

UTREDNING AV LUFTMILJÖN I GRISSTALLAR

Carl-Johan Ehlörsson och Rebecka Westin, Gård&Djurhälsan, Dolkvägen 13 262 74 Ängelholm,
Knut-Håkan Jeppsson och Anne-Charlotte Olsson, SLU, Inst för Biosystem och teknologi, Alnarp,
Per Wallgren, SVA, Ulls väg 3, Uppsala

Innehåll

Inledning	3
Rekommenderad lufttemperatur och luftfuktighet i grisstallar	3
Luftföroreningar i stalluften.....	4
Vanliga problem med ventilation och luftmiljön i grisstallar	6
Material och metoder	8
Kort beskrivning av besättningar där miljömätningarna genomförts.....	8
Beskrivning av Sigicom´s mätutrustning, system, interface och typ av givare	8
Beskrivning av stallavdelningar, antal och placering av givare.....	12
Besättning 1	12
Besättning 2	14
Besättning 3	14
Resultat och diskussion kring mätningarna	14
Jämförelse av mätresultat med handinstrument	14
Luftmiljön i grisningsavdelningen vid besättning 1.....	15
Luftmiljön i slaktgrisavdelningen i besättning 1.....	19
Luftmiljön samt resultat från serologisk undersökning i tillväxtavdelningen och slaktgrisavdelningen vid besättning 2.....	24
Luftmiljön samt boxhygien i tillväxtavdelningen vid besättning 3.....	27
Funktion och möjligheter med mätsystemet	30
Sammanfattning	31

Inledning

Idag finns det automatiska mätsystem som regelbundet kan mäta lufttemperatur, luftfuktighet och luftföroreningar under lång tid. Mobila datanätverkstjänster samt molntjänster för lagring av data ger också möjligheter till att gå in och registrera luftmiljön i realtid. Med hjälp av program för utvärdering och analys av data kan lantbrukaren med sådana system få en tidig varning om när miljön för djuren inte är optimal och därmed kan åtgärder sättas in snabbare vilket i sin tur kan bidra till ett bättre produktionsresultat.

Utvecklingen inom området går snabbt framåt. Det finns internationella företag som utvecklat system för mätning i realtid av lufttemperatur, luftfuktighet och luftföroreningar i grisstallar men dessa är hittills inte testade under svenska förhållanden. Ett problem med sensorer i grisstallar är den aggressiva miljön som ställer stora krav på sensorernas hållbarhet. Detta projekt bygger på att

- a) testa sensorer och dataloggens hållbarhet och utvärdera ett mätsystem för miljömätning som finns tillgänglig inom en annan bransch och
- b) under en omgång för respektive djurkategori studera luftmiljön i avdelningar med diande smågrisar, tillväxtgrisar och slaktgrisar och se hur stor variationen är över tid av respektive mätparameter.

REKOMMENDERAD LUFTTEMPERATUR OCH LUFTFUKTIGHET I GRISSTALLAR

Registrering av lufttemperatur i realtid för övervakning av djurens termiska närmiljö bör jämföras med en önskad lufttemperatur (börvärde) för stallet. Optimal lufttemperatur för djuren i exempelvis slaktgrisstallar kan vara olika beroende på den termiska närmiljön samt djurens värmeproduktion.

Den termiska närmiljön för grisarna i en box beror inte bara på lufttemperaturen i boxen utan även på luftfuktigheten, lufthastigheten, liggytans egenskaper och temperatur samt yttemperaturen på omgivande ytor exempelvis ytterväggar. Hur grisen upplever närmiljön påverkas av hur mycket värme som avges från kroppen och hur mycket värme grisen producerar. Värme från grisen avges till luften via luftströrelser runt djuret (konvektion), genom ledning via material som liggyta/golv till omgivande luft, genom värmestrålning till kalla ytor i omgivningen samt genom avdunstning av fukt från bland annat andningsvägarna. Värmeproduktionen påverkas av grisens ålder, vikt, foderkonsumtion, fodersammansättning, aktivitet och produktion (Sällvik, 2005).

