning konstaterades det att djuren var väl fördelade i stallet och att inga tecken på kraftiga rörelser (vilket t.ex. kunde ha resulterat i skador på djuren eller spår av sparkar i ströet) före medvetlöshetens inträde kunde ses.

Temperaturer

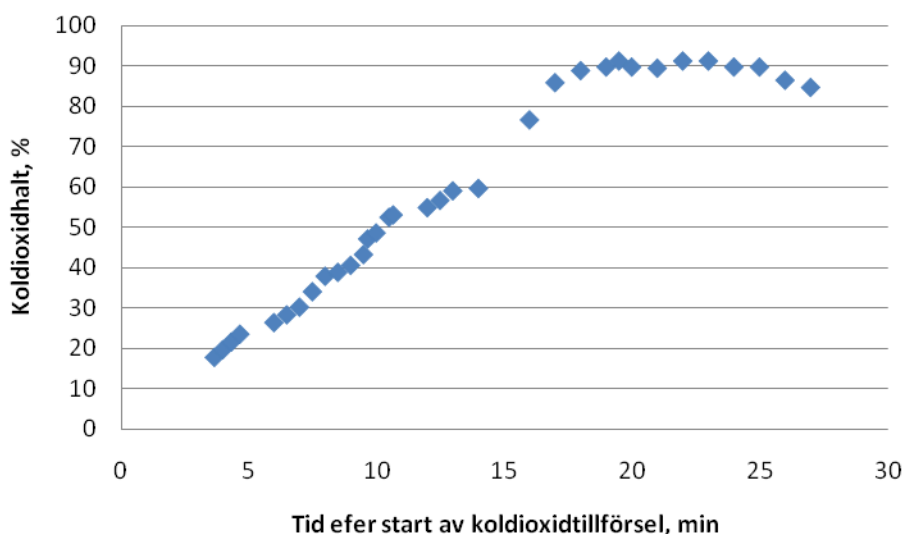
Temperaturförändringen på olika platser i stallet vid koldioxidtillförseln på Gård 2 framgår av figur 22. Den snabbaste temperaturförändringen skedde i mätpunkten närmast munstycket för inblåsning av koldioxid (mätpunkt 9). I punkter längre bort från inblåsningpunkten skedde temperatursänkningen långsammare och allra långsammast vid motstående gavel (mätpunkt 15). Då de använda loggrarna inte kunde registrera temperaturer som var lägre än -30 till -40 °C kunde inte de lägst uppnådda temperaturerna registreras. I den mätpunkt bakom personalutrymmet som var avskärmd från gasstrålens direkta inblåsningens riktning (mätpunkt 1) skedde temperatursänkningen långsammare än i den punkt på samma avstånd från inblåsningmunstycket som inte var avskärmd på motsvarande sätt (mätpunkt 7).



Figur 22. Uppmätta temperaturer i stallet på Gård 2. Mätpunktsplacering enligt figur 5.

Koldioxidhalt

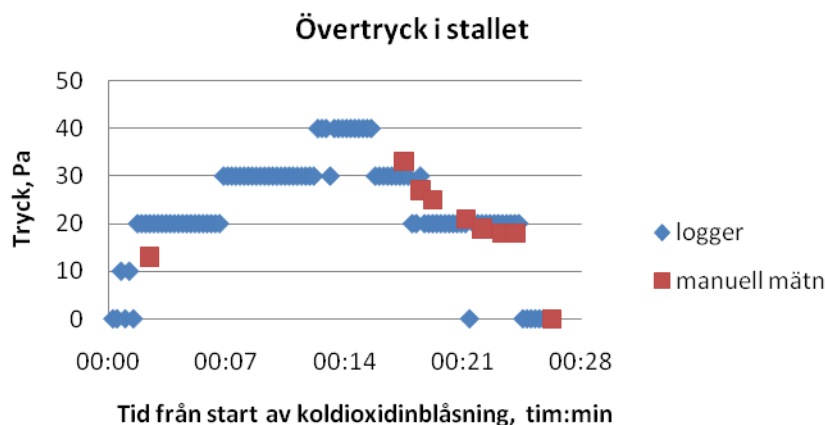
Utifrån manuellt uppmätt syrgashalt i stallet på Gård 2 beräknades ökningen i koldioxidhalt vid gaveln längst bort från inblåsningpunkten för koldioxid (figur 23). Ökningen uppvisade ett relativt linjärt förlopp under inblåsningsfasen med maximum i anslutning till att koldioxid slutade tillföras. Mätningar visar på att halter på c:a 90 % uppnåddes efter att all koldioxid tillförts till stallet.



Figur 23. Koldioxidhalt framräknad utifrån uppmätt syrehalt i borte delen av stallet på Gård 2 (mätning vid gaveln mitt emot gaveln där koldioxid blåstes in i stallet). Tidsangivelsen från start av koldioxidinblåsning är ungefärlig.

Övertryck i stall

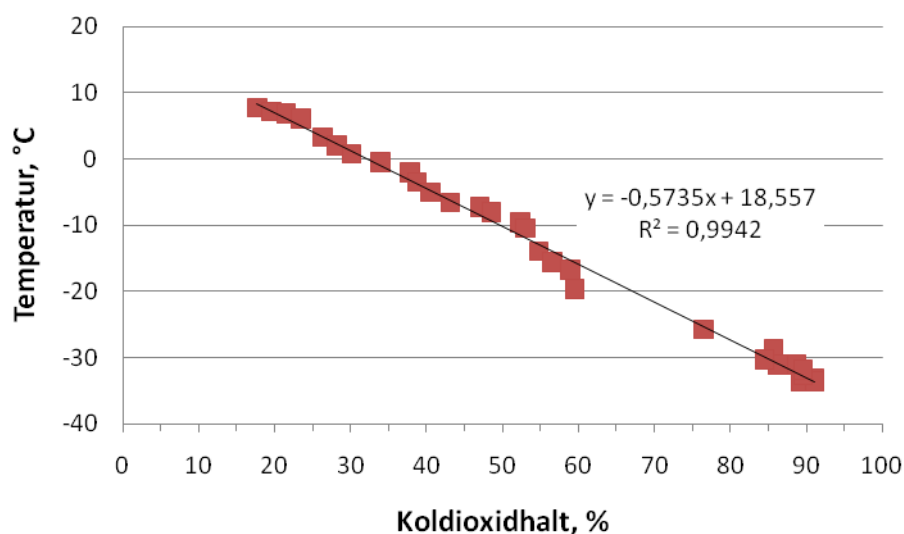
Uppmätt övertryck vid tillförel av koldioxid i stallet på Gård 2 framgår av figur 24. Mätningar gjordes på en höjd av c:a 0,4 m över golv vid gaveln längst bort från inblåsningpunkten för koldioxid.



Figur 24. Uppmätt övertryck c:a 0,4 m över golv i borte delen av stallet på Gård 2 (vid gaveln mitt emot gaveln med koldioxidinblåsning). Tidsangivelsen från start av koldioxidinblåsning är ungefärlig.

Samband mellan koldioxidhalt och temperatur

Vid jämförelse av uppmätt temperatursänkning och uppmätt koldioxidhalt kunde det konstateras att ett mycket starkt samband fanns mellan dessa två variabler (figur 25). Detta är naturligt då inströmmande gas är kall till följd av trycksänkningen och fasomvandling vid trycksänkningen. Uppmätta värden visar på att ett linjärt samband finns mellan temperatur i en viss punkt och koldioxidhalten.



Figur 25. Samband mellan koldioxidhalt och temperatur i borte delen av stallet på Gård 2 (vid gaveln mitt emot gaveln med koldioxidinblåsning).

5.1.3 Gård 3

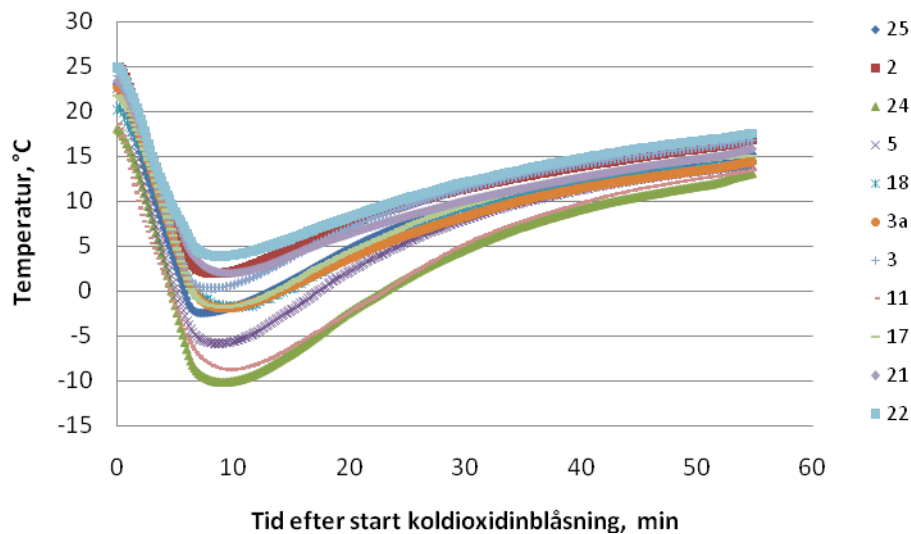
Observationer

Trots att en lampa för belysning av stallet monterats i anslutning till det fönster som var tillgängligt för inspektion av djuren var möjligheten till observation begränsad vid gasning då kolsyresnö (köldrök) yrde runt vid observationspunkten som var placerad ganska nära munstycket för koldioxidinblåsning. Strax efter att koldioxid börjat tillföras kunde det observeras att koldioxid (köldrök) strömmade ut från springor i dörrar som vidgades vid gasningen. Efter avlivning konstaterades det att djuren var väl fördelade i stallet. Under

avlivningen var ljuset inprogrammerat på natt, dvs. ljuset var släckt och ett mindre antal hönor fanns på ströbäddsarean.

Temperaturer

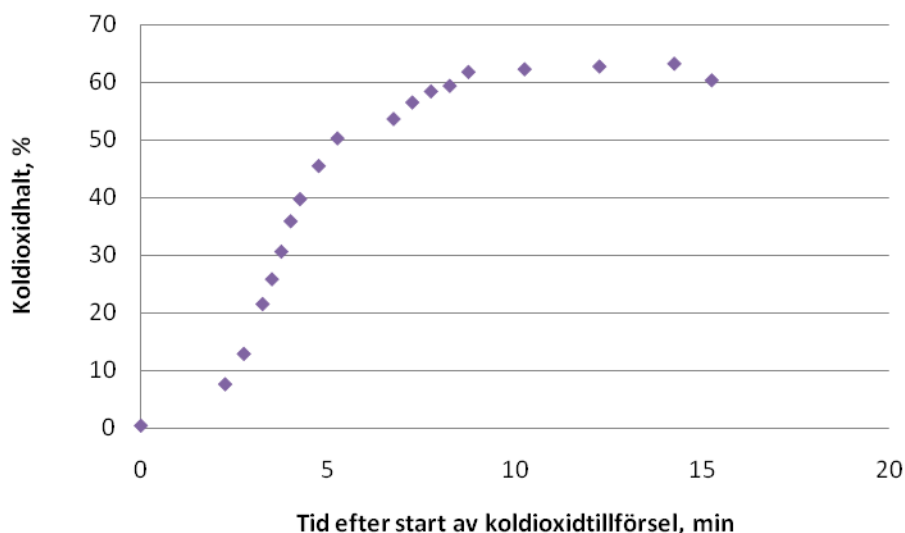
Temperaturförändringen på olika platser vid koldioxidtillförseln i stallet på Gård 3 framgår av figur 26. Den snabbaste temperaturförändring skedde i mätpunkten närmast inblåsningmunstycket för koldioxid (mätpunkt 11). I alla mätpunkter började temperaturen sänkas mycket kort tid efter att koldioxid börjat tillföras i stallet. Lågt i stallet (c:a 1 m över golv) sjönk temperaturen generellt sett mer än högre upp i stallet (c:a 2 m över golv), men skillnaderna var måttliga. Maximal temperatursänkning varierade mellan c:a 21 och 28 °C i de olika mätpunkterna.



Figur 26. Uppmätta temperaturer i stallet på Gård 3. Mätpunktsplacering enligt figur 6.

Koldioxidhalt

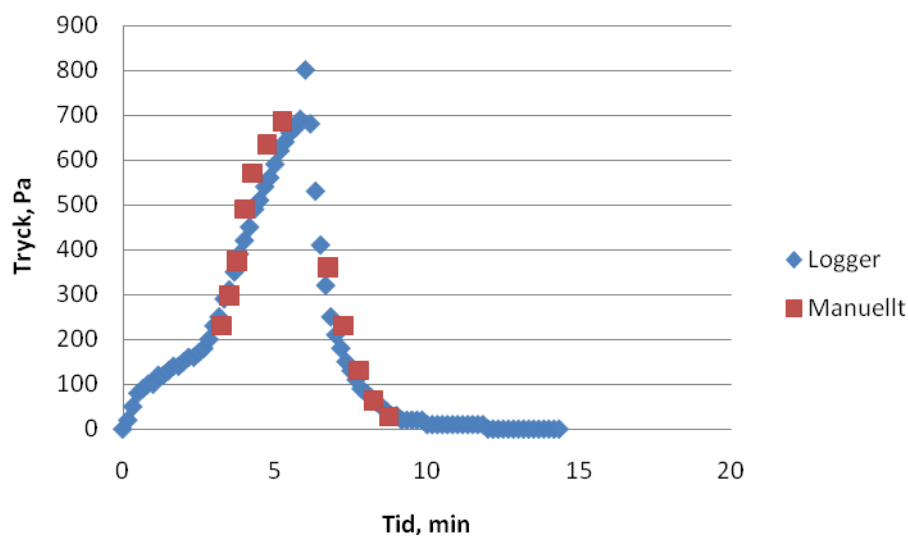
Utifrån manuellt uppmätt syrgashalt beräknades ökningen i koldioxidhalt vid gaveln i stallet på Gård 3 (figur 27). Ökningen uppvisade ett relativt linjärt förlopp under inblåsningssfasen med maximum i anslutning till att koldioxid slutade tillföras. Mätningar visar på att halter på något över 60 % uppnåddes efter att all koldioxid tillförts till stallet.



Figur 27. Koldioxidhalt framräknad utifrån uppmätt syrehalt vid gaveln på stallet på Gård 3.

Övertryck i stall

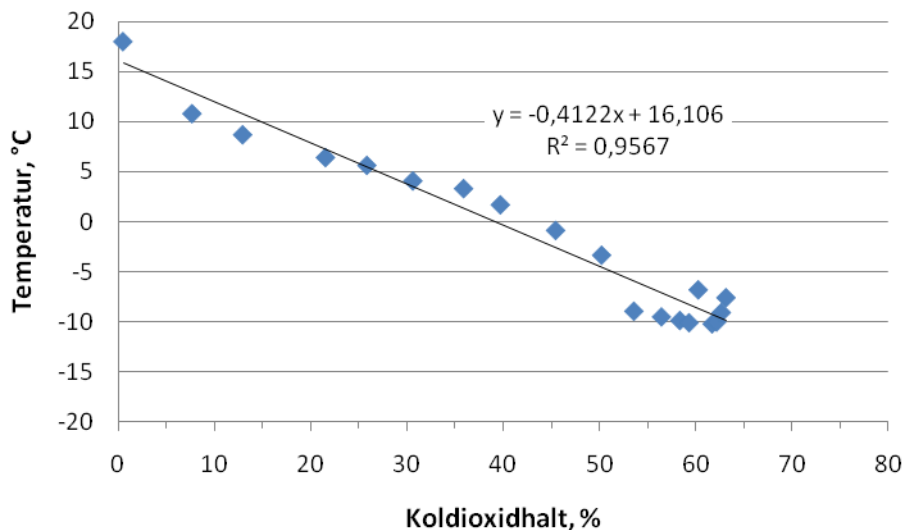
Uppmätt övertryck vid koldioxidinblåsning i stallet på Gård 3 framgår av figur 28. Mätningar gjordes strax ovan golv i stallet (på en höjd mindre än 0,2 m över golv). Ett kraftigt övertryck upp till 700-800 Pa uppmättes med maximum då all gas tillförts. Trycket sjönk snabbt efter att man slutade tillföra gas.



Figur 28. Uppmätt övertryck i golvnivå vid gavel på stallet på Gård 3.

Samband mellan koldioxidhalt och temperatur

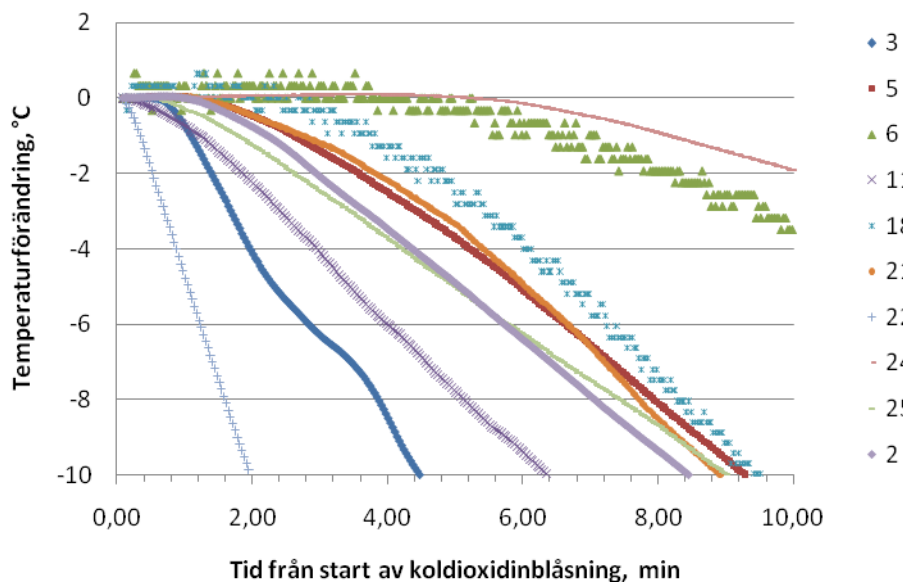
Samband på Gård 3 mellan uppmätt temperatursänkning och uppmätt koldioxidhalt framgår av figur 29.