Termisk komfort innebär att djuren utan svårigheter kan upprätthålla sin värmebalans. Enligt djurskyddföreskrifterna (SJVFS 2017:25) ska stallavdelningen ha ett klimat som är anpassat till djurslaget och djurhållningsformen. I vilket lufttemperaturintervall som grisen har en termisk närmiljö som motsvarar termisk komfort beror exempelvis av hur stor grisen är, antal grisar i boxen, foderkonsumtion, fodersammansättning, mängd strö på liggytan och golvtemperatur.

I Sverige sker den konventionella grisproduktionen i isolerade stallar med liggyta av betong försedd med strömedel. Stallarna är klimatreglerade och har undertrycksventilation samt vid behov tillskottsvärme. Rekommenderad lufttemperatur i dessa stallar anges i tabell 1.

Tabell 1. Rekommenderad lufttemperatur i grisars närmiljö (Gård och djurhälsan, 2019)

Ålderskategori	Lufttemperatur, °C
Digivande sugga	18–20
Dräktiga suggor i isolerad avdelning	15–20
Spädgrisar	32–33
Nyavvanda tillväxtgrisar	24 (när underhållsbehovet är täckt)
Slaktgrisar	Minst 20 vid insättning Ca 16 vid full fodergiva

Relativa luftfuktigheten (RF) i grisstallar bör ligga mellan 50–80 % (Pedersen & Petersen, 1979). Enligt djurskyddsföreskrifterna (SJVFS 2017:25) får RF under vintern endast undantagsvis överstiga 80 % i värmeisolerade stallar. Över 80 % RF innebär en fuktig miljö som ger sämre hygien under framförallt vinterhalvåret. Under 50 % RF innebär att luften är onödigt torr och ger ökad dammförekomst i stallet.

Framförallt vid varma förhållanden under sommarhalvåret samverkar lufttemperatur och luftfuktighet. Vid höga lufttemperaturer under sommarhalvåret kan RF över 70% ge ökad värmestress. Genom att beräkna ett index, THI (Temperature-Humidity-Index), kan effekten av både lufttemperatur och luftfuktighet värderas. THI är från början utvecklad för människan och har anpassats till nötkreatur men indexet har även använts för bedömning av värmestress för grisar (Haeussermann m.fl., 2007, Wallgren, 2014).

Lufthastigheten i djurens vistelsezon bör normalt vara mindre än 0,2 m/s under vinterhalvåret för att inte uppfattas som drag. Vid lufttemperaturer över 20°C bör lufthastigheten ökas till 0,2 – 0,5 m/s (Pedersen & Petersen, 1979). Sällvik & Wahlgren (1984) undersökte lämplig lufthastighet för slaktgrisar beroende av lufttemperatur. Optimal värmeavgivning via konvektion för grisarna under slaktgrisperioden var mellan 60–80 W/m² vilket innebar lufthastighet mellan 0,7 och 1,3 m/s vid hög värme (28°C). Den optimala värmeavgivningen var proportionell mot grisarnas vikt.

Hygienen i grisboxar är komplex och påverkas av ett flertal faktorer (Larsen m.fl., 2018), till exempel kan den påverkas av den termiska närmiljön i boxen (Aarnink m.fl., 2006).. Grisarna kan välja att ligga på spaltgolvet och gödsla på liggytan om de upplever den termiska närmiljö som bättre på spaltgolvet än på liggytan. För stora slaktgrisar under sommarhalvåret kan närmiljön ofta vara ”för varm” och de kan välja att gödsla på liggytan och ligga på spaltgolvet. Samtidigt kan det vara ”för kallt” på liggytan för små slaktgrisar.

LUFTFÖRORENINGAR I STALLUFTEN

Grisar får endast tillfälligt utsättas för luftföroreningar som är högre än värdena i tabell 2 (SJVFS 2017:25). Gränsvärdet för ammoniak och organiskt damm motiveras av påverkan på djurhälsa, djurvälstånd och produktion.

Ammoniak avges från ytor med urin och gödsel i stallet. En stor del ammoniak kommer från kvävet i urinen som snabbt bryts ned till ammoniak vid kontakt med golvet men även kvävet i träcken bryts med tiden ned till ammoniak.