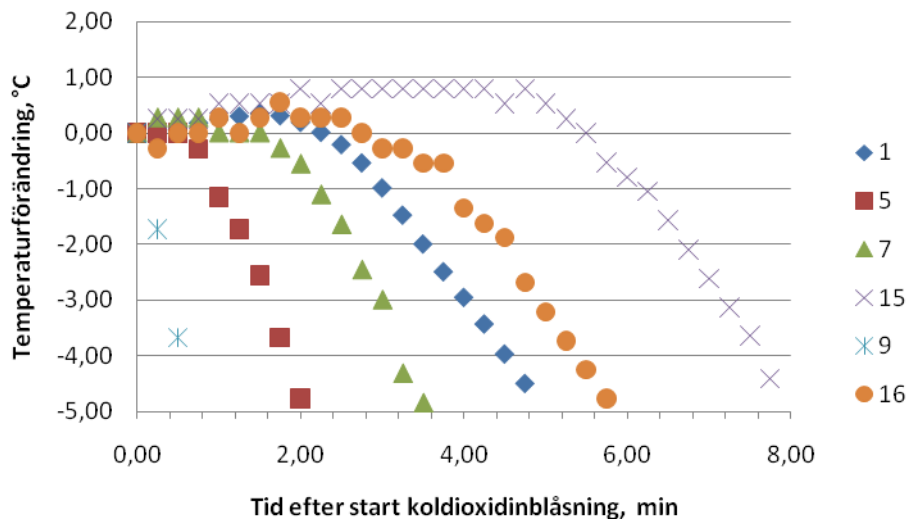
Figur 29. Samband mellan koldioxidhalt och temperatur vid gaveln av stallen på Gård 3.

5.1.4 Spridning av koldioxid

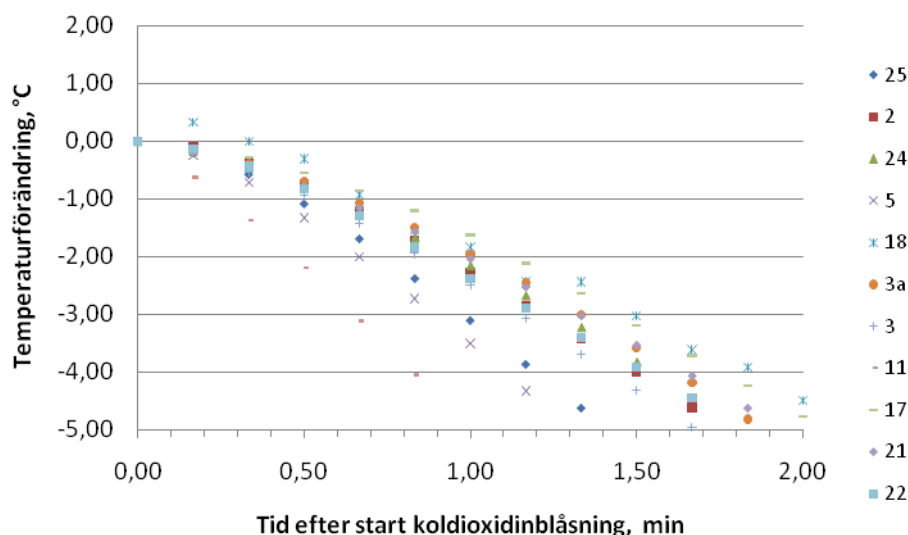
Det tydliga samband som fanns mellan uppmätt temperatur och koldioxidhalt (figur 25 och 29) tyder på att temperatursänkningen kan utnyttjas för att bedöma ökningen i koldioxidhalt. Inströmmande koldioxid är kall och detta leder till en temperatursänkning då koldioxiden blandar sig med luften på olika ställen i stallen. Då den inströmmande gasen på sin väg genom stallen värms av djuren och av byggnadsdelar som håller en högre temperatur kan det förväntas att temperaturen stiger med avståndet från inblåsningpunkten. Uppmätta temperaturer på olika ställen i stallen på Gård 1 (figur 30) och Gård 2 (figur 31) visar att temperatursänkningen sker med en tidsfördröjning som ökar med avståndet till koldioxidens inblåsningpunkt. På gård 3 började temperatursänkningen i alla mätpunkterna vid ungefär samma tid efter start av koldioxidtillförsel (figur 32).



Figur 30. Tidsfördröjning av temperatursänkningen på olika ställen (mätpunkter) i stallen på Gård 1.

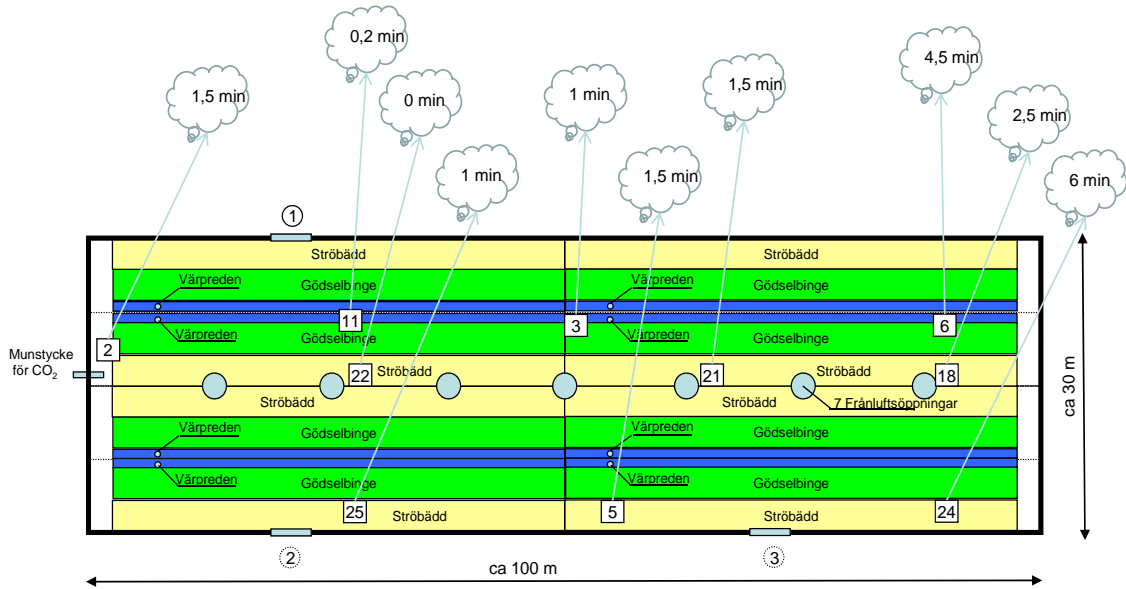


Figur 31. Tidsfördröjning av temperatursänkningen på olika ställen (mätpunkter) i stallet på Gård 2.

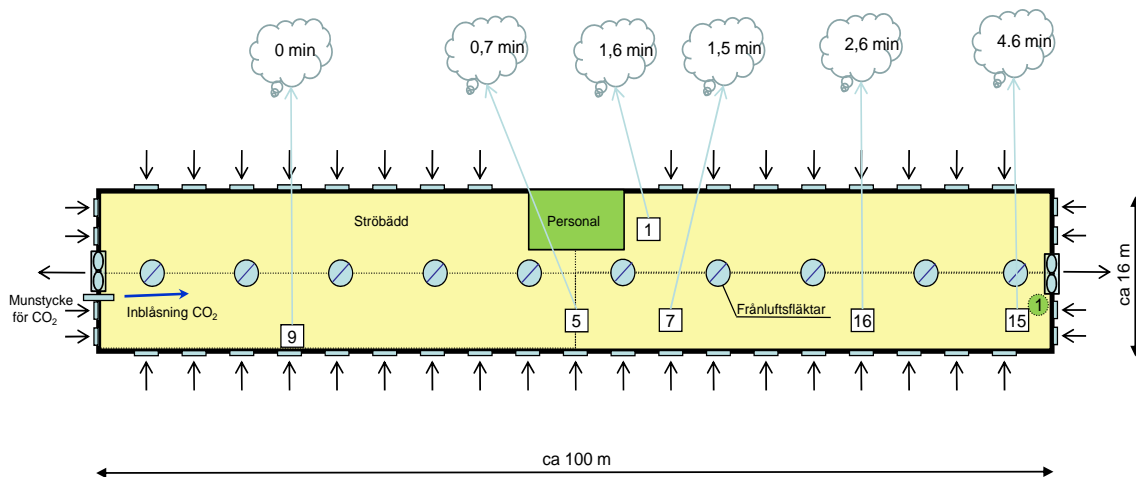


Figur 32. Tidsfördröjning av temperatursänkningen på olika ställen (mätpunkter) i stallet på Gård 3.

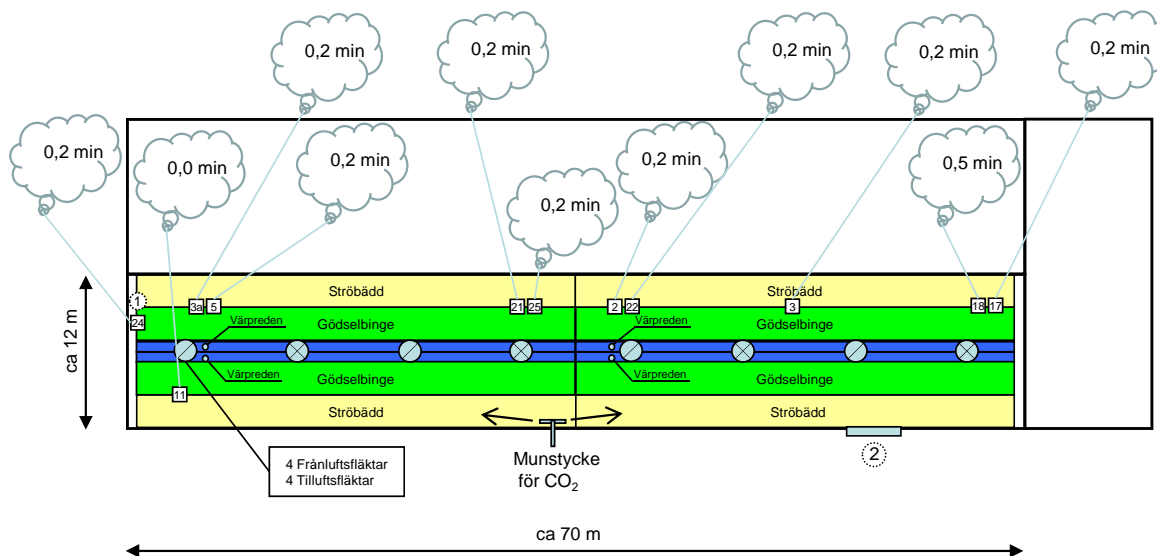
En begynnande temperatursänkning innebär att halten av koldioxid börjar öka kraftigt och tidsfördröjningen till dess att temperaturen börjar sjunka i en mätpunkt har markerats i figur 33 för stallet på Gård 1, i figur 34 för stallet på Gård 2 och i figur 35 för stallet på Gård 3. Efter att gashalten börjar stiga på en viss plats i stallet tar det någon eller några minuter till dess att sådana halter som sannolikt innebär medvetlöshet hos djuren uppnås.



Figur 33. Tidsfördröjning av begynnande temperatursänkning på olika ställen (mätpunkter) i stallet på Gård 1.



Figur 34. Tidsfördröjning av begynnande temperatursänkning på olika ställen (mätpunkter) i stallet på Gård 2.

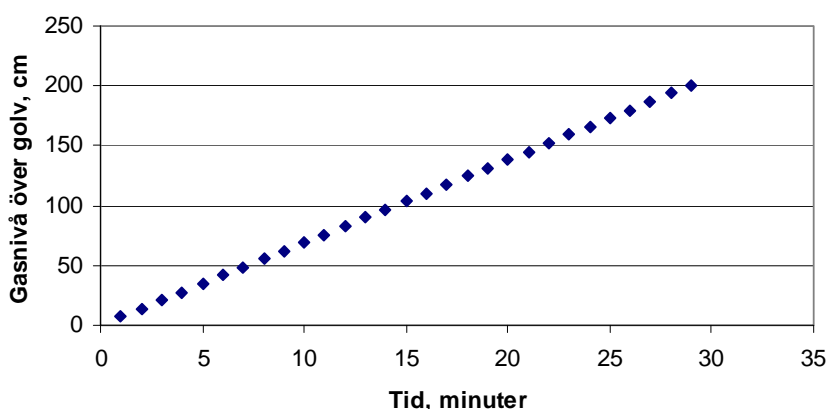


Figur 35. Tidsfördröjning av begynnande temperatursänkning på olika ställen (mätpunkter) i stallet på Gård 3.

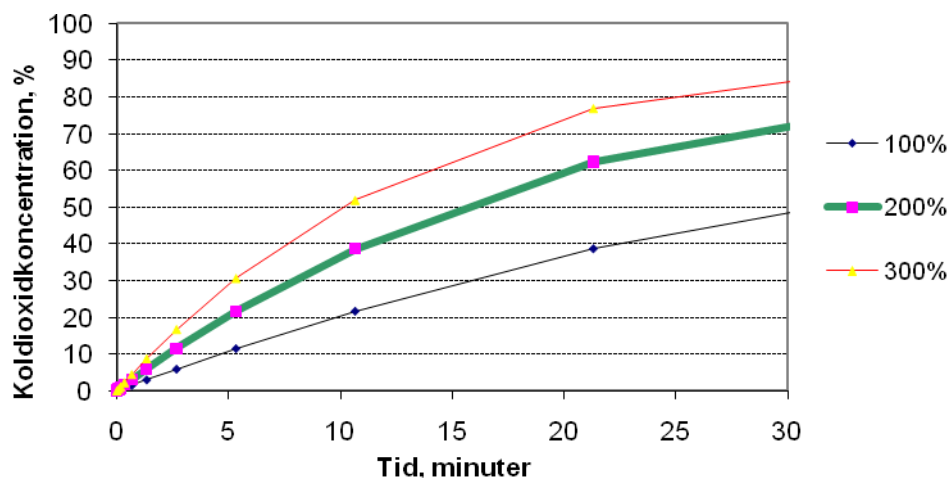
5.1.5 Teoretisk ökning av koldioxidhalt vid olika luftväxlingstal

Gård 1

Den koldioxid som tillförs stallet är kall och tyngre än vanlig luft och har därför en benägenhet att ansamlas vid golvet. I ett hypotetiskt fall där gasen sjunker till golvet och fyller stallet nedifrån skulle höjden på koldioxidskiktet förändras principiellt enligt figur 36 i aktuellt fall. Efter c:a 30 minuter då all den beräknade mängden koldioxid (10800 kg) tryckts in är då gaskelarens höjd c:a 2 m. Om inströmmande gas istället blandar sig fullständigt med luften i stallet erhålls enligt teoretiska formler (VVS-handboken, 1974) en ökning i gaskoncentration enligt figur 37. Gas strömmar in samtidigt som ett lika stort flöde med den gasblandning som för stunden finns i lokalen strömmar ut genom öppningar (fläktöppningar). Gasflödet i det aktuella fallet motsvarade ett luftväxlingstal på c:a 1,4 luftväxlingar per timme. Enligt diagrammet (Figur 37) skulle då en halt om c:a 50 % koldioxid uppnås efter c:a 30 minuter då den beräknade gasmängden (10800 kg) tillförts.



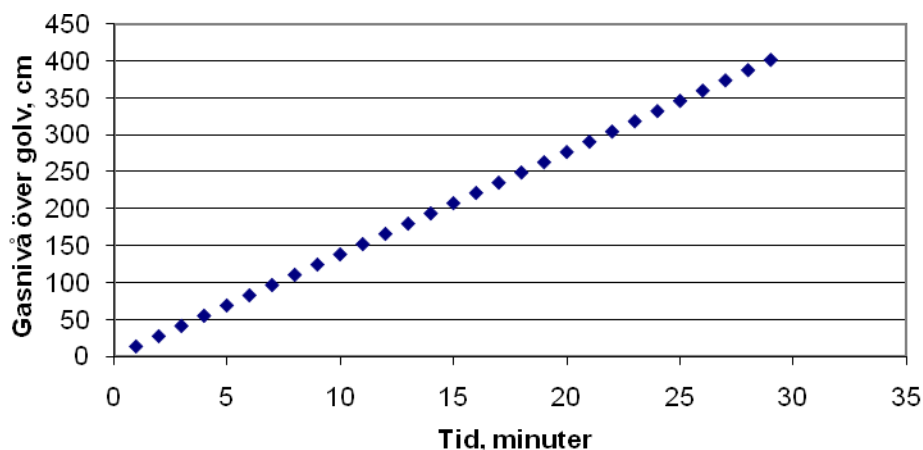
Figur 36. Teoretisk ökning av gasnivån i stallet på Gård 1 om gasen lägger sig i ett skikt längs golvet i stallet och ingen inblandning sker i luften som redan finns i stallet



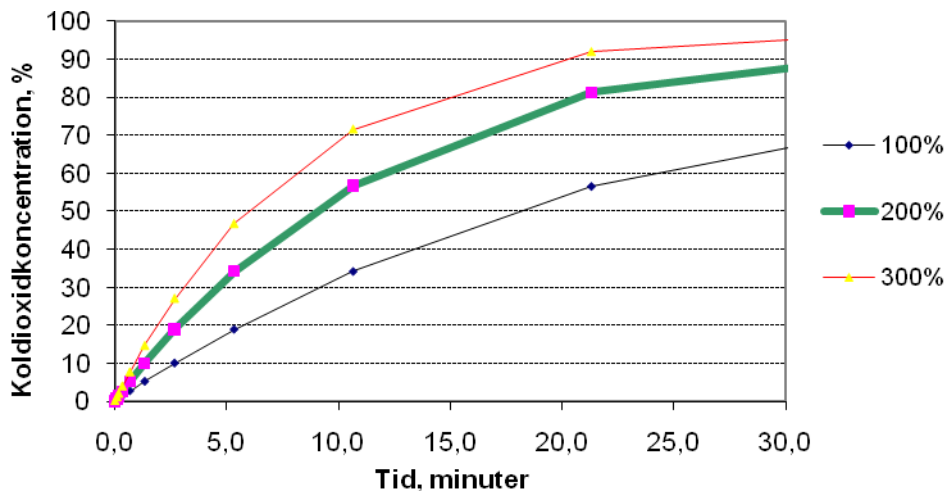
Figur 37. Teoretisk ökning av gashalten i stallet på Gård 1 vid olika luftväxlingstal om den inströmmande gasen blandar sig fullständigt med luft som redan finns i stallet. Aktuellt gasinblåsningsflöde i stallet (100 %) motsvarar ett luftväxlingstal på c:a. 1,4.