Damm består framförallt av partiklar från foder, strö och djuren själva (hud, hår, mm). Ungefär 70% av partiklarna återfinns inom storleksintervallet 0,5 – 5 µm. Att dammet består av olika partikelstorlekar medför att det mäts på olika sätt. Bestämning av totaldamm är en metod där partiklar mindre än 20 µm detekteras. Inhalerbart damm representerar det luftburna damm som människan andas in genom näsa och mun och innehåller damm upp till en storlek av ungefär 100 µm (50% av 100 µm stora partiklar fångas in).

Respirabelt damm avser att representera det damm som når lungans alveoler. Luftburet damm med partikelstorlek upp till 12 µm och 50% av partikelstorleken 4 µm fångas in. PM10, 2.5 och 1.0 är enkelt uttryckt massan av partiklar med aerodynamisk diameter mindre än 10, 2,5 respektive 1,0 µm. Partiklar som är mindre än tio mikrometer i diameter (PM10) kan när de andas in nå djupt ner i lungorna och bidra till utvecklande av lungsjukdomar. Exempelvis visade Donham (1991) i en undersökning på 28 grisgårdar i södra Sverige att slaktgrisar utsatta för dålig luftkvalitet hade högre frekvens av lunginflammation och lungsäcksinflammation vid sjukdomsregistreringen i samband med slakt. Donham rekommenderade 11 ppm NH₃ och 2,4 mg/m³ inhalerbart damm som hygieniska gränsvärden för slaktgrisar. När 960 avvanda grisar exponerades i 5 veckor för olika nivåer av damm och ammoniakvisade grisarna sämre produktionsresultat när de utsattes för mer än 5,1 mg/m³ damm (inhalerbart damm) och ammoniakkoncentrationer upp till 37 ppm (Wathes, 2004). Michiels studerade djurhälsan för slaktgrisar i en problembesättning och visade att framförallt PM10 men även NH₃-koncentrationen påverkade risken för utvecklande av lungsjukdomar.

Höga koncentrationer av svavelväte är inte vanlig i dagens grisstallar men kan förekomma vid hantering av flytgödsel som lagrats syrefritt längre tid eller vid omrörning och luftläckage från pumpbrunnen in i stallen. Exempelvis kan det bildas svavelväte i kulverten vid vakuumpumpning om gödseln lagrats en längre tid. Därför ska utgödsling ske med högst 14 dagars intervall (SJVFS 2017:25).

Gränsvärdet för koldioxid motiveras generellt med att höga halter (över 3000 ppm) är en indikation på dålig luftkvalitet i stallen.

För arbetsmiljön anges hygieniska gränsvärden i Arbetsmiljöverkets föreskrifter (AFS, 2018). Gränsvärdena för luftföroreningar anges i tabell 2. För koldioxid, ammoniak och svavelväte är gränsvärdena för arbetsmiljön högre än för djurskyddet medan gränsvärdet för organiskt damm är lägre.

Tabell 2. Gränsvärden för luftföroreningar i grisstallar med avseende på djurskyddsföreskrifterna och arbetsmiljöföreskrifterna (SJVFS 2017:25; AFS, 2018)

	Djurmiljö (SJVFS 2017:25)	Arbetsmiljö (AFS, 2018)
Ammoniak (ppm)	10	25
Koldioxid (ppm)	3000	5000
Svavelväte (ppm)	0,5	10
Organiskt damm (mg/m ³) ^{a)}	10 ^{a)}	5 ^{b)}

^{a)} Fraktion ej angivet; ^{b)} Inhalerbar fraktion

Förutom damm och gaser kan infektioner påverka grisarnas trivsel och hälsa. Samband mellan miljön och olika infektioner är sällan belysta, men det finns ett samband mellan sämre miljö och fler anmärkningar för luftvägssjukdomar vid slakt (Donham,1991). Influensa, *Actinobacillus pleuropneumoniae* (App) och *Mycoplasma hyopneumoniae* (Mhyop) förknippas ofta med luftvägssjukdomar hos växande grisar och det finns även en risk för att grisar som infekterats med någon eller flera av dessa mikroorganismer drabbas av följdinfektioner med den sekundärpatogena bakterien *Pasteurella multocida* (Pm). Ett sätt att mäta detta är att diagnosticera serumantikroppar riktade mot dessa mikroorganismer. Vanligen sker detta med så kallad ELISA-teknik och genom att provta olika kategorier av växande djur kan man förutom att påvisa förekomst eller frånvaro av dessa mikroorganismer även erhålla information om när under uppfödningen som dessa debuterar och hur de sprids.

VANLIGA PROBLEM MED VENTILATION OCH LUFTMILJÖN I GRISSTALLAR

Grisstallar är klimatreglerade och har oftast undertrycksventilation samt tillskottsvärme. Undertrycksventilation innebär att fläktarna i systemet suger ut luft ur stallet och därigenom skapar ett undertryck så att frisk luft sugas in genom tilluftsdonen. Fläktarna sitter oftast i en frånluftstrumma genom innertaket, vinden och yttertaket men kan också vara placerade i ett fläktrum, i ytterväggen eller vara anslutna till gödselkanalen. Tilluften tas oftast via vinden och genom tilluftsdon i innertaket alternativt direkt in via tilluftsdon i ytterväggarna. Undertrycket i stallet gör att luften rör sig in i stallet och fördelas av tilluftsdonen. Antal och placering av tilluftsdonen, tillsammans med täta väggar och stängda dörrar och fönster utgör förutsättningen för hur bra luften fördelas i stallet. Ventilationssystemet regleras i de flesta fall med hjälp av givare för lufttemperatur och luftfuktighet i tilluft och frånluft samt tillhörande reglersystem och ställdon. Fläktarnas varvtal, stryppjäll samt tilluftsdonens öppning regleras för att erhålla rätt luftflöde och luftfördelning.

Undertrycket i stallet är normalt mellan 5–20 Pa. För att ventilationssystemet skall fungera krävs att de ingående delarna är rätt dimensionerade och monterade samt att de underhålls för att bibehålla funktionen. Även öppningar i takfoten som leder in ventilationsluften på vinden, ska vara rätt dimensionerade och rätt utformade. I stallarna kan det även finnas behov för tillskottsvärme för att djurstallet skall vara i värmebalans vid dimensionerande utetemperatur (SS 951050, 2014). Dimensionerande utetemperatur för exempelvis södra Sverige är -10 °C. Tillskottsvärme ges oftast via varmvattenrör i fronten på boxarna och/eller via golvvärme i lämpliga områden i boxarna (Ehrlemark, 2004).

De vanligast förekommande problemen med luftmiljö och ventilationssystem i isolerade byggnader kan delas in i tre grupper (Ehrlemark, 2004):

- Stallklimatproblem
- Närlimatproblem
- Luftkvalitetsproblem

Stallklimatproblem beror på orsaker som drabbar luftmiljön i hela stallet medan närlimatproblem beror på orsaker som drabbar luftmiljön lokalt i vissa delar av stallet. Klimatet kan variera mellan olika platser och även mellan olika höjder över golvnivå i stallet beroende på exempelvis luftförelserna i stallet samt på djurens uppehållszon. Olika orsaker till problemen med lufttemperatur sammanfattas i tabell 3–5 och är hämtade från Ehrlemark (2004).

Tabell 3. För varmt i stallet under sommarhalvåret (Ehrlemark, 2004)

Symptom	Grundorsak	Observationer/ frågeställningar
Problemet uppträder när det är så varmt i stallet att ventilationen går med full kapacitet Temperaturen i stallet är > 4 °C högre än utomhus under en stor del av dagen	För låg luftomsättning	Alla fläktar går inte för fullt. Spjäll och/eller luftintag är inte helt öppna
		Undertrycket i stallet är större än normalt vilket leder till att fläktarna inte kommer upp i tillräcklig kapacitet (> 20 Pa)
		Undertrycket i stallet är ovanligt lågt (<5 Pa)
		Fläktarnas totala kapacitet för liten i förhållande till behovet

Tabell 4. För kallt i stallet under vinterförhållanden (Ehrlemark, 2004)