Gård 2

I ett hypotetiskt fall där gasen sjunker till golvet och fyller stallet nedifrån skulle höjden på koldioxidskiktet förändras principiellt enligt figur 38 i aktuellt fall. Efter c:a 20 minuter då all den beräknade mängden koldioxid (8500 kg) tryckts in är då gashöjden c:a 2,5 m. Om inströmmande gas istället blandar sig fullständigt med luften i stallet erhålls en ökning i gaskoncentration enligt figur 39. Gas strömmar in samtidigt som ett lika stort flöde med den gasblandning som för stunden finns i lokalen strömmar ut genom öppningar (fläktöppningar). Gasflödet i det aktuella fallet motsvarade ett luftväxlingstal på c:a 2,4 luftväxlingar per timme. Enligt diagrammet (figur 39) skulle då en halt på c:a 55 % koldioxid uppnås efter c:a 20 minuter då den beräknade gasmängden (8500 kg) tillförts.



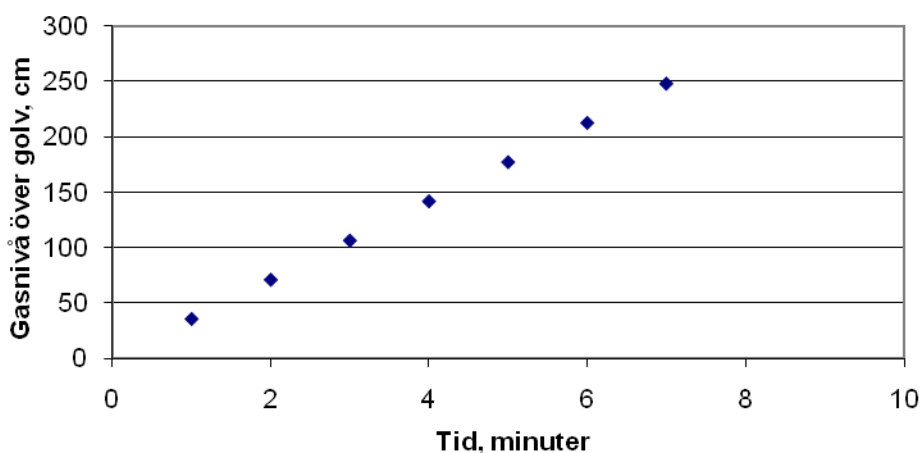
Figur 38. Teoretisk ökning av gasnivån i stallet på Gård 2 om gasen lägger sig i ett skikt längs golvet i stallet och ingen inblandning sker i luften som redan finns i stallet.



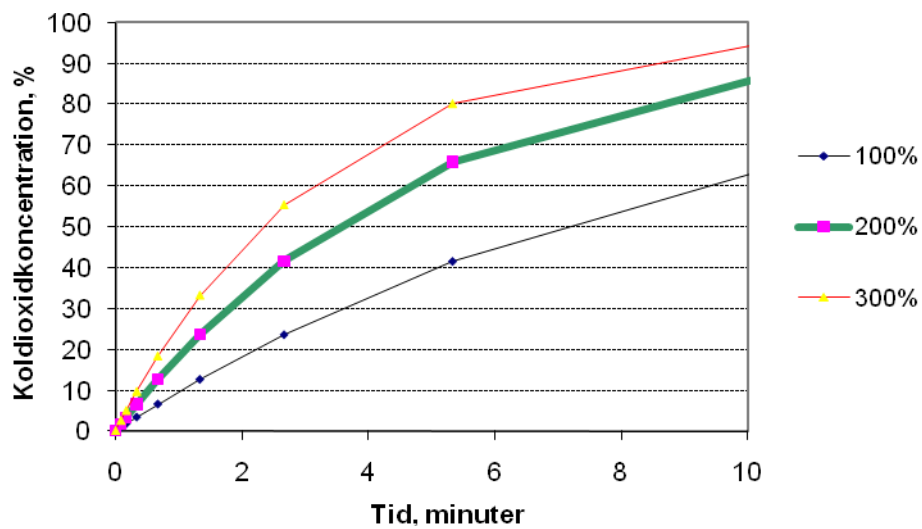
Figur 39. Teoretisk ökning av gashalten i stallet på Gård 2 vid olika luftväxlingstal om den inströmmade gasen blandar sig fullständigt med luft som redan finns i stallet. Aktuellt gasinblåsningsflöde i stallet (100 %) motsvarar ett luftväxlingstal på c:a. 2,4.

Gård 3

Om gasen sjunker till golvet och fyller stallet nedifrån skulle höjden på koldioxidskiktet förändras principiellt enligt figur 40 i aktuellt fall. Efter c:a 6,5 minuter då all den beräknade mängden koldioxid (3600 kg) tryckts in är då gaspelarens höjd c:a 2,2 m. Om inströmmande gas istället blandar sig fullständigt med luften i stallet erhålls en ökning i gaskoncentration enligt figur 41. Gas strömmar in samtidigt som ett lika stort flöde med den gasblandning som för stunden finns i lokalen strömmar ut genom öppningar (fläktöppningar). Gasflödet i det aktuella fallet motsvarade ett luftväxlingstal på c:a 6 luftväxlingar per timme. Enligt diagrammet (figur 41) skulle då en halt på c:a 50 % koldioxid uppnås efter c:a 6,5 minuter då den beräknade gasmängden (3600 kg) tillförts.



Figur 40. Teoretisk ökning av gasnivån i stallet på Gård 3 om gasen lägger sig i ett skikt längs golvet i stallet och ingen inblandning sker i luften som redan finns i stallet.



Figur 41. Teoretisk ökning av gashalten i stallet på Gård 3 vid olika luftväxlingstal om den inströmmande gasen blandar sig fullständigt med luft som redan finns i stallet. Aktuellt gasinblåsningsflöde i stallet (100 %) motsvarar ett luftväxlingstal på c:a 6 luftomsättningar per timme.

5.2 Delstudie 2

5.2.1 Gård 4

Gasflöde från byggnaden

På gård 4 kunde omfattningen av gasläckage från taktrummor och otätheter inte bedömas.

Veterinärens övervakning

Veterinären anlände strax innan gasning och kontrollerade beräkningen av mängden gas som skulle tillföras. Avskärmning framför tillförselröret samt tätning av aktuell och intilliggande avdelning kontrollerades inte. Någon avskärmning hade inte heller gjorts (dock drevs djuren bortåt i stallet strax före gasning). Under pågående gasning gjorde veterinären observationer genom ett specialbyggt visningsfönster ovanför avdelningen. När gas slutat tillföras lämnade veterinären gården. Intilliggande avdelning kontrollerades inte efter gasning.

Beteendereaktioner under gasning

När gastillförsel startade noterades kraftiga rörelsereaktioner, framför allt på den lägre nivån. Djuren rörde sig snabbt från det moln av dimma som bildats av den inkommande gasen, men även inom och mellan våningsplan under c:a 50 sekunder, varefter flyktrörelser avtog och djuren tenderade att stanna på samma plats i högre utsträckning. Djuren förblev alerta och tittade sig mycket omkring innan de blev påverkade av gasen. Generellt ökad vokaliseringsgrad i stallet noterades strax efter gaspåsläpp. I tabell 7 visas en sammanställning av registrerade beteenden samt tidsangivelse (i 5-sekundersintervall) för när första djuret respektive c:a hälften av djuren uppvisade dessa på respektive nivå. I tabellen visas även tidsintervall för vissa beteenden.

Som framgår av tabell 7 började djur på den lägre nivån visa tecken på gaspåverkan och andningsproblem efter c:a 1 minut, medan det för djur på högre nivå dröjde ytterligare c:a 30 sekunder. Djuren började få balanssvårigheter ungefär samtidigt, efter c:a 2 minuter. På låg nivå började vissa individer få svårt att hålla huvudet upprätt efter c:a 3 minuter, medan det på hög nivå dröjde 4 minuter. Det var också ungefär 1 minuts fördröjning mellan de tidpunkter då djuren förlorade balansen och föll på sidan eller ramlade ned från sittpinarna, och detta skedde efter c:a 3 (låg) respektive 4 (hög nivå) minuter. Vid jämförelse mellan de två nivåerna under de första 5 minuterna kunde således endast mindre tidsskillnader upptäckas. Efter c:a 4-5 minuter hindrades fortsatt registrering av att det bildats tät dimma. Andning och andra rörelser kunde dock följas på hög nivå trots dimma. Andning sågs t.o.m. 11 minuter efter gaspåsläpp och vingrörelser sågs hos enstaka individer t.o.m. 18:e minuten.

På båda nivåerna sågs kippande till dess att dimma omöjliggjorde vidare registrering av beteendet; på hög nivå sågs det tydligt i 5,5 minuter. Vokaliseringsgraden uppfattades som intensifierad i samband med att djuren visade de första tecknen på CO₂-påverkan och den började avta c:a 5 minuter efter gaspåsläpp. Enstaka individer hördes vokalisera till och från under 16 minuter efter start av gastillförsel.

Djuren drevs innan gasning uppåt i stallet, och efter avlivningen noterades en jämn spridning av djur i stallets mittersta och övre del (se figur 42). På golvet framför gastillförselröret noterades att ströbädden hade blåsts bort och ett mindre antal djur befann sig i detta område (se figur 43).

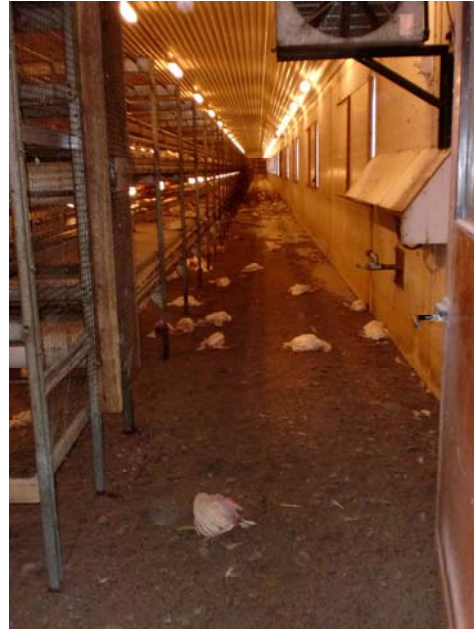
Tabel 7. Tidsangivelser (minut:sekund) efter påbörjad gasinförsel då djuren ses utföra specifika beteenden relaterade till påverkan av koldioxid på gård 4. Gasinförsel pågick i 14 minuter. X i tabellen indikerar att beteendet inte kunde registreras p.g.a. dimma.

	Låg nivå			Hög nivå		
	1:a djuret ses visa beteendet	~50 % av djuren visar beteendet	Ungefärligt intervall där beteendet ses	1:a djuret ses visa beteendet	~50 % av djuren visar beteendet	Ungefärligt intervall där beteendet ses
Näbben öppnas/stängs	01:10	X	X	01:30	X	X
Huvudskakning	01:10	X	01:10-03:10 ¹⁾	01:50	X	01:50-04:00 ¹⁾
Kippande	01:05	01:50	01:05-04:10 ²⁾	01:35	02:00	01:35-05:30 ²⁻³⁾
Vinglar	02:05	X	X	X	X	02:00-04:00
Försämrad nacktonus	03:10	X	X	04:00	X	X
Förlorar balansen	02:50	03:10-04:10 ²⁾	X	04:10-04:40	04:40-05:00	X
Sparmer/häftigt flaxande hos liggande fåglar	X	X	X	X	X	05:00-07:00 ⁵⁾
Sista rörelserna ses		04:10 ²⁾			09:00-11:00 ⁶⁾ (andningsrörelser) 15:00 ⁷⁾ 16:00-18:00 ⁴⁾	
Vokaliseringsgrad	Intensifiering från gaspåsläpp, därefter avtagande från 05:00. 07:00-15:00 ⁵⁾			Intensifiering från gaspåsläpp, därefter avtagande från 05:00. Från 14:00 ⁵⁾ . T.o.m. 15:20 ⁴⁾		
Dimma stör sikt för observation		03:10-04:00			05:00-06:00, 09:00-14:00, 15:00-16:00	
Fullständig dimma		04:00-15:10			05:30-09:00, 14:00-15:00	

¹⁾ Övergår därefter i kraftiga ryck där halsen sträcks och djuren kippar. Vissa börjar tappa balansen i samband med detta ²⁾ Därefter dimma ³⁾ Tydligt kippande med rest huvud ses även hos liggande fåglar ⁴⁾ En individ ⁵⁾ Enstaka individer ⁶⁾ Minst 2 individer ⁷⁾ Minst 4 individer (vingrörelser)



Figur 42. Avlivade djur var jämnt spridna i mitten och bortre delen av stallet



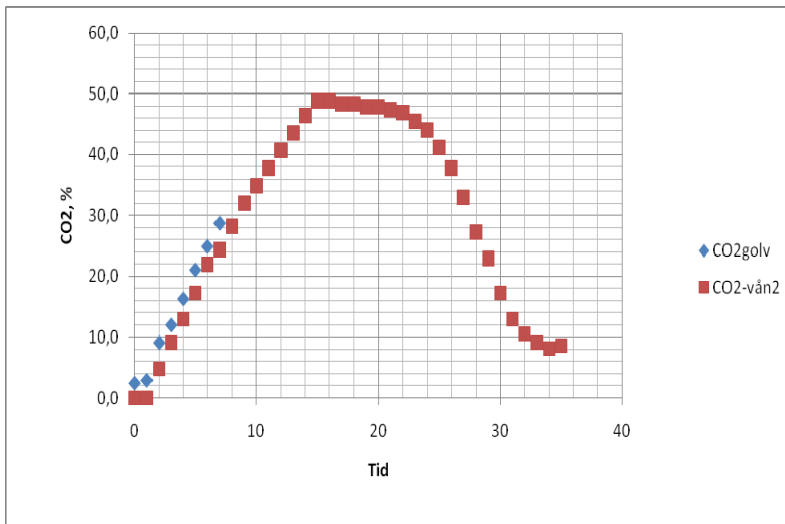
Figur 43. På golvet längs långsidan framför gastillförelseröret observerades bortblåst ströbädd. Ett mindre antal höns befann sig i detta område.

Temperaturförändring under gasning

På gård 4 förändrades temperaturen under gasning som förväntat; temperaturen sjönk i takt med att koldioxiden fylldes på i utrymmet. Lägst temperatur uppmättes efter 13 minuter på låg nivå ($-3,2^{\circ}\text{C}$) respektive 19 minuter på hög nivå ($10,0^{\circ}\text{C}$). Under perioden till dess att fåglarna tappade balansen understeg inte temperaturen 13°C (låg nivå) respektive 21°C (hög nivå).

Förändring i koldioxidhalt under gasning

Vid gasning mättes syrehalt, vilken räknades om till koldioxidhalt. Det upptäcktes under gasning på gård 4 att syremätningen på den lägre nivån inte var tillförlitlig, varför data från denna nivå uteslöts. På hög nivå steg CO_2 -halten kontinuerligt och nådde högsta värdet $48,8\%$ efter 15 minuter, varefter halten åter sjönk till låga nivåer (sista värdet $8,6\%$ uppmättes efter 35 minuter). Figur 44 visar uppmätt förändring i koldioxidhalt under gasning på gård 4.



Figur 44. Förändring i koldioxidhalt under gasning på låg respektive hög nivå i stallet, gård 4. Mätutrustning på låg nivå upphörde att leverera data 8 minuter efter start.

Värden i följande beskrivning gäller för hög nivå. Under första minuten efter gaspåsläpp mättes CO₂-koncentrationen med en decimal till 0,0 %, vilket kan anses motsvara normal koldioxidnivå i luft om c:a 0,04 %. Andningsproblem registrerades hos djuren redan mellan 1-2 minuten, vilket motsvarades av CO₂-koncentration på ca 0,04-4,8 %. Djuren fick därefter balansproblem och blev vingliga vid ca 4,8 % CO₂ och förlorade balansen vid ca 13-17 % CO₂.

Andning sågs hos enstaka djur fram till 11:e minuten (c:a 38 % CO₂) och de sista rörelserna noterades efter 18 minuter (c:a 48 % CO₂). Vokaliseringarna avtog från 5:e minuten (c:a 17 % CO₂) och den sista hördes efter 15,5 minuter (c:a 49 % CO₂).

Obduktion

Obduktion av tre värphöns, tagna från olika nivåer i systemet, genomfördes på SVA med frågeställningar om tecken på förfrysning och synliga reaktioner på gasen. Resultaten visade på leverruptur hos en av hönorna. Inga histologiska fynd som kunde kopplas till gasavlivningen noterades. Förändringar som kan misstänkas vara orsakade av förfrysningar sågs ej.