Symptom	Grundorsak	Observationer/ frågeställningar
Problemet uppträder vid kall väderlek Den låga temperaturen uppträder samtidigt som den relativa luftfuktigheten också är låg (<70%) Koldioxidhalt <1500 ppm	För stor minimiventilation i kombination med tilläggsvärme	Minimiventilation blir för hög beroende på självdrag i fläktrummor eller vindpåverkan
		Minimiventilation är för hög beroende på felaktigt inställd styrcentral
Problemet uppträder vid kall väderlek Den låga temperaturen uppträder samtidigt som luftfuktigheten är hög	För stor minimiventilation Koldioxidhalt <1500 ppm	Se alternativ ovan
	För liten värmeavgivning i stallet i förhållande till värmeförlusterna Koldioxidhalt 1500–3000 ppm	Tilläggsvärme saknas eller har för låg kapacitet
	Skillnaden mellan inomhustemperatur och utomhus-temperatur är för liten för att möjliggöra borttransport av fukt	Önskad stalltemperatur inställd på lägre temperatur än 5–8 °C

Tabell 5. Problem med ojämn temperatur i stallet (Ehrlemark, 2004)

Symptom	Grundorsak	Observationer
Problemet kan uppträda vid alla väderförhållanden Temperaturen skiljer > 2–3 grader mellan olika delar av stallet	Fördelningen av tilluft är inte anpassad efter värmeavgivningen (djurbeläggningen) i olika delar av stallet.	Det är anmärkningsvärt kallt på några ställen med liten djurbeläggning
		Det är anmärkningsvärt varmt på några ställen med hög djurbeläggning
		Olika luftintagstyper används i olika delar av stallet
Problemet uppträder vid låga utomhus-temperaturer Temperaturen är lokalt minst 2–3 grader lägre i en del av stallet	Låg eller ingen värmeavgivning lokalt	Ofta problem med kondens i denna zon
	Okontrollerad tillförsel av uteluft genom port, lucka, otätheter eller kulvertar	Använd rök utifrån för att visa var kall luft kommer in
Problemet uppträder när det är blåsigt väder	Yttre vindtryck förskjuter fördelningen av tilluft	Väggintag används för tilluft
		Tilluft kommer in via tilluftskanaler som mynnar i yttervägg

Luftkvalitetsproblem yttrar sig som höga koncentrationer av luftföroreningar på vissa platser eller i hela stallet. Koncentrationen av koldioxid, ammoniak och damm i stallet varierar även över dygnet och med djurens aktivitet.

Höga koncentrationer av koldioxid i hela stallet beror vanligtvis på för lågt ventilationsflöde genom stallet. Koldioxid avges huvudsakligen med djurens utandningsluft och koncentrationen i stallluften beror på hur stor luftomsättningen är i förhållande till djurens avgivning. Djurens avgivning av koldioxid varierar med djurens värmeproduktion dvs påverkas av grisens ålder, vikt, foderkonsumtion, fodersammansättning, aktivitet och produktion. Koldioxidkoncentrationen kan också variera mellan olika platser i stallet, vilket kan vara en indikation på luftrörelserna i stallet och luftfördelningen inte är optimal.

Ett flertal faktorer i stallet påverkar hur mycket ammoniak som avges. Bland de faktorer som kan relateras till klimatet och ventilationen i stallet är luft- och gödseltemperatur, luftflöde, luftrörelser och lufthastighet över ytor med gödsel men även arean med gödselbemängda ytor. Höga koncentrationer av ammoniak i grisstallar kan inträffa när det är låga luftflöden i stallarna. Det kan även exempelvis bero på dålig hygien i boxarna, problem med utgödslingen, luftläckage från utgödslingen alternativt urindräneringen, luftrörelser över gödselytor och rundgång mellan frånluft och tilluft. Lokalt kan det uppstå höga koncentrationer av ammoniak på grund av läckage in i stallet via utgödslingen men även av luftrörelser under spaltgolven.

Dammförekomsten i grisstallar påverkas framförallt av djurens aktivitet, storlek samt antalet grisar. Typ av foder och luftflödet genom stallet har mindre effekt på dammförekomsten men lufthastigheten i stallet kan påverka fördelningen av olika partikelstorlekar (Gustafsson, 1999).

Material och metoder

KORT BESKRIVNING AV BESÄTTNINGAR DÄR MILJÖMÄTNINGARNA GENOMFÖRTS

Mätningar av lufttemperatur, luftfuktighet och luftföroreningar har genomförts i fem stallavdelningar i tre olika besättningar (tabell 6) under perioden november 2018 till hösten 2019.

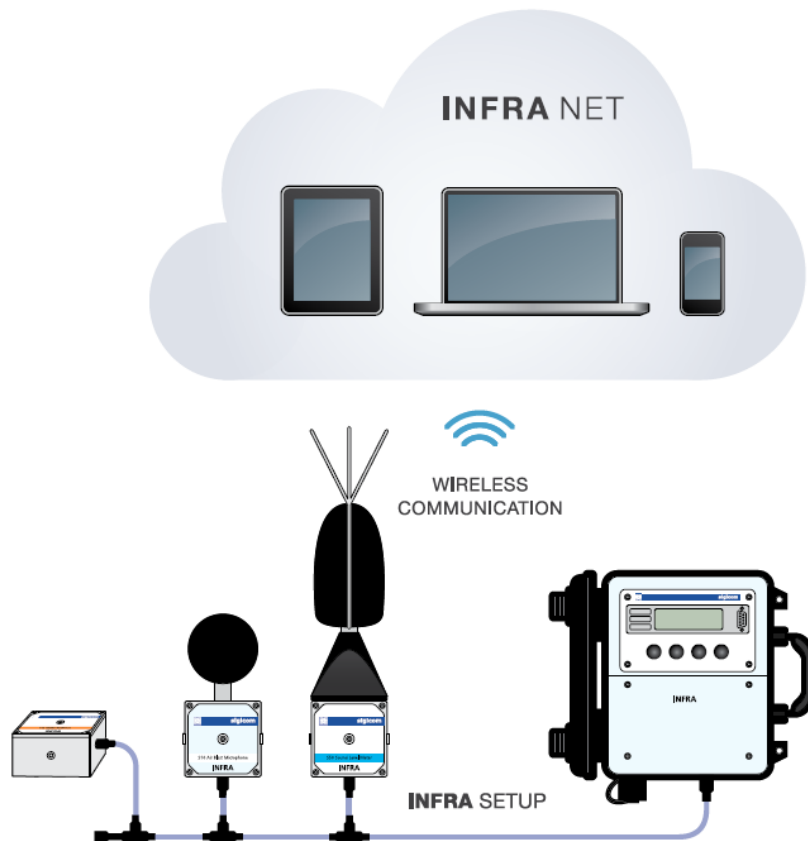
Tabell 6. Beskrivning av de tre undersökta besättningarnas produktionssystem.

	Besättning 1	Besättning 2	Besättning 3
Integrerad	x	x	
Externintegrerad			x
Antal SIP	560	450	900
Antal suggor/grupp	80	60	40
Grisningsbox		x	x
Tillväxtbox		x	x
Enhetsbox	x		
Slaktgrisbox	x	x	
Blötfoder	x	x	x

BESKRIVNING AV SIGICOM'S MÄTUTRUSTNING, SYSTEM, INTERFACE OCH TYP AV GIVARE

Sigicom är en ledande leverantör av mätutrustningsteknologi för miljöparametrar med huvudverksamhet inom bygg- och anläggningsbranschen. Det är ett svenskt företag med internationell verksamhet i såväl Europa som USA.

Sigicom's INFRA är ett system för fjärrövervakning av olika miljöparametrar i realtid (Figur 1). Systemet består av mätsensorer för olika miljöparametrar, datalogger med inbyggt GSM/GPRS-modem inklusive tillbehör, samt ett web-baserat system för projektadministration, dataanalys, rapporter och presentationer. Förutom att systemet varnar för en specifik händelse i web-programmet kan systemet skicka ett SMS till en mobiltelefon med varning om avvikelser med data kring händelsen. Eftersom systemet är utvecklat för miljöövervakning kring bygg- och anläggningsprojekt är det robust och hypotesen var därför att det kan vara användbart även inom lantbruket.



Figur 1. Principbild över INFRA systemet (SIGICOM)

De mätsensorer som användes vid mätningar av olika miljöparametrar i projektet beskrivs i tabell 7. Mätsensorerna placerades i ett elskåp och luft sögs in till mätsensorerna genom ett plaströr via en fläkt i elskåpet. Inloppet till plaströret placerades 50 cm över golvnivå i boxarna (se figur 2–4). Mätssystemet var en första prototyp anpassad för mätningar i djurstallar. Projektet var en del i utvecklingsarbetet av en färdig produkt.