Gasläckage till intilliggande avdelning

Efter avslutad gasning lämnades stallet och personalen återkom efter c:a 2 timmar. Då upptäcktes att höns i den intilliggande avdelningen, där avlivning inte skulle genomföras, var påverkade av gas. Gasläckage skedde alltså till avdelningen intill, vid den ände av huset där gastillförseln gjordes. Påverkade djur befann sig på golvet i området vid den kortsida som vette mot en gemensam korridor, där dörrar samt äggband fanns. Dörrar öppnades under en kort period och man flyttade en del påverkade höns till första våningsplanet. När gasläckan upptäcktes hade några djur redan hunnit dö och ytterligare ett antal dog under eftermiddagen. Personalen avvaktade åtgärd till nästföljande dag, då ett 10-tal djur som fortfarande var starkt påverkade avlivades. Totalt avlivades eller dog c:a 60 djur i denna avdelning.

5.2.2 Gård 5

Gasflöde från byggnaden

Under gasning på gård 5 observerades gasflödet från ventilationsöppningarna. Stor mängd gas trängde ut genom de 17 frånluftsfläktarna i sidoväggarna (se figur 45) och gas läckte även från taktrummor; framför allt de som var placerade över den del av byggnaden där gastillförseln skedde.



Figur 45. Under avlivningen sågs stort läckage från framför allt ventilationsöppningar i husets långsidor.

Veterinärens övervakning

Veterinären anlände strax innan gasning och kontrollerade med AGA:s personal den beräknade mängden gas som skulle tillföras. Veterinären hörde sig för om tätning av avdelningen, och producenten beskrev hur detta hade gjorts. Veterinären tittade på införselrörets mynning i avdelningen. Strax efter att gas slutat tillföras tittade veterinären in genom ett mindre fönster vid mitten av stallets långsida och lämnade sedan gården. Intilliggande avdelning kontrollerades inte efter gasning.

Beteendereaktioner under gasning

När gasinförseln startade noterades en kraftig reaktion, där djuren flaxade, flög och rörde sig mellan och inom våningsplan. På denna gård var det jämfört med gård 4 ännu tydligare skillnad i intensitet mellan hög och låg nivå; djur på golvnivå rörde sig kraftigare och i mer bestämd riktning bort från det dimmoln som gasen bildat. På golvnivå omöjliggjorde dimma registrering efter c:a 45 sekunder. På nivån över 2:a våningen avtog flyktrörelserna efter drygt en minut och djuren tenderade därefter att stanna på samma plats. En generellt ökad vokaliseringsgrad i stallet noterades strax efter gaspåsläpp. I tabell 8 visas en sammanställning av registrerade beteenden samt tidsangivelse för när dessa sågs.

Som framgår av tabell 8 kunde inga jämförelser göras mellan hög och låg nivå p.g.a. dimma. På den högre nivån registrerades djur sittandes på pinnar över våningsplan 2. Samtliga registrerade djur satt på pinne, vilket innebar att beteenden registrerades till dess att de förlorade fotfästet och föll ned till den underliggande våningen. Registrering kunde alltså inte ske efter att djuren helt förlorat fotfästet. På denna nivå började djuren visa tecken på gaspåverkan och andningssvårigheter c:a 2 minuter efter gaspåsläpp

(näbböppning, huvudskakning och kippande börjar ses i princip samtidigt). Inom ytterligare 15 sekunder kippade de flesta djur och detta sågs till dess att dimman hindrade registrering (efter 3,5 minuter). Djuren började få balansproblem och bli vingliga efter 2,5 minuter och efter knappt 3,5 minuter började de helt tappa balansen. Vid fullständig dimma efter 4 minuter bedömdes att de flesta hade förlorat fotfästet.

Liksom på gård 4 ökade vokaliseringsgraden strax efter gaspåsläpp, efter den intensivaste perioden med flyktreaktioner. Vokaliseringarna uppfattades avta från c:a 4 minuter, men mellan den 5:e och den 9:e minuten noterades en intensifiering. Under denna period hindrades videoregistrering av dimma, men hög förekomst av häftiga rörelser/flaxande kunde dock höras. Dessa rörelser, liksom vokaliseringarna, avtog vid 9:e minuten. Enstaka individer hördes vokalisera under 11,5 minuter. Efter avlivningen noterades en jämn spridning av djur i stallet (figur 46 och 47). I området framför röret genom vilket gas tillfördes sågs inga uppenbara tecken på förfrysning hos djuren.



Figur 46. Spridning av höns efter avlivning, golvnivå.



Figur 47. Spridning av höns efter avlivning, övre nivå.

Tabell 8. Tidsangivelser (minut:sekund) efter påbörjad gasinförsel då djuren ses utföra specifika beteenden relaterade till påverkan av koldioxid på gård 5. Gasinförsel pågick i drygt 9 minuter. X i tabellen indikerar att beteendet inte kunde registreras p.g.a. dimma.

	Låg nivå			Hög nivå		
	1:a djuret ses visa beteendet	~50 % av djuren visar beteendet	Ungefärligt intervall där beteendet ses	1:a djuret ses visa beteendet	~50 % av djuren visar beteendet	Ungefärligt intervall där beteendet ses
Näbben öppnas/stängs				02:05	X	X
Huvudskakning				02:05	X	02:05-03:30 ¹⁾
Kippande		Beteenderegistrering kunde ej göras på grund av dimma		02:05	02:15	02:05-03:30 ¹⁾
Vinglar				02:30	X	X
Försämrad nacktonus					Beteendet ses ej	
Förlorar balansen				03:15	03:30	03:15-04:00 ¹⁻²⁾
Spasmer/häftigt flaxande	Häftigt flaxande hörs, trots dimma, framför allt i period med ökad vokalisering 05:40-08:50			Häftigt flaxande hörs, trots dimma, framför allt i period med ökad vokalisering 05:00-08:45		
Vokaliseringsgrad	Intensifiering från gaspåsläpp, därefter avtagande från 04:00. Åter stigande från 05:40 och avtar igen 08:50. Sista vokaliseringen hörs vid 11:30			Intensifiering från gaspåsläpp, därefter avtagande från 04:00. Åter stigande från 05:00 och avtar igen 08:45. Sista vokaliseringen hörs vid 10:50		
Dimma stör sikt för observation		00:40-00:45			02:00-03:30, 10:00-11:00	
Fullständig dimma		00:45-26:00			03:30-10:00	

¹⁾ Därefter dimma. ²⁾ I princip alla synliga djur uppvisar beteendet.



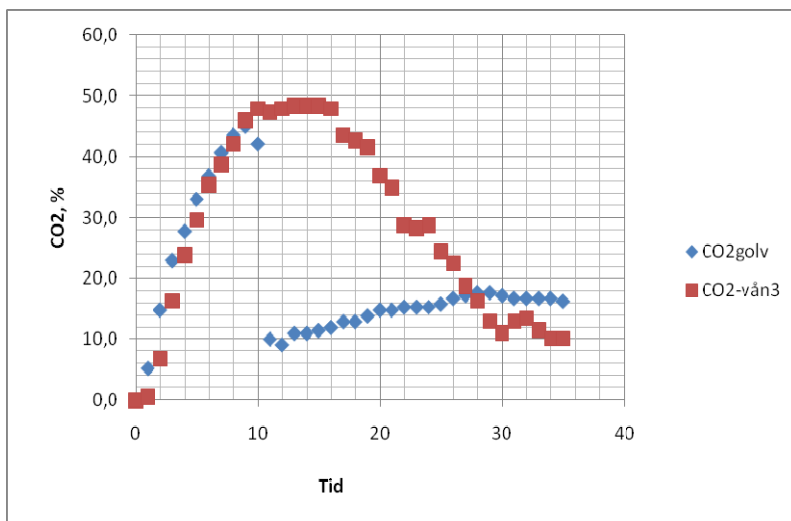
Figur 48. Spridning av höns efter avlivning, området framför gasinförseln. Införselrörets fäste ses som en grå fyrkant på väggen längst bort, lite till höger i bild.

Temperaturförändring under gasning

Lägsta temperatur uppmättes efter 15,5 minuter på låg nivå ($-3,2^{\circ}\text{C}$) respektive 28 minuter på hög nivå ($11,2^{\circ}\text{C}$). Under perioden till dess att fåglarna tappade balansen understeg inte temperaturen 11°C (låg nivå) respektive 20°C (hög nivå).

Förändring i koldioxidhalt under gasning

Vid gasning mättes syrehalt, vilken räknades om till koldioxidhalt. Mätningar på låg nivå var tillförlitliga de första 10 minuterna efter att gas börjat tillföras, men inte därefter och därför uteslöts värden uppmätta efter 10:e minuten. På hög nivå steg CO_2 -halten kontinuerligt och nådde högsta värdet 48,3 % efter 13 minuter, varefter halten åter sjönk (sista värdet 10,0 % uppmättes efter 35 minuter). Figur 49 visar förändringen i koldioxidhalt under gasning på hög (samt under de första 10 minuterna även låg) nivå.



Figur 49. Förändring i koldioxidhalt under gasning på gård 5. Märk att data från och med 11:e minuten på låg nivå inte ansågs tillförlitliga.

Som nämnts tidigare kunde beteenderegistrering inte göras på låg nivå på grund av tät dimma. Värden i följande beskrivning gäller hög nivå. Under första minuten efter gaspåsläpp mättes CO₂-koncentrationen med en decimal till 0,0 %, vilket kan anses motsvara normal koldioxidnivå i luft om c:a 0,04 %. Andningsproblem registrerades under andra minuten, vilket motsvarades av en CO₂-koncentration på c:a 4,8 %. Djuren fick därefter balansproblem vid c:a 5,0-9,0 % CO₂ och började tappa balansen vid c:a 9,0 % CO₂. Vid c:a 13,0 % CO₂ bedömdes att samtliga djur hade förlorat fotfästet.

Ökad vokalisering noterades i samband med ökad grad av rörelse och vingflaxande under dimma mellan 5:e och 9:e minuten (motsvarade c:a 30-46 % CO₂). Sista vokaliseringen hördes efter 11,5 minuter (c:a 48 % CO₂).

Obduktion

Obduktion av två värphöns, en från golvnivån och en från den övre nivån i systemet, genomfördes på SVA med frågeställningar om tecken på förfrysning och synliga reaktioner på gasen. Resultaten visade på en lindrig katarral inflammation i luftstrupe hos båda hönsen. Inga histologiska fynd som kunde kopplas till gasavlivningen gjordes. Förändringar som kan misstänkas vara orsakade av förfrysningar sågs ej.

6. DISKUSSION

6.1. Mängd koldioxid för avlivning i stall

Enligt nuvarande föreskrifter beräknas erforderlig mängd koldioxid enligt formeln:

$$m_{\text{CO}_2} = V_{\text{stall}} \cdot 1,8 \cdot 0,8 \quad (1)$$

Förutsatt att temperaturen i stallet kan hållas vid c:a 20 °C kan erforderlig mängd koldioxid vid fullständig omblandning och inget läckage av koldioxid till omgivningen beräknas enligt:

$$m_{\text{CO}_2} = V_{\text{stall}} \cdot \zeta_{\text{CO}_2} \cdot \text{Andel}_{\text{CO}_2} \quad (2)$$

där

m_{CO_2} = mängden koldioxid, kg

V_{stall} = stallets volym, m³

ζ_{CO_2} = koldioxidens densitet vid 20 °C = 1,8 kg/m³

$\text{Andel}_{\text{CO}_2}$ = andelen koldioxid i stallet = 0,8 (man vill uppnå en halt på 80 % i stallet)

Ett problem som tillstöter är att luften i stallet som vid 20 °C har en densitet på c:a 1,2 kg/m³ kyls av den inströmmande koldioxiden. Då temperaturen sänks ökar gasens densitet, koldioxidens såväl som rumsluftens, men förhållandet mellan gasernas densitet (1,52) bibehålls. Vid en temperatur på t.ex. – 30 °C upptar därför koldioxiden en lägre volym, c:a 83 % av volymen vid 20 °C vilket leder till att den genomsnittliga koncentrationen i stallet blir något lägre än beräknat. En annan faktor som påverkar är läckage av koldioxid genom öppningar i byggnaden. Detta har lagstiftaren uppenbarligen tagit hänsyn till, eftersom beräkningar av mängden gas ska göras för 80 % koldioxid, men man sedan tillåter en sänkning till 60 % under den tid då djuren ska exponeras för gasen. Då koldioxiden är kall begränsas omblandningen med luften som redan finns i stallet och då öppningar finns högt i byggnaderna är det huvudsakligen den ursprungliga stalluften som pysar ut genom öppningarna.

En betydande faktor är också den koldioxidansamling som sker vid golvet till följd av koldioxidens låga temperatur och även densiteten som är högre än för luft inverkar till att gasen ansamlas i höga koncentrationer vid golvet. Detta innebär i praktiken att koldioxidkoncentrationen sällan torde vara något bekymmer i de fall då fjäderfåna befinner sig på golvet eller lågt ner (slaktkyckling, kalkon, värphöns i envåningssystem) men kan vara mer kritisk i de fall då flervåningssystem används.

För att bestämma erforderligt behov av koldioxid på ett mer noggrant sätt behöver man ta hänsyn till volymförändringar, läckage och koldioxidansamling vid golv.

I de två fall av koldioxidavlivning som studerades på Gård 1 och Gård 2 beräknades erforderlig koldioxidtillförsel med ekvation 1 ovan. På Gård 1 kom man fram till att 10800 kg koldioxid skulle tillföras medan en kontrollberäkning pekade på 12960 kg. Tillförsel av 10800 kg innebar en koldioxidhalt på 67 % vid fullständig omblandning om man bortser från temperaturens inverkan och läckage av koldioxid genom öppningar. Motsvarande värde för tillförsel av beräknad mängd, dvs. 8500 kg gas i stallet på Gård 2 är 84 %. De mätningar som gjordes på Gård 2 visar på något högre värden i verkligheten nära golv (c:a 90 % c:a 1 m över golv). På Gård 3 beräknades att 3500 kg koldioxid skulle erfordras för att uppnå 80 %. En

kontrollberäkning visade emellertid att 4230 kg skulle behövas enligt ekvation 1 ovan. Tillförsel av 3560 kg innebar att en koldioxidhalt på 67 % skulle uppnås vid fullständig omblandning om man bortser från temperaturens inverkan och läckage av koldioxid genom öppningar. De mätningar som gjordes på Gård 3 visar på att en koldioxidhalt på c:a 63 % uppnåddes, dvs. något lägre än beräknat. Mätningar tyder på att den koldioxidmängd som beräknas med formel (1) är tillräcklig för att uppnå halter på c:a 80 % i stallet.

I alla tre stallen skedde avlivningen utan problem så tillvida att samtliga djur avlivades inom den givna tidsramen och halterna i djurens vistelsezon var klart över de halter som krävdes för avlivning av djuren.

6.2 Metod för gastillförsel

Var skall koldioxiden tillföras?

Bästa fördelning av gasen åstadkoms om den blåses in genom ett antal munstycken fördelade jämnt i hela stallet. Ett sådant system är emellertid svåruppnåeligt ur praktisk och ekonomisk synpunkt. Utformningen av de stall som djuren vistas i och tillgänglighet runt byggnaden begränsar möjligheterna till placering av munstycken för inblåsning av koldioxiden. Oftast är det naturligtast att montera inblåsningmunstycken i gavlarna då dessa används för in- och utlastning. Inredning som i viss mån kan vara hindrande för inblåsningen är ofta också monterade så att fria ytor är orienterade i husets längdriktning. De observationer och temperaturmätningar som gjorts tyder på att kastlängden för de munstycken som används idag är av storleken 25-30 m vid koldioxidflöden på c:a 400 kg/min. Detta bör fungera väl i stallar med begränsad längd.

Uppmätta temperaturer i studien tyder på en relativt ojämn gasfördelning under inblåsningförloppet i de fall där stallen är långa och inblåsning sker i en gavel. Temperaturerna sjönk till mycket låga nivåer i vissa delar av stallet. En jämnare temperatur bör vara att föredra ur djurvälståndssynpunkt liksom möjligen också ur teknisk synpunkt; det finns en eventuell risk för skador på utrustning, t.ex. vattensystem och inredning, vid en temperatursänkning till nivåer på -30°C eller lägre).

I långa stall tar det ett antal minuter innan gashalten börjar stiga i borte delen av stallet. Förändrad utformning av munstyckena kan innebära en ökad kastlängd, men kastlängder uppåt 100 m torde vara svåra att åstadkomma och en ökad lufthastighet som då blir fallet innebär också att större utrymme i utblåsningsriktningen behöver avskärmas för djuren så att de inte träffas direkt av gasstrålen. Möjliga sätt att förbättra fördelningen av gas i långa stall kan vara att:

- tillföra gas mitt på långsidan i två munstycken riktade mot var sin gavel
- öka transporten av gas till borte delen av stallet med hjälp av omrörningsfläktar
- öka transporten av gas till borte delen av stallet med hjälp av tryckluftsdysor
- tillförsel av gas både i munstycke i gavel och munstycke placerat centralt

I stallet på Gård 3 tillfördes gasen mitt på långsidan med gasstrålar riktade mot var sin gavel. Temperaturmätning här tyder på en betydligt jämnare gastillförsel i stallet jämfört med system där all gas tillförs i en av gavlarna.

Användandet av omrörningsfläktar kan vara tveksamt då dessa kan störa ansamlingen av koldioxid vid golv.

Tillförsel av gas i gavel och centralt i stallet kan göras genom att munstycket som är centralt placerat förbinds med gaveln via ett rör placerat i stall eller på skalle. Med tanke på de höga tryck som används kombinerat med låga temperaturer och säkerhet är dock ett sådant system mindre attraktivt. System där gasen tillförs mitt på långsidan i munstycken riktade mot var sin gavel tycks kunna rekommenderas. Vidare studier krävs dock innan något av de andra ovan angivna systemen aktivt kan rekommenderas.

Hur stort bör flödet vara?

Gasflödet har betydelse för hur fort stallet fylls med gas i önskvärd koncentration. Med tanke på att gashalter som innebär medvetlöshet bör uppnås med hjälp av stigande koncentrationer så snabbt som möjligt med hänsyn tagen till de praktiska förutsättningarna bör gasflödet vara så stort som möjligt och närmast begränsas av hur stort flöde som kan åstadkommas med hjälp av befintliga transportfordon och av hur djuren påverkas. Olyckligtvis kan dock risken för alltför hög ofrivillig luftomsättning efter att gas slutat tillföras i kombination med risk för höga tryck vid gasning begränsa flödet (se nedan).

I det aktuella fallet på Gård 1 där gas tillfördes under 29 minuter tog det c:a 13 minuter innan man kunde observera att hönsen sannolikt var medvetlösa (inga tecken på rörelse kunde ses) i borte delen av stallet (långt bort från inblåsningpunkten). Om flödet varit högre skulle det ha gått snabbare att fylla lokalen med erforderlig mängd CO₂, även om detta inte per automatik innebär att varje enskilt djur skulle påverkas under kortare tid, vilket ju är avhängigt av gasfördelningen inom byggnaden. På Gård 2 där gas tillfördes under c:a 18 minuter dröjde det c:a 4-6 minuter innan temperaturen började sjunka i den del av stallet som låg långt ifrån inblåsningpunkten. Uppmätt ökning i koldioxidhalt uppgick här till c:a 4 % ökning per minut. I en studie av beteenden vid ökande koldioxidhalt förlorade höns och kalkoner förmågan att bibehålla balansen (och då sannolikt inom kort blev helt medvetlösa) vid en koldioxidhalt på c:a 20 % då ökningen av koldioxid uppgick till c:a 5 % per minut (Gerritzen *et al.*, 2007). Baserat på dessa beräkningar kan man anta att de djur i stallet på Gård 2 som befann sig längst bort från munstycket för inblåsning av koldioxid blev medvetlösa efter c:a 10 minuter. På Gård 3 tillfördes gas under c:a 6,5 minuter och det dröjde här mindre än 0,5 minuter innan temperaturen började sjunka i alla mätpunkter. Uppmätt koldioxidhalt var här c:a 35 % efter 4 minuter och detta tyder på att alla djur i stallet på Gård 3 sannolikt blev medvetlösa på kortare tid än 4 minuter. Man bör dock ha i åtanke att det finns forskningsresultat som tyder på att hastigheten i koncentrationsökningen, utöver koncentrationen i sig, skulle ha betydelse för hur lång tid det tar för djuren att bli medvetlösa, och att ovanstående tidsangivelser därför måste betraktas som ungefärliga skattningar.

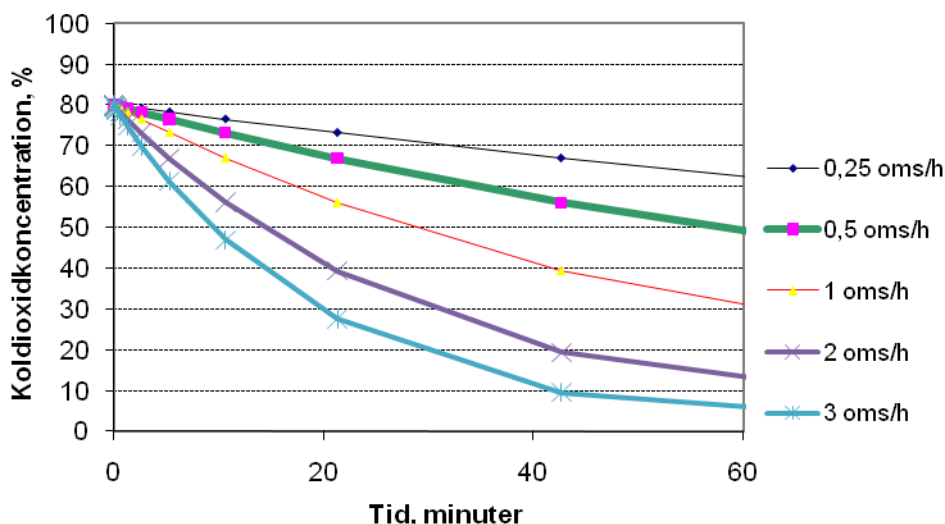
Flödet av koldioxid som trycktes in i stallet på Gård 3 var 540 kg/min vilket enligt AGA:s transportör var det högsta flöde som kunde åstadkommas. Det använda T-röret för inblåsning innebar att c:a 270 kg/min trycktes in mot vardera gaveln. Ett flöde på 540 kg/min bör kunna utnyttjas i större stallar även då ett rakblåsande munstycke placeras i en av stallets kortsidor (gavlar). I mindre stallar kan det vara aktuellt att använda sig av lägre flöden (300-400 kg/min eller ännu lägre) för att begränsa olägenheter med höga övertryck eller stora luftomsättningar (se nedan).

Under hur lång tid behöver koldioxid tillföras?

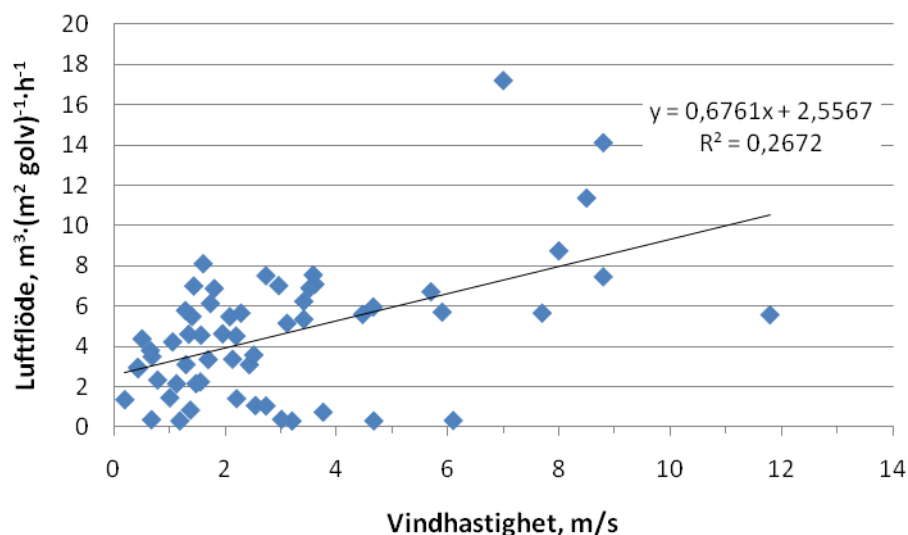
I Jordbruksverkets regler föreskrivs att koldioxidhalten skall bibehållas på en nivå över 60 % under 60 minuter. Hur väl detta kan åstadkommas beror på om man lyckas att hålla luftomsättningen låg i stallen efter att man slutat tillföra koldioxid. Uppmätta temperaturer i studien steg efter att koldioxid slutat tillföras, men då temperaturen stiger dels p.g.a. av värmetransport i golv, väggar, tak etc. och dels p.g.a. ofrivillig luftomsättning kan ingen säker slutsats om koldioxidhalterna i stallen dras av detta. Direkta mätningar av koldioxidhalten 60 minuter efter gasning gjordes inte heller.

Teoretiskt beräknade värden för koldioxidhaltens minskning med tiden redovisas för några olika luftomsättningar i figur 50. Vid en liten ofrivillig luftomsättning (0,25 omsättningar per timme) kan halter över 60 % bibehållas under 60 minuter. Vid vindhastigheter på 10 m/s kan dock den ofrivilliga luftomsättningen i för koldioxidavlivning ogynnsamma fall uppgå till 3 omsättningar per timme eller mer i ett stall (figur 51); (Nimmermark *et al.*, 2008). Vid 3 luftomsättningar per timme sjunker koldioxidhalten teoretisk från 80 % ner till 20 % på 30 minuter och halter över 60 % bibehålls bara c:a 5 minuter. Vid 1 luftomsättning per timme sjunker koldioxidhalten teoretiskt beräknat ner till halter under 60 % på 15-20 minuter. Detta tyder på att det finns svårigheter med att bibehålla koldioxidhalter i stallen över 60 % under 60 minuter. En fråga i sammanhanget är om det är nödvändigt att bibehålla dessa höga halter under så lång tid som 60 minuter. I den ovan nämnda studien av fjäderfäns beteenden vid ökande koldioxidhalt fann man att medvetlöshet inträdde efter c:a 4 minuter då gasens koncentration hunnit bli c:a 20 % och att djuren avlidit efter c:a 16 minuter då gasens koncentration hunnit öka till c:a 45 % (Gerritzen *et al.*, 2007) – åter med reservation för effekterna av gastillförelsen hastighet (se sid 54).

Ett sätt att åstadkomma höga koncentrationer under lång tid är att stänga till alla öppningar efter att all koldioxid har tillförts till stallen och att på så sätt minimera den ofrivilliga luftomsättningen. Ett praktiskt problem med detta är att styrutrustningen till ventilationen ofta är placerad i utrymmen som inte kan beträdas efter att koldioxid tillförts p.g.a. att koldioxid förorenat dessa utrymmen.



Figur 50. Teoretisk minskning av gashalten vid olika luftväxlingstal om den inströmmande gasen blandar sig fullständigt med luft som redan finns i stallen. Kurvor visas för 0,25, 0,5, 1, 2 och 3 luftomsättningar per timme.



Figur 51. Med spårgasteknik uppmätta ventilationsflöden i två stall då fläktarna varit avstängda. Uppmätta öppningsareor till det fria i luftintag och spjäll varierade vid mätningarna mellan 0 och 0,02 m² per m² golv.

Öppningar i stallet

För undvikande av ofrivillig ventilation och förlust av koldioxid till följd av detta behöver öppningar till omgivningen begränsas i storlek. Öppningarna måste emellertid vara så stora så att övertrycket vid tillförsel av koldioxid inte blir alltför stort. Vid mätningar på Gård 2 uppmättes övertryck på maximalt c:a 40 Pa. Ett sådant övertryck innebär att den ofrivilliga ventilationen begränsas i relativt stor utsträckning. På Gård 3 där öppningarna mellan stall och omgivning var mycket små steg övertrycket i stallet till 700 – 800 Pa vilket i olyckliga fall kan leda till att dörrar flyger upp och i förlängningen kan leda till problem med avlivningen. I de fall då inget negativt händer med byggnaden (t.ex. skador på fönster eller dörrar) och då inga negativa konsekvenser orsakas av läckage till andra utrymmen (t.ex. skador på djur i andra stallavdelningar till följd av ökat gasläckage genom kulvertar) innebär ett sådant högt övertryck att den ofrivilliga luftomsättningen efter gasning blir mycket liten och att höga gashalter kan bibehållas lång tid i stallet.

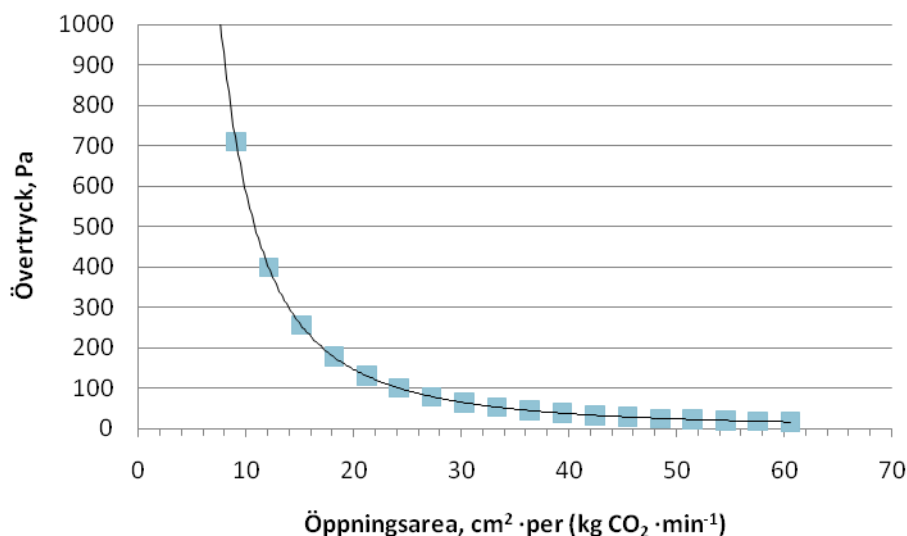
Riktvärden för ett lämpligt övertryck att sträva efter under tillförseln av koldioxid bör rimligen vara av storleksordningen 25 – 100 Pa. Om det är kraftig vind vid avlivningstillfället är små öppningar, som motsvarar tryckfall på c:a 100 Pa eller något mer att föredra. Enligt överslagsberäkningar ger en öppningsarea på 25 cm² per kg koldioxid som tillförs per minut (0,8 cm² per m³/timme) upphov till ett tryckfall på c:a 100 Pa och en öppningsarea på 50 cm² per kg koldioxid som tillföres per minut (1,6 cm² per m³/timme) upphov till ett tryckfall på c:a 25 Pa (figur 52 och 53). Jämförelsevis kan det nämnas att riktvärden för uteluftsöppningar till stallar är 2 cm² per m³/timme vilket ger ett tryckfall på c:a 10 Pa.

Efter att koldioxid slutat tillföras ger en större öppningsarea upphov till större ofrivillig luftomsättning och kraftig vind kan ytterligare öka på luftomsättningen (figur 51; tabell 9). En ökad luftomsättning leder som tidigare poängterats till snabbare sänkning av koldioxidhalterna (figur 50). Ett dilemma i sammanhanget är att öppningarna ur trycksynpunkt behöver vara större om gasen tillförs snabbt till stallet. Fördelarna med snabb tillförsel och relativt sett större öppningar för att begränsa övertrycket i stallet måste med andra ord vägas mot risken att gashalterna sjunker alltför snabbt.

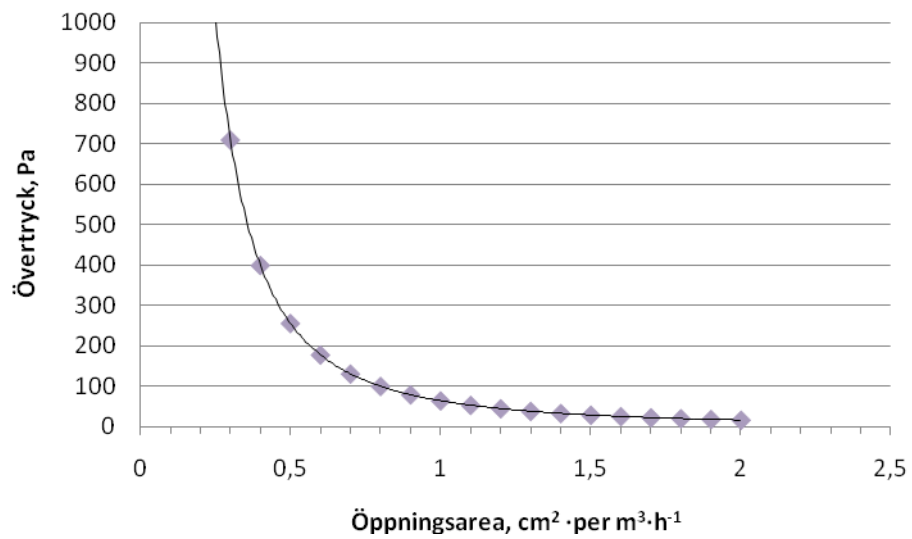
Då koldioxid tillfördes i stallet på Gård 1 observerades en bakåtströmning av luft till utrymmet ovanför och vid sidan av koldioxidmunstycket. Strålen ger upphov till ejektorverkan och rycker med sig luft som måste ersättas. Detta innebär att ett lokalt undertryck kan bildas i den del av stallet i vilken koldioxiden tillförs. Detta medför en viss ökad risk för läckage av uteluft in till denna zon och det bör vara bättre att helt eller i större utsträckning täta öppningarna i denna zon.

Att använda sig av öppningar i tak som mynnar ovan yttertak (i huvar) och täta alla öppningar i väggar är bättre än att använda sig av väggöppningar. Efter gasning är temperaturen låg i stallet och inga termiska drivkrafter finns. Flöde ut genom huvar ovan yttertak blir då lågt. Flöde genom öppningar i väggar påverkas i stor utsträckning av vind. Vid en beräkning med NATVENT (vind 0,8 m/s) beräknades flödet till 1020 m³/timme då öppningsarean i väggen på vindsidan var 0,5 m² och öppningen på läsidan var 0,5 m². Beräkningar med 0,1 m² i väggen på vindsidan och 0,9 m² inock (dvs. samma totala öppningsarea) gav värdet 290 m³/timme, dvs. en reducering till c:a 25 % av flödet.

Alla öppningar placerade lågt i stallet bör tätas noggrant med ett material som inte släpper igenom koldioxid. Vid gasningen på Gård 1 där tätning gjorts med mineralull kunde det observeras att gas transporterades till andra utrymmen via kulvertar. Mineralull är luftgenomsläppligt och då det bildas övertryck i stallet vid koldioxidtillförsel kommer en viss mängd gas att läcka genom mineralullen. Viss transport av gas kan dock vara svår att undvika. På Gård 3 gjordes tätning till viss del med mineralull som täckts med plast. Detta kan vara ett bra sätt förutsatt att den använda plasten är begränsat genomsläpplig för koldioxid. På gård 3 tätades vissa springor i dörrar med tape och i de fall detta kan göras är det ett utmärkt sätt att begränsa läckage.



Figur 52. Beräknat övertryck vid koldioxidtillförsel som funktion av kvot mellan stallens öppningsarea (cm²) och gasflöde (kg/min).



Figur 53. Beräknat övertryck vid koldioxidtillförsel som funktion av kvot mellan stallets öppningsarea (cm²) och gasflöde (m³/timme).

Tabell 9. Bedömning av ofrivillig luftomsättning efter att gas slutat tillföras i två stall av olika storlek. Bedömningen har gjorts med förutsättningen att öppningarna finns i ytterväggar. Om öppningarna finns i takhuvar kan den ofrivilliga luftomsättningen bli betydligt lägre.

Gasflöde	Tid för gasning	Öppningsarea		Ofrivillig ^a ventilation		Ofrivillig luftomsättning ^b	
		I förhållande till gasflöde	Totalt i stallet	NATVENT vid vind 0,8 m/s	Vind 0,8 m/s	Vind 10m/s	
kg CO ₂ /min	min	cm ² per (kg CO ₂ /min)	m ²	m ³ /h	oms/h	oms/h	
<i>Stall med volym 9000 m³ (12 960 kg gas)^c</i>							
400	32	25	1,00	1020	0,1	0,6	
500	26	25	1,25	1270	0,1	0,7	
600	22	25	1,50	1530	0,2	0,8	
400	32	50	2,00	2040	0,2	1,1	
500	26	50	2,50	2550	0,3	1,4	
600	22	50	3,00	3060	0,3	1,7	
<i>Stall med volym 2520 m³ (3630 kg gas)^c</i>							
400	9	25	1,00	1020	0,4	2,0	
500	7	25	1,25	1270	0,5	2,5	
600	6	25	1,50	1530	0,6	3,0	
400	9	50	2,00	2040	0,8	4,0	
500	7	50	2,50	2550	1,0	5,1	
600	6	50	3,00	3060	1,2	6,1	

a Den ofrivilliga ventilationen har bedömts med hjälp av datorprogrammet NATVENT (NATVENT, 1998)

b Den ofrivilliga luftomsättningen har vid vindhastighet 0,8 m/s beräknats utifrån ofrivillig ventilation beräknad med NATVENT. Vid vindhastighet 10 m/s har luftomsättningen satts till 5 ggr värdet vid vindhastigheten

0,8 m/s (bedömning med hjälp av spårgasmätningar)

c Stallets invändiga höjd har satts till 3,5 m

6.3 Gaskoncentrationsförändring på olika platser i stallet

Temperaturmätningar liksom observationer visar på att det i ett långt stall tar ett antal minuter (upp till 5-6 min) innan gas har transporterats till den del av stallet som är belägen längst ifrån munstycket för inblåsning av koldioxid. Det dröjde också c:a 1,5 minuter innan temperaturen började sjunka c:a 2 m ovanför munstycket i stallet på Gård 1. Om koldioxiden tillförs centralt kan koldioxidhalterna börja stiga i hela stallet nästan direkt efter att gasen börjat tillföras, vilket skedde i stallet på Gård 3. Enbart öppningar i den del av stallet som ligger längst bort från gastillförselröret bör ge en viss förbättring av fördelningen. Gas trycks då genom hela stallet och läcker inte ut på vägen dit. Efter att gasen börjat öka i koncentration på en plats tar det ytterligare några minuter innan letala gashalter har uppnåtts. Mätningar visar på att ökningen i koldioxidkoncentration är omvänt proportionell mot temperaturförändringen. Halter på 90 % uppmättes på Gård 2 vid gaveln längst bort från

gastillförselröret efter att man slutat tillföra gas. Mätningarna visar på att koldioxiden i mycket stor utsträckning ansamlas vid golvet.

6.4 Säkerhetsaspekter

Höga koncentrationer observerades i angränsande utrymmen som hade någon form av förbindelse med stallen. Detta pekar på vikten av att alla utrymmen är utrymda under gasning och att de ventileras noggrant innan någon får tillträde till dem. Om någon av misstag skulle råka inandas gas kan det vara svårt att rädda personen om inte syrgastuber och mask finns tillgängliga vid gasningen. Då det enligt Jordbruksverkets riktlinjer är djurhållaren eller av denne anlitad person som ansvarar för säkerheten bör det ligga i dennes intresse att sådan säkerhetsutrustning finns tillgänglig.

Vad gäller säkerheten för djur i intillagande stallbyggnader så behöver vikten av tätning betonas. Om gasavlivning med koldioxid över huvud taget ska genomföras i stallar där det finns andra djur (gäller både fjäderfä och däggdjur) i intilliggande byggnader – vilket kan diskuteras – så är det oerhört viktigt med noggrann tätning av t.ex. ventilationsöppningar mot gemensamt loft, äggbandsgenomföringar, gödselkultvertar och liknande. Om sådan tätning av praktiska skäl inte kan göras i tillräckligt hög utsträckning måste annan avlivningsmetod än gasavlivning i stallet väljas. Man måste ha i åtanke att koldioxiden trycks in i det stall där djuren ska avlivas under förhållandevis högt tryck, och därför lätt kan spridas vidare till andra avdelningar om möjligheten finns – i synnerhet om undertrycksventilation används.

Det är inte djurskyddsmässigt acceptabelt att fjäderfä oavsiktligt avlivas genom lång tids exponering av låga halter koldioxid via läckage från intilliggande avdelning, eftersom de då sannolikt utsätts för aversiva koncentrationer av koldioxid under relativt lång tid medan de fortfarande är vid medvetande. Dessutom medför sådana oavsiktliga avlivningar givetvis ekonomiskt kännbara förluster för djurhållaren.

6.5 Bedövnings- och avlivningseffekt

Koncentrationshöjning

Resultat från de höga nivåerna på gård 4-5 visar att koncentrationshöjningen, även under de första och mest kritiska minuterna, gick snabbare på gård 5 (och detta trots att djur på denna gård befann sig ovanför 2:a våningsplanet). Trots samma gastillförseltryck under första minuten (30 bar) och sedan högre tryck på gård 4 (40 bar) höjdes alltså koncentrationen snabbare på gård 5. Koncentrationen sjönk dock även snabbare på gård 5, vilket troligen beror på väderförhållanden, öppningar och på byggnadsmässiga faktorer. Högre koncentration (över 40 % CO₂) bibehölls under 11 minuter. Relativt mycket gas läckte från framför allt ventilationsöppningar längs stallets långsidor och sådana öppningar i ytterväggar ger, enligt slutsatserna ovan, avsevärt högre ofrivillig luftomsättning. På gård 4 hade man inte tätat äggband, gödselskruv, dörrar etc, men ventilationsöppningar var framför allt placerade i taket. Här bibehölls högre koncentration i 13 minuter.

Även om data från de lägre nivåerna inte ansågs tillförlitliga p.g.a. mätinstrumentfel kunde en liknande trend för koncentrationshöjning urskiljas under de första 8-10 minuterna, vilket indikerar att koncentrationen på de lägre nivåerna inte nådde betydande högre värden än på de övre nivåerna. Det kan konstateras att det finns behov av tåligare och pålitligare mätinstrument för att kunna studera temperatur- och koldioxidförlopp under gasning på ett mer optimalt sätt än det som åstadkoms på gård 4-5.

Snabb koncentrationshöjning kan vara fördelaktigt ur välfärdssynpunkt, men fortfarande kvarstår vissa frågeställningar kring vilken nivå CO₂ som ska uppnås inom vilken tidsram, för att erhålla lindrigast möjliga bedövning och avlivning.

Såsom diskuterats ovan ska enligt föreskrifterna CO₂-koncentration på 80 % uppnås för att sedan bibehållas över 60 % i 60 minuter. Resultat från gård 1-3 visade att detta generellt kan fungera bra, medan resultat från gård 4-5 visar tydligt att det i praktiken stundom kan vara svårt (och kanske inte heller nödvändigt) att uppfylla dessa krav. Dock uppnåddes på gård 4-5 inte högre CO₂-halt än 49 %, vilket ju är väsentligt lägre än det lagstadgade. Vidare utredning behövs för att säkerställa vilken högstanivå av CO₂ som krävs samt hur länge denna koncentration måste bibehållas för att genomföra acceptabel bedövning och avlivning. Samtidigt bör man beakta att föreskrifter normalt utformas på ett sådant sätt att viss säkerhetsmarginal uppstår, eftersom erfarenheten visar att allting inte alltid går enligt planerna i praktiken. Denna studie visar att med ett krav på genomsnittlig koldioxidhalt på 80 % som beräkningsgrund så har - trots att gasfördelningen kan ha varit ojämn inom byggnaden och läckaget i vissa fall var betydligt större än önskvärt - i samtliga fall de djur som skulle avlivas också blivit vederbörligen avlivade, vilket givetvis är ett av de grundläggande ändamålen med djurskyddslagstiftningens utformning.

Svårigheter kring registrering av beteende, medvetlöshet och död

Material från gård 4-5 indikerar små skillnader under bedövnings/avlivningsförloppet mellan djur på låg respektive hög nivå. Dock var mycket av filmmaterialet inte användbart p.g.a. köldrök. Det ligger i framtida utmaningar att med hjälp av teknisk expertis finna lösningar som förbättrar möjligheten att filma eller på annat sätt registrera beteendeförloppet under gasning. För att säkert kunna bedöma inträde av medvetlöshet och död, och därmed bedöma avlivningen i sin helhet, behövs utökad forskning där man i likhet med t.ex. McKeegan *et al.* (2009) och Sandilands *et al.* (2009) kombinerar beteendestudier med fysiologiska mätningar (EEG).

Temperaturpåverkan

Såsom visats i den tekniska delstudien varierar temperaturen stort mellan olika delar av stallet och på vissa platser kan lägre temperaturer än -40°C uppnås, dock inte förrän samtliga djur redan hunnit bli åtminstone medvetlösa och troligen även döda. Vid de platser som studerades på gård 4-5 understeg dock inte temperaturen -3,2°C (låg nivå) respektive +10°C (hög nivå) och sådan tempsänkning kan inte anses påverka djuren negativt under gasning.

Kommentar kring djurvälstånd nära gasinförseln

På gård 4-5 utnyttjades inga avskärmningar framför gasinsläppet. På gård 4 hade dock införselrören en svag uppåtriktning och på gård 5 fanns en gång mellan införseln och inhysningen som fungerade som avskärmning ett par meter framåt och införselröret var dessutom placerat högt upp för att inte riktas direkt mot djuren. Generellt uppfattades att man på gårdarna inte ansåg att avskärmning var nödvändig, vilket tyder på att det finns behov av ökad information kring risker och praktiska rutiner för avskärmning.

Beteende under gasning och i förhållande till koldioxidkoncentrationen

Tabell 10 nedan visar en jämförelsen av när beteenden uppträder mellan de studerade gårdarna 4-5 och en studie från 2009 (Sandilands *et al.*). Här ses att beteendeförloppet rent tidsmässigt inte skiljer sig åt i någon betydande utsträckning i förloppets tidiga skede. Skillnader finns dock i uppmätt koncentration där det exempelvis på gård 4 tar något kortare tid tills djur förlorar balansen, trots högre CO₂-koncentration, jämfört med data från Sandilands och medarbetare (2009). Skillnad finns även i hur länge rörelser ses; de avstannar efter kortare tid och lägre koncentration i Sandilands studie, jämfört med gård 4. Frågor kvarstår kring huruvida snabbare koncentrationshöjning skulle förkorta förloppet ytterligare samt huruvida en bibehållen hög CO₂-koncentration skulle förkorta tiden till avlivning. I Sandilands studie upphörde dock rörelser efter kortare tid och vid lägre koncentration än t.ex. på gård 4. Detta skulle kunna bero på olikheter vad gäller jämnheten i gasfördelningen i olika typer av byggnader, beroende på inredning, storlek, takhöjd, luftkub, ventilationstyp och yttre förhållanden, som inte går att kontrollera. Viktigt är dock att metoden är så pass reproducerbar att acceptabla avlivningar kan utföras oavsett variationer i dessa förutsättningar.

Tabell 10. I tabellen ses en jämförelse av tidsangivelser för initiering av olika beteenden samt motsvarande CO₂-koncentrationer. X i tabellen indikerar att data saknas.

Beteende	Sandilands <i>et al.</i> 2009	Gård 4	Gård 5
Andningsproblem	2-3 min (0-1,5 %)	1-2 min (0,04-4,8 %)	2 min (4,8 %)
Balansproblem	3-4 min (0,5-6,5 %)	2 min (4,8 %)	2,5 min (5-9 %)
Förlorat förfäste/konvulsioner	4-5 min (1,5-10,5 %)	3-4 min (13-17 %)	3,5 min (9 %)
Inga fler rörelser ses	12 min (20-34 %)	18 min (48 % CO ₂)	x
Vokalisering	x	t.o.m. 15,5 min (49 %)	Avtog vid 4 min (24 %) Intensifieras mellan 4-9 min (30-46 %) Hörs t.o.m. 11,5 min (47 %)

Det karaktäristiska kippandet som djur uppvisar under exponering för koldioxid är som beskrivits tidigare en mycket omdiskuterad välfärdsindikator, vars betydelse inte är fullt fastställd. Dock kan antas att kippande tyder på en viss form av lidande som upplevs av djuren åtminstone så länge de har upprätt kroppsposition. På gård 4 pågick kippande under c:a 2-2,5 minuter innan djuren förlorade balansen. Beteendet kunde vidare ses under totalt c:a 4 minuter, om man räknar in det som skedde efter att djuren låg ned. På gård 5 kippade djur i upprätt position i drygt 2 minuter innan i princip alla förlorade balansen. Det lidande som tros vara associerat med denna form av kippande skulle kunna anses acceptabel i denna omfattning, i och med de många djurvälståndsfördelar som gasavlivning i stallet medför. Mot bakgrund av att man inte säkerställt hur djur upplever kippande efter det att djuren förlorat balansen kan man å andra sidan hävda att dessa minuter innebär ett potentiellt allvarligt och utdraget lidande som borde kunna förkortas ytterligare, exempelvis genom utveckling av teknik för gasinförsel som möjliggör större omblandning samt effektiv koncentrationshöjning i stallet. Ett sätt att uppnå jämnare koncentration i byggnaden är att binda koldioxiden i skumform, och alltså gradvis fylla byggnaden med skum uppbyggt av koldioxidfyllda bubblor. Sådan forskning pågår (Gerritzen & Sparrey, 2008) men metoden är ännu inte kommersiellt tillgänglig.

Det är anmärkningsvärt att rörelser i form av konvulsioner sågs hos vissa djur efter så lång tid som 18 minuter. Mycket tyder dock på att djuren blir medvetslösa redan i samband med eller strax efter att de förlorar balansen, varför det är troligt att varken andningsrörelser eller konvulsioner i ett så sent skede utgör välfärdsproblem. Vokaliseringar i samband med gasning är mycket sparsamt undersökt och det faktum att djur på gård 4-5 vokaliserade efter att de lagt sig och att de hördes i över 15 minuter utgör en potentiell indikation på nedsatt välfärd, som kräver vidare utredning.

På gård 5 noterades efter initialt avtagande en stegring i rörelse- och vokaliseringsgraden som pågick under c:a 5 minuter. Under denna period var sikten helt täckt av köldrök, men innan detta hade de flesta djur på hög nivå observerats förlora balansen och falla ned till våningen under. Det är oklart vad som kan ha orsakat en sådan stegring i aktivitet och mycket tyder på att djuren kvicknade till. Data från låg nivå visade en plötslig dipp i CO₂-koncentration från 42 % till 10 %, vilket bedömdes som mätfel. Frågan kvarstår dock om vad som orsakade aktivitetshöjningen och kanske skulle det kunna ha samband med en svårförklarlig koncentrationssänkning. Det är dock oklart ifall den uppmätta sänkningen var verklig eller en artefakt och frågan kan inte vidare utredas här. Tiden till dess att rörelser och vokaliseringar upphörde på gård 5 var svårbedömd p.g.a. köldrök, men ansågs dock inte vara förlängd i jämförelse med gård 4.

Risk för gasläckage till intilliggande avdelningar

Trots att metoden för gasavlivning blivit väl etablerad i Sverige under de senaste åren förekommer ibland gasläckage, såsom beskrevs för gård 4, där över 60 djur olyckligtvis dog till följd av detta. Liknande problem har tidigare rapporterats av Atkinson och Algers (2006). Olyckor av detta slag innebär inte bara merarbete och ekonomisk förlust för producenten i form av förlorade djur och eventuellt försämrad produktion, utan orsakar även lidande hos drabbade djur. Det är oklart hur djur påverkas långsiktigt efter exponering av icke-letala CO₂-koncentrationer, men gissningsvis genomgår de perioder av utdraget lidande under gaspåverkan och kanske har de även känningar av t.ex. huvudvärk och illamående även efter att de repat sig. Djur som blir liggande längre stunder löper dessutom risk att utsättas för hackning och kannibalism.

Ventilationssystem och annan gemensam teknik såsom äggband och gödselskruv gör att avdelningarna ofta är nära sammankopplade, vilket är försvårande vid gasning och kräver noggrann eftertanke och tätning. På gård 4 tätades exempelvis inte håligheter runt äggband från de båda avdelningarna, som utmynnade i en gemensam korridor där gas ansamlades. Normalt fanns rutinen att hålla dörrar till gemensamhetsutrymmet öppna, för att leda gas ut ur byggnaden istället för in i intilliggande avdelning. Vid studietillfället rubbades rutinen och dörrar stängdes vilket, enligt producenten själv, var avgörande för den inträffade olyckan. Det kan konstateras att det i stall som rymmer fler avdelningar krävs extra försiktighet och stor kunskap om ventilation och tätningsåtgärder för att undvika läckage.

Rutiner för vidtagande av omedelbara åtgärder vid gasläckage bör fastställas, såsom att ventileras ut gas genom öppningar till det fria, flyttning av påverkade djur samt inom vilken tidsram avlivning av påverkade djur ska ske. Det är viktigt att överväga när sådana åtgärder ska sättas in- ska man t.ex. i skydd av gasmask vara beredd att gå in under gasning eller ska man av säkerhetsskäl vänta och riskera djurvälståndet och förlust av djur?

Veterinärens övervakning av gasningsförfarandet

Ett problem är att man ofta under och långt efter gasning inte kan beträda gemensamhetsutrymmen för kontroll av djur i intilliggande avdelningar. Kontroll sker därmed efter upp till några timmar och eventuella akutåtgärder försenas. Producentens ansvar för att säkerställa djurvälståndet i dessa sammanhang bör i större omfattning delas av den övervakande veterinär, som lämpligen bör ha god kunskap om tekniska förutsättningar för att undvika gasläckage till andra avdelningar. I praktiken avlägsnar sig vanligen veterinären efter avslutad gasinförsel och kontroll av att djur i den aktuella avdelningen är orörliga och därmed troligen döda. För att säkerställa djurvälståndet borde veterinären ha större medverkan vid planering av gasning samt ansvar för efterkontroll av den aktuella samt intilliggande avdelningar, inom rimlig tidsram. Det är till synes vanligt att veterinären tittar in i avdelningen genom ett mindre fönster, som ofta är smutsigt och svårt att se igenom, kanske även p.g.a. köldrök. För att veterinärens bedömning av djur i den aktuella samt intilliggande avdelningar ska vara meningsfull behövs kontroll inom rimlig tid och vid kritiska platser (såsom t.ex. långt bort och högt upp i förhållande till platsen för gasinförseln samt i områden där risk för gasläckage föreligger).

Såsom nämnts tidigare är det viktigt att avskärmning framför, alternativt riktning av, gasinförseln utförs på acceptabelt sätt, för att undvika förfrysning och traumatiska skador hos djuren. Veterinären har en viktig kontrollerande roll i detta sammanhang.

Det har framkommit, både inom ramen för denna studie och i andra sammanhang, att de veterinärer som idag har till uppgift att på djurägarens uppdrag i enlighet med föreskrifterna kontrollera djurskyddet vid stallavlivningar av fjäderfä inte alltid ger denna arbetsuppgift tillräcklig prioritet. Variationerna i kunskapsnivå och tidsavsättning för arbetsuppgiften är sannolikt stora mellan olika veterinärer, varför ingen skugga ska falla över de veterinärer som utför denna arbetsuppgift väl i enlighet med myndigheternas intentioner.

I den checklista/rapport som efter varje gasavlivning ska insändas av veterinären till Jordbruksverket finns bland annat en punkt om avskärmning och en om tätning. Trots detta har det i praktiken förekommit fall där veterinären inte tydligt har kontrollerat att avskärmningar finns eller att andra motsvarande åtgärder har vidtagits för att förhindra att djur träffas av kall inströmmande gas under högt tryck, utan tillåtit avlivningen att genomföras ändå. Inte heller tycks frågan ”Var byggnaden korrekt tätad?” på rapportblanketten alltid föranleda någon kontroll av att så varit fallet. Kravet på veterinär medverkan vid koldioxidavlivningar bygger givetvis på omsorg om djurens välfärd och det kan därför tyckas något anmärkningsvärt att de veterinärer som åtagit sig denna uppgift inte alltid i tillräckligt hög utsträckning lagt sig vinn om att just kontrollera förutsättningarna för en djurskyddsmässigt acceptabel avlivning. Här föreligger uppenbarligen ett behov av tydligare instruktioner och utbildning av veterinärkåren, vilket torde vara arbetsgivarens ansvar.

Vidare finns oklarheter kring vilka åtgärder som vidtas om något skulle gå fel, som t.ex. att veterinären bedömer att djuren fortfarande är vid medvetande efter gasning. Rutiner för sådana extrema situationer behöver utarbetas.

7. SLUTSATSER

7.1 Slutsatser och rekommendationer med avseende på tekniska aspekter

Mängd gas och gasflöde

- Gjorda mätningar visar på att en halt på c:a 80 % koldioxid kan åstadkommas i stallet då mängden gas beräknas enligt den idag använda texten i föreskrifterna: ”Mängden koldioxid (kg) för att uppnå 80 % koncentration kan beräknas med hjälp av formeln [stallvolym (m^3) $\times 1,8 \times 0,80$]”.
- Koldioxidflöden av storleksordningen 400-600 kg/min används idag. Vid val av gasflöde måste tekniskt betraktat en snabb ökning av gashalterna i stallet vägas mot tryckökning, öppningsarea till det fria och tidsförlopp för sänkning av koldioxidhalterna efter gastillförsel till följd av ofrivillig ventilation. De idag använda flödena är en kompromiss som tycks fungera relativt väl. Med tanke på bl.a. behov av öppningar och avklingning av gashalter bör lägre flöden (400 kg/min eller lägre) väljas i mindre (c:a 50 m långa) stallar och högre flöden (upp till c:a 600 kg/min) i större (c:a 100 m långa) stallar.

Metod för gasinblåsning

- Inblåsning i munstycken (ϕ_{inv} 37 mm) i stallets längdriktning under kraftigt tryck såsom sker idag ger vid aktuella flöden (400-600 kg CO₂ per minut) upphov till en stråle med kastlängder av storleksordningen 30 m. I stallar med en längd på 40-50 m finns i ett sådant system förutsättning för att koldioxidhalterna skall öka ungefär samtidigt och med samma ökningstakt i hela stallet.
- Inblåsning i munstycken (ϕ_{inv} 37 mm) i stallets längdriktning och aktuella flöden (400-600 kg CO₂ per minut) innebär för långa stall (100 m) att det dröjer ett antal minuter innan koldioxidhalterna ökar i stallets bortre del. System där gasen tillförs mitt på långsidan i munstycken (T-rör) med öppningar riktade mot var sin gavel (flöden c:a 600 kg/min) kan då ge en jämnare fördelning av koldioxiden.

Öppningar till det fria

- Om öppningar till det fria är stora sjunker koldioxidhalterna snabbt efter avslutad gastillförsel.
- Övertrycket vid tillförsel av koldioxid behöver begränsas för att undvika risk för skador. Ett lämpligt övertryck bör rimligen vara av storleksordningen 25 – 100 Pa. Enligt överslagsberäkningar ger en öppningsarea på 25 respektive 50 cm² per kg koldioxid som tillförs per minut upphov till ett tryckfall på c:a 100 respektive c:a 25 Pa.
- Om öppningar till det fria kan stängas efter avslutad tillförsel av gas kan den ofrivilliga luftomsättningen hållas låg och gaskoncentrationen kan hållas hög under lång tid.
- Spårgasmätningar och teoretiska beräkningar visar på att ofrivillig ventilation ökar kraftigt med ökande vind. Om det är kraftig vind, är små öppningar, som motsvarar tryckfall på c:a 100 Pa eller något mer att föredra.
- Öppningar i tak är att föredra då de jämfört med öppningar i ytterväggarna ger avsevärt lägre ofrivillig luftomsättning efter att gas slutat tillföras. En sådan lägre luftomsättning innebär att gashalterna kan hållas höga under längre tid.

- Öppningar nära platsen för inblåsning av koldioxid bör om möjligt undvikas då viss ökad risk för läckage av uteluft in i stallet kan finnas i denna zon.

Övrigt:

- De studerade fallen tyder på att erforderlig mängd koldioxid kan beräknas felaktigt, då folk kan missförstå formeln.
Om 80 % koldioxid krävs kan texten: ”Mängden koldioxid (kg) för att uppnå 80 % koncentration kan beräknas med hjälp av formeln [$\text{stallvolym (m}^3\text{)} \times 1,44$]” kanske vara bättre.
- Säkerhetsaspekter är viktiga och måste beaktas. Den djurhållare som genomför koldioxidavlivning av fjäderfä måste vara väl införstådd med riskerna och kunna förmedla detta till berörd personal och andra inblandade.

7.2 Slutsatser och rekommendationer med avseende på djurvälståndaspekter

- En checklista för djurhållare som ämnar genomföra koldioxidavlivning bör tas fram och distribueras, för att säkerställa att gasavlivningar av fjäderfä i stall genomförs på ett korrekt sätt och för att undvika misstag som kan medföra onödig fara eller skaderisk för människor, andra djur eller utrustning.
- Veterinärens kontrollerande funktion bör stärkas med avseende på förberedelser inför gasning, såsom manipulering av ventilation, avskärmning framför gasinförseln samt tätning för att undvika gasläckage till anslutande avdelningar. Kompetensutveckling av veterinärerna är därför angeläget.
- Rutiner för nödsituationer bör ses över och vidareutvecklas (såsom icke fullgod avlivningseffekt efter gasning samt åtgärder vid eventuellt gasläckage till andra avdelningar).
- Djur som befinner sig i området nära platsen där gas tillförs löper risk att skadas av gasstrålen och i detta samt i andra kritiska områden finns risk för mycket låga temperaturer. Behovet av att spärra av området närmast införingsröret eller vidta andra motsvarande åtgärder måste därför betonas.
- Mot bakgrund av resultaten från denna och andra studier kan omfattningen av det lidande som djuren genomgår i samband med planerad koldioxidavlivning i stallet anses vara mindre i förhållande till de alternativ som innebär hantering vid insamling, lastning, transport och slakt/avlivning på annan plats än i stallet, under förutsättning att gasavlivningen utförts på ett korrekt sätt. Dock kan hävdas att perioder av potentiellt smärtsamma och stressande förlopp såsom t.ex. kippande och försök att bibehålla balans borde kunna förkortas ytterligare, vilket skulle kunna åstadkommas med fortsatt kunskapsökning gällande byggnadsmässiga faktorer och teknisk utveckling av metoder för gasadministrering.
- Det finns ett stort behov av fortsatt forskning för att säkerställa relevansen av idag använda välfärdsindikatorer i förhållande till inträdande av medvetslöshet.

- För att i framtida forskning generera värdefulla mätningar och registreringar vid gasavlivning i stallar krävs utökat samarbete med teknisk expertis, för att bemästra problemet med köldrök. Vidare måste sådan mätutrustning användas som är tålig och väl lämpad för registrering i den extrema miljö som fjäderfästallet utgör.

8. SAMMANFATTNING

Dagens värphöns producerar ägg till en ålder av c:a 75-80 veckor, varefter flocken avlivas eller slaktas och ersätts med unga, produktiva höns. I detta sammanhang brukar man benämna de äldre djuren som ”uttjänta” eller utslagshöns. Alltsedan de senaste 60 årens utveckling av den moderna kötttraskycklingen har marknaden för kött och andra produkter från värphöns försämrats. Uttjänta värphöns har också relativt skör benstomme, vilket bland annat medför köttkvalitetsproblem till följd av skador från benfragment och djurskyddsproblem kopplat till risken för frakturer i samband med utlastning och transport. I många länder har utslagshöns idag inget ekonomiskt värde, utan att göra sig av med dem innebär istället både kostnader och arbete för producenten.

En flock som ska transporteras till slakt måste fångas in med hjälp av handkraft, placeras i transportburar och köras till slakteri. Dessa arbets- och kostnadskrävande moment undviks vid gasavlivning i djurstallar, där arbetet istället består i att förbereda och assistera gasning samt att plocka ut och transportera döda djur. Med gasavlivning i stallet undviks riskerna för vingbrott och andra skador till följd av insamling av djuren, lastning i lådor, transport, urlastning och hantering vid bedövning vilka utgör påtagliga risker för försämrad djurvälstånd. Ett alternativ till slakt är således att avliva uttjänta höns i de stallar där de hålls, genom att administrera gas direkt i byggnaden. Detta tillvägagångssätt har använts det senaste årtiondet och var ursprungligen ett sätt att angripa problemet med storskalig avlivning av fjäderfå i samband med smittsamma sjukdomsutbrott.

Koldioxidavlivning av fjäderfå har huvudsakligen studerats under förhållanden där gas administreras i mer eller mindre kontrollerad atmosfär i ett begränsat utrymme (s.k. Controlled Atmosphere Stunning/Killing, CAS/CAK), Endast ett fåtal studier behandlar situationer där gas administreras direkt i stallar.

Även om det numera finns en generell acceptans av gasavlivning direkt i stallet som en jämförelsevis effektiv och djurskyddsmässigt acceptabel metod för avlivning av höns och kycklingar så finns det alltså fortfarande en hel del skillnader vad gäller detaljerna. Det handlar bland annat om vad olika forskare anser om framför allt effekten av koldioxid på djurvälståndet i förhållande till ädelgaser, betydelsen av koncentrationshöjning och inblandning av syre samt hur man bedömer relevansen av de traditionella välfärdsindikatorerna. Pågående forskning fortgår för att utöka kunskaperna inom dessa områden och med hjälp av förfinade mätmetoder stärks kunskaperna om inträdandet av medvetslöshet och död. Detta är av största vikt eftersom att indikatorerna måste bedömas i förhållande till djurens medvetandegrad. För närvarande saknas möjlighet till övervakning för att säkerställa djurvälståndet under gasavlivning. Den visuella kontrollen begränsas i praktiken till att notera att gasen sprids i byggnaden samt en bedömning av djuren efter avslutad avlivning, medan det är mycket svårt att bedöma det pågående förloppet hos enskilda djur.

Genom att bättre kunna förutsäga och kontrollera gaskoncentration och spridning kan även bättre kunskap och förutsägbarhet genereras i förhållande till bedövnings- och avlivningseffekt. Detta kan i sin tur medföra möjlighet till förbättringar ur djurvälståndssynpunkt, såväl som ur ekonomisk synpunkt, genom kostnadseffektivisering av gasningsförfarandet. Behovet av kunskapsökning inom dessa områden ligger till grund för den aktuella studien.

Studier av koldioxidavlivning och mätningar utfördes vid avlivning i kommersiella stallar. På Gård 1 studerades avlivningen av uttjänta värphöns i två likartade stallar (stall 1 och 2). I stall 1 observerades hönsen och temperatur mättes på ett antal ställen. I stall 2 gjordes enbart visuella studier. På Gård 2 gjordes mätningar och observationer i samband med koldioxidavlivning av kalkoner och på Gård 3 i samband med avlivning av uttjänta värphöns. På dessa gårdar gjordes mätningar av temperaturfördelning, koldioxidhalt och övertryck vid tillförsel av koldioxid. På gårdarna 4 och 5 studerades beteendereaktioner och fördelning av gas vid avlivning med CO₂ i ett av respektive gårds inhysningsstall för kommersiella värphöns, som var i slutet av sin produktion.

Slutsatser och rekommendationer med avseende på tekniska aspekter

Mängd gas och gasflöde

- Gjorda mätningar visar på att en halt på c:a 80 % koldioxid kan åstadkommas i stallet då mängden gas beräknas enligt den idag använda texten i föreskrifterna: ”*Mängden koldioxid (kg) för att uppnå 80 % koncentration kan beräknas med hjälp av formeln [stallvolym (m³) x 1,8 x 0,80]*”.
- Koldioxidflöden av storleksordningen 400-600 kg/min används idag. Vid val av gasflöde måste tekniskt betraktat en snabb ökning av gashalterna i stallet vägas mot tryckökning, öppningsarea till det fria och tidsförlopp för sänkning av koldioxidhalterna efter gastillförsel till följd av ofrivillig ventilation. De idag använda flödena är en kompromiss som tycks fungera relativt väl. Med tanke på bl.a. behov av öppningar och avklingning av gashalter bör lägre flöden (400 kg/min eller lägre) väljas i mindre (c:a 50 m långa) stallar och högre flöden (upp till c:a 600 kg/min) i större (c:a 100 m långa) stallar.

Metod för gasinblåsning

- Inblåsning i munstycken (ϕ_{inv} 37 mm) i stallets längdriktning under kraftigt tryck såsom sker idag ger vid aktuella flöden (400-600 kg CO₂ per minut) upphov till en stråle med kastlängder av storleksordningen 30 m. I stallar med en längd på 40-50 m finns i ett sådant system förutsättning för att koldioxidhalterna skall öka ungefär samtidigt och med samma ökningstakt i hela stallet.
- Inblåsning i munstycken (ϕ_{inv} 37 mm) i stallets längdriktning och aktuella flöden (400-600 kg CO₂ per minut) innebär för långa stall (100 m) att det dröjer ett antal minuter innan koldioxidhalterna ökar i stallets borte del. System där gasen tillförs mitt på långsidan i munstycken (T-rör) med öppningar riktade mot var sin gavel (flöden c:a 600 kg/min) kan då ge en jämnare fördelning av koldioxiden.

Öppningar till det fria

- Om öppningar till det fria är stora sjunker koldioxidhalterna snabbt efter avslutad gastillförsel.
- Övertrycket vid tillförsel av koldioxid behöver begränsas för att undvika risk för skador. Ett lämpligt övertryck bör rimligen vara av storleksordningen 25 – 100 Pa. Enligt överslagsberäkningar ger en öppningsarea på 25 respektive 50 cm² per kg koldioxid som tillförs per minut upphov till ett tryckfall på c:a 100 respektive c:a 25 Pa.

- Om öppningar till det fria kan stängas efter avslutad tillförsel av gas kan den ofrivilliga luftomsättningen hållas låg och gaskoncentrationen kan hållas hög under lång tid.
- Spårgasmätningar och teoretiska beräkningar visar på att ofrivillig ventilation ökar kraftigt med ökande vind. Om det är kraftig vind, är små öppningar, som motsvarar tryckfall på c:a 100 Pa eller något mer att föredra.
- Öppningar i tak är att föredra då de jämfört med öppningar i ytterväggarna ger avsevärt lägre ofrivillig luftomsättning efter att gas slutat tillföras. En sådan lägre luftomsättning innebär att gashalterna kan hållas höga under längre tid.
- Öppningar nära platsen för inblåsning av koldioxid bör om möjligt undvikas då viss ökad risk för läckage av uteluft in i stallet kan finnas i denna zon.

Övrigt:

- De studerade fallen tyder på att erforderlig mängd koldioxid kan beräknas felaktigt, då folk kan missförstå formeln.
Om 80 % koldioxid krävs kan texten: ”Mängden koldioxid (kg) för att uppnå 80 % koncentration kan beräknas med hjälp av formeln [$\text{stallvolym (m}^3\text{)} \times 1,44$]” kanske vara bättre.
- Säkerhetsaspekter är viktiga och måste beaktas. Den djurhållare som genomför koldioxidavlivning av fjäderfä måste vara väl införstådd med riskerna och kunna förmedla detta till berörd personal och andra inblandade.

Slutsatser och rekommendationer med avseende på djurvälståndaspekter

- En checklista för djurhållare som ämnar genomföra koldioxidavlivning bör tas fram och distribueras, för att säkerställa att gasavlivningar av fjäderfä i stall genomförs på ett korrekt sätt och för att undvika misstag som kan medföra onödig fara eller skaderisk för människor, andra djur eller utrustning.
- Veterinärens kontrollerande funktion bör stärkas med avseende på förberedelser inför gasning, såsom manipulering av ventilation, avskärmning framför gasinförseln samt tätning för att undvika gasläckage till anslutande avdelningar. Kompetensutveckling av veterinärerna är angeläget.
- Rutiner för nödsituationer borde ses över och vidareutvecklas (såsom icke fullgod avlivningseffekt efter gasning samt åtgärder vid eventuellt gasläckage till andra avdelningar).
- Djur som befinner sig i området nära platsen där gas tillförs löper risk att skadas av gasstrålen och i detta samt i andra kritiska områden finns risk för mycket låga temperaturer. Behovet av att spärra av området närmast införsningsröret eller vidta andra motsvarande åtgärder måste därför betonas.
- Mot bakgrund av resultaten från denna och andra studier kan omfattningen av det lidande som djuren genomgår i samband med planerad koldioxidavlivning i stallet anses vara mindre i förhållande till de alternativ som innebär hantering vid insamling, lastning, transport och slakt/avlivning på annan plats än i stallet under förutsättning att gasavlivningen utförts på ett korrekt sätt. Dock kan hävdas att perioder av potentiellt

- Det finns ett stort behov av fortsatt forskning för att säkerställa relevansen av idag använda välfärdsindikatorer i förhållande till inträdande av medvetlöshet.
- För att i framtida forskning generera värdefulla mätningar och registreringar vid gasavlivning i stallet krävs utökat samarbete med teknisk expertis, för att bemästra problemet med köldrök. Vidare måste sådan mätutrustning användas som är tålig och väl lämpad för registrering i den extrema miljö som fjäderfästallet utgör.

9. SUMMARY

The laying hen of today produces eggs until an age of 75-80 weeks where after the flock is euthanized or slaughtered. Such hens are usually called “spent hens”. Such spent hens often have poor bone strength and are subjected to a higher risk of fractures when handled at catching and slaughter.

In a flock that is to be slaughtered, the hens must be captured, placed in a crate, the crate has to be stowed onto a truck, transported to the abattoir and unloaded, the hens unloaded out of the crate and handled and shackled for stunning. By gassing the hens in the henhouse, the risks of causing fractures or other injuries during these procedures are minimized. Such methods of euthanizing spent hens have been practiced over the last ten years and were originally developed for killing of poultry by stamping out procedures in case of outbreaks of contagious diseases.

Killing of poultry by the use of carbon dioxide has primarily been investigated during situations where the gas has been administered during more or less controlled situations such as container gassing (Controlled Atmosphere Stunning/Killing, CAS/CAK). Only a limited number of studies have been carried out under conditions where the gas has been administered directly into the poultry houses.

There is still some disagreement on how gases affect the birds' welfare. This study is made to increase the knowledge and awareness about the conditions at whole-house gassing by carbon dioxide of poultry as regards the distribution of carbon dioxide in the poultry house, the changes in temperature and the effect on the welfare of the birds. The studies were made in commercial poultry houses.

Conclusions and recommendations regarding technical aspects:

Amount of gas and gas flow

- It is possible to reach a concentration of approximately 80 % carbon dioxide by using the calculations stipulated in the Swedish regulations [*building volume (m³) x 1,8 x 0,80*].
- Today, a flow of 400-600 kg/min is used. This seems as a reasonable compromise as regards the practical constraints. Lower flow rates (400 kg/min or lower) would be preferable in smaller buildings (c:a 50 m long) and higher (up to 600 kg/min) in larger (about 100 m long) buildings.

Method to let the gas into the building

- Inlet nozzles (ϕ_{int} 37 mm) in the direction of the length of the building will at gas flows of 400-600 kg CO₂ per minute result in a beam with a length of c:a 30 m. In buildings with a length of 40-50 m there are reasonable preconditions for an even increase in carbon dioxide concentration in the whole building.
- Inlet nozzles (ϕ_{int} 37 mm) with the same gas flow (400-600 kg CO₂ per minute) will for longer buildings (100 m) delay the increase of gas concentrations in the far end of the room for a few minutes. Systems where the gas is administered in the middle of the building by nozzles (T-ends) directed towards both ends of the building will then give a more even distribution of the gas.

Openings to the outside

- If openings are large, the gas concentrations will rapidly decrease when the administration of the gas has been ceased.
- Over-pressurizing the building during the distribution of carbon dioxide should be limited, to avoid damages to the building. A suitable overpressure should probably be 25 – 100 Pa. An opening area of 25 respectively 50 cm² per kg carbon dioxide distributed per minute will give a pressure reduction of approximately 100 Pa and 25 Pa respectively.
- If openings can be closed after the administration of the gas has been finished, the involuntary air movements can be kept low and gas concentrations remain high.
- The involuntary ventilation will increase by increasing out-door wind force. If such prevail, smaller openings which correspond to a pressure decrease of approximately 100 Pa should preferably be used.
- Openings in the roof are preferred to openings in the walls as they cause less involuntary ventilation after the cease of the gas administration. Thus, gas concentrations will prevail for a longer time.
- Openings close to the inlet of gas should be avoided as that will cause an increase of gas leakage.

Other:

- The studied cases show that the amount of gas needed may currently be miscalculated and the wording of the regulation may therefore be changed to *[room volume (m³) x 1,44]*.
- Workers' safety requirements must be met. The keeper of the animals has a responsibility to inform all people about the risks involved.

Conclusions and recommendations regarding animal welfare

- A checklist to be used by farmers who are planning to use gas killing of poultry needs to be produced and distributed in order to avoid mistakes which may cause unnecessary danger or risk of injury to people or animals as well as to equipment.
- The tasks of the veterinarian of controlling the procedures regarding preparations, manipulation of the ventilator system, shielding of the area closest to the inlet of gas, sealing off neighbouring sections in the building etc. should be strengthened. Efforts to increase the competence of the veterinarians are pertinent.
- Routines for emergency situations should be developed (such as incomplete killing and leakage of gas to neighbouring compartments).
- Animals situated close to the gas inlet nozzle are at risk of being injured by the beam of the gas as well as being exposed to very low temperatures. Therefore, the need to shield or screen off the area close to the gas inlet nozzle or to take other precautions to minimize these risks must be emphasized.

- As a result of the findings in this and other studies it seems reasonable to suggest that the impairment of the welfare of birds being whole house gassed is considerably less than that of birds being captures, handled and transported to an abattoir for slaughter given that the gassing is conducted by the use of best practices available. However, there should be possibilities to further minimize potentially painful or stressful events when more knowledge is gathered about how various factors in the buildings affect the gas distribution as well as by technical improvements for gas administration.
- There is a great need to continue research on the relevance of the welfare indicators used today in relation to the introduction of unconsciousness.
- To be able to generate welfare measures there is a need to collaborate with technical expertise to handle the problem of cold air fog. Also, equipment that is durable and tolerant to the extreme environment of a poultry house during gas killing must be used.

TACK

Ett varmt tack riktas till alla som bidragit till projektets genomförande och speciellt till de fjäderfäproducenter som välvilligt ställt tid och stallar till förfogande för att möjliggöra studier och mätningar. Studien har finansierats av Statens Jordbruksverk.

LITTERATUR

Andrews, E.J., Bennett, B.T., Clark, J.D., Houpt, K.A., Pascoe, P.J., Robinson, G.W., Boyce, J.R., 1993. 1993 report of the AVMA panel on euthanasia. *Journal of American Veterinary Association* 1993, 202:229-249.

Arbetsmiljöverket 2005. Hygieniska gränsvärden och åtgärder mot luftföroreningar. Arbetsmiljöverkets Författningssamling, AFS 2005:17. Arbetsmiljöverket, Stockholm.

Atkinson, S., 2003. A Review of Handling and Killing Methods in End of Lay (Spent) Hens in Sweden and Other Countries. Specialarbetesserie 2003, Sveriges Lantbruksuniversitet, inst. för husdjurens miljö och hälsa, Specialarbete 25.

Atkinson, S., Algers, B., 2006. Welfare during handling and killing of spent hens. Rapportserie 2006, Sveriges Lantbruksuniversitet, inst. för husdjurens miljö och hälsa, avd. för husdjurshygien, rapport 9.

Barton-Grade, P., von Holleben, K., von Wenzlawoicz, M., 2001. Animal welfare and controlled atmosphere stunning (CAS) of poultry using mixtures of carbon dioxide and oxygen. *World's Poultry Science Journal* 2001, 57:189-200.

Berg, C., 2007. Nytt om slakt och avlivning av fjäderfä. *Fjäderfä* nr 10/07, 18-23.

Berg, C., Yngvesson, J., 2007. Avlivning av värphöns i stallet med koldioxid. *Fjäderfä* nr 7/07, 18-20.

Berg, C., 2009. On-farm killing of poultry for disease control and other emergencies. Proc. Nordic Poultry Conference, Reykjavik, Nov 17th-20th 2009. 4 pp.

Coenen, A.M.L., Lankhaar, J., Lowe, J.C., McKeegan, D.E.F., 2009. Remote monitoring of electroencephalogram, electrocardiogram, and behaviour during controlled atmosphere stunning in broilers: implications for welfare. *Poultry Science* 2009, 88:10-19.

Djurskyddsmyndigheten 2007. DFS 2007:5, Saknr L100. Djurskyddsmyndighetens föreskrifter och allmänna råd om djurhållning inom lantbruket m.m. Djurskyddsmyndighetens Författningssamling, Skara, Sweden.

Fernandez, X., 2004. A short overview of the welfare implications of pre-slaughter stunning in poultry. Proc. International Society for Animal Hygiene, Saint-Malo, 2004.

Forslid, A., Ingvar, M., Rosen, I., Ingvar, D.H., 1986. Carbon dioxide narcosis: influence of short-term high concentration carbon dioxide inhalation on EEG and cortical evoked responses in the rat. *Acta Physiologica Scandinavica*. 1986, 127:281-287.

Gerritzen, M.A., Sparrey, J., 2008. A pilot study to assess whether high expansion CO₂-enriched foam is acceptable for on-farm emergency killing of poultry. *Animal Welfare* 17: 285-288

Gerritzen, M.A., Lambooij, E., Hillebrand, S.J.W., Lankhaar, J.A.C., Pieterse, C., 2000. Behavioural responses of broilers to different gaseous atmospheres. *Poultry Science* 2000, 79:928-933.

Gerritzen, M.A., Lambooij, B., Reimert, H., Stegeman, A., Spruijt, B., 2004. On-farm euthanasia of broiler chickens: effects of different gas mixtures on behaviour and brain activity. *Poultry Science* 2004, 83(8):1294-1301.

Gerritzen, M.A., Lambooij, B., Reimert, H., Stegeman, A., Spruijt, B., 2007. A note on behaviour of poultry exposed to increasing carbon dioxide concentrations. *Applied Animal Behaviour Science* 2007, 108:179-185.

- Hughes, BO., 1983. Head shaking in fowls: the effect of environmental stimuli. *Applied Animal Ethology* 1983, 11:45-53.
- Jordbruksverket, 2008. SJFS 2008:69, Saknr L22. Föreskrifter om ändring i Statens jordbruksverks föreskrifter och allmänna råd (SJVFS 2007:77) om slakt och annan avlivning av djur. Statens jordbruksverks författningssamling, Jönköping.
- Jordbruksverket, 1988. Djurskyddslagen, 1988:534, återfinns på Jordbruksverkets hemsida www.jordbruksverket.se.
- Jordbruksverket, 1988. Djurskyddsförordningen, 1988:539, återfinns på Jordbruksverkets hemsida www.jordbruksverket.se.
- Lambooij, E., Gerritzen, MA., Engel, B., Hillebrand, SJW., Lankhaar, J., Pieterse, C., 1999. Behavioural responses during exposure of broiler chickens to different gas mixtures. *Applied Animal Behavioural Science* 1999, 62:255-265.
- McKeegan, EF., McIntyre, J., Demmers, TGM., Wathes, CM., Jones RB., 2006. Behavioural responses of broiler chickens during acute exposure to gaseous stimulation. *Applied Animal Behavioural Science* 2006, 99:271-286.
- McKeegan, DEF., McIntyre, JA., Demmers, TGM., Lowe, JC., Wathes, CM., van den Broek, PLC., Coenen, AML., Gentle, MJ., 2007a. Physiological and behavioural responses of broilers to controlled atmosphere stunning: implications for welfare. *Animal Welfare* 2007, 16:409-426.
- McKeegan, DEF., Abeyesinghe, SM., McLeman, MA., Lowe, JC., Demmers, TGM., White, RP., Kranen, RW., van Bommel, H., Lankhaar, JAC., Wathes, CM., 2007b. Controlled atmosphere stunning of broiler chickens. II. Effects on behaviour, physiology and meat quality in a commercial processing plant. *British Poultry Science* 2007, 48(4):430-442.
- McKeegan, DEF., Sparks, N., Sandilands, V., Demmers, TGM., Boulcott, P., Wathes, CM., 2009. Physiological monitoring of laying hens during whole-house killing with carbon dioxide. *Proc. Poultry Welfare Symposium Cervia, Italien 18-22 maj, 2009*.
- NATVENT 1998. Datorprogrammet NATVENT för dimensionering av naturlig ventilation. Jordbruksverket, Jönköping.
- New Jersey Department of Health & Services, S. 2001. Hazardous Substance Fact Sheets: Carbon dioxide 2001. State of New Jersey Department of Health and Senior Services, Trenton, NJ
- Nimmermark, S., Gustafsson, G. & Nilsson, T., 2008. Nödventilation och larm i djurstallar (Emergency ventilation and alarm equipment in animal houses). LTJ Rapport, Fakulteten för landskapsplanering, trädgårds och jordbruksvetenskap, Alnarp.
- Odelros, Å., Granström K., 2010. Hantering vid avlivning av fjäderfä. *Jordbruksinformation* 6 – 2010. Jordbruksverket. ISSN 1102-8025, JO 10:6.
- Raj, ABM., Gregory, NG., 1990a. Investigation into the batch stunning/killing of chickens using carbon dioxide or argon-induced hypoxia. *Research in Veterinary Science*, 1990 nov; 49(3):364-6.
- Raj, ABM., Gregory, NG., 1990b. Effect of rate of induction of carbon dioxide anaesthesia on the time of onset of unconsciousness and convulsions. *Research in Veterinary Science*, 1990 nov; 49(3):360-3.
- Raj, ABM., Gregory, NG., Wotton, SB., 1990c. Effect of carbon dioxide stunning on somatosensory evoked potentials in hens. *Research in Veterinary Science*, 1990 nov; 49(3):355-9.

- Raj, ABM., Gregory, NG., 1991. Preferential feeding behaviour of hens in different gaseous atmospheres. *Research in Veterinary Science*, 1991 mars; 31(1):57-65.
- Raj, ABM., Wotton, SB., Whittington, PE., 1992. Changes in the spontaneous and evoked electrical activity in the brain of hens during stunning with 30 per cent carbon dioxide in argon with 5 per cent residual oxygen. *Research in Veterinary Science*, 1992 juli; 53(1):125-9.
- Raj, ABM., Gregory, NG., 1993. Time to loss of somatosensory evoked potentials and the onset of changes in spontaneous electroencephalogram of turkeys during gas stunning. *The Veterinary Record*, 1993, 133:318-320.
- Raj, ABM., Gregory, NG., 1994. An evaluation of humane gas stunning methods for turkeys. *The Veterinary Record*, 1994, 135:222-223.
- Raj, ABM., Tserveni-Gousi, A., 2000. Stunning methods for poultry. *World's Poultry Science Journal* 2000, 56:291-304.
- Sandilands, V., Sparks, NHC., McKeegan, DEF., 2009. Whole house culling of hens for disease purposes using carbon dioxide: behaviour, gas levels and temperature. Proc. 43rd Congress of the International Society for Applied Ethology, Applied ethology for contemporary animal issues, Cairns, Queensland, Australien, 6-10 juli 2009.
- VVS-handboken 1974. VVS-Tekniska Föreningen och Förlags AB VVS, Stockholm. .
- Webster, AB., Fletcher, DL., 1996. Humane on-farm killing of spent hens. *Journal of applied poultry research* 5:191-200.
- Webster, AB., Fletcher, DL., 2001. Reactions of laying hens and broilers to different gases used for stunning poultry. *Poultry Science* 2001, 80:1371-1377.
- Webster, AB., Fletcher, DL., 2004. Assessment of the aversion of hens to different gas atmospheres using an approach-avoidance test. *Applied Animal Behavioural Science* 2004, 88:275-287.

Vid **Institutionen för husdjurens miljö och hälsa** finns tre publikationsserier:

- * **Avhandlingar:** Här publiceras masters- och licentiatavhandlingar
- * **Rapporter:** Här publiceras olika typer av vetenskapliga rapporter från institutionen.
- * **Studentarbeten:** Här publiceras olika typer av studentarbeten, bl.a. examensarbeten, vanligtvis omfattande 7,5-30 hp. Studentarbeten ingår som en obligatorisk del i olika program och syftar till att under handledning ge den studerande träning i att självständigt och på ett vetenskapligt sätt lösa en uppgift. Arbetenas innehåll, resultat och slutsatser bör således bedömas mot denna bakgrund.

Vill du veta mer om institutionens publikationer kan du hitta det här:
www.hmh.slu.se

DISTRIBUTION:

Sveriges lantbruksuniversitet
Fakulteten för veterinärmedicin och
husdjursvetenskap
Institutionen för husdjurens miljö och hälsa
Box 234
532 23 Skara
Tel 0511-67000
E-post: hmh@slu.se
Hemsida: www.hmh.slu.se

*Swedish University of Agricultural Sciences
Faculty of Veterinary Medicine and Animal
Science
Department of Animal Environment and Health
P.O.B. 234
SE-532 23 Skara, Sweden
Phone: +46 (0)511 67000
E-mail: hmh@slu.se
Homepage: www.hmh.slu.se*