Figur 2. I miljöstationen finns sensorerna för koldioxid, ammoniak, temperatur och luftfuktighet. Genom röret nertill suggs luft in av en fläkt. Detta rör sattes alltid upp 50 cm över golvet.



Figur 3. Miljöstationen i besättning 1, placerad i enhetsbox.

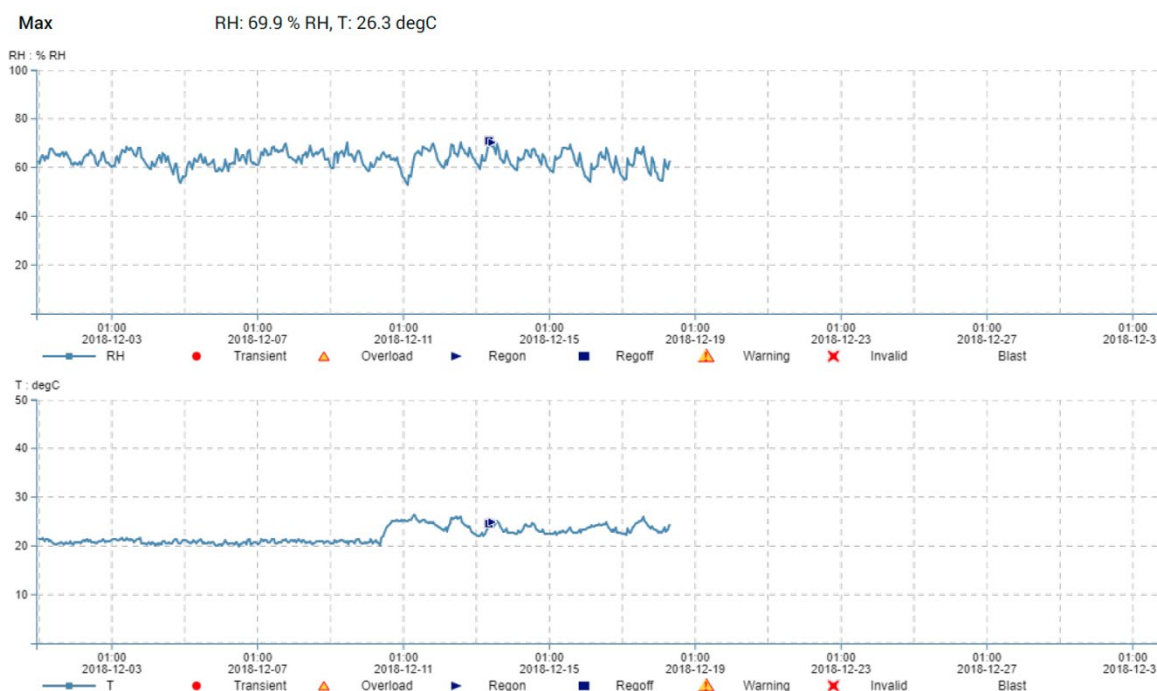


Figur 4. Miljöstationen i besättning 2, placerad i slaktgrisbox.

Tabell 7. Beskrivning av mätsensorer (uppgifter från SIGICOM)

Givare	Typ av givare	Mätområde	Upplösning	Noggrannhet
INFRA Hygro/termometer X20H	Kapacitiv sensor	0–100 % RF	0,1 %	±1,8 % RF
	Kiselbandgapsensor	-40 – +70 °C	0,1 °C	±0,3 °C
INFRA Gas monitor				
X20CO2	Optisk NDIR sensor	400 – 10000 ppm	1 ppm	± (50 ppm + 3% av mätvärdet)
X20NH3	Metalloxid gassensor	1 – 100 ppm	1 ppm	± 1 % av maxvärdet
INFRA Dust monitor				
X20DM	Optisk sensor			± 5 % av mätvärdet
	Totaldamm	0,1 – 6000 µg/m ³	0,1 µg/m ³	
	PM10	0,1 – 6000 µg/m ³	0,1 µg/m ³	
	PM2.5	0,01 – 600 µg/m ³	0,01 µg/m ³	
	PM1.0	0,01 – 600 µg/m ³	0,01 µg/m ³	

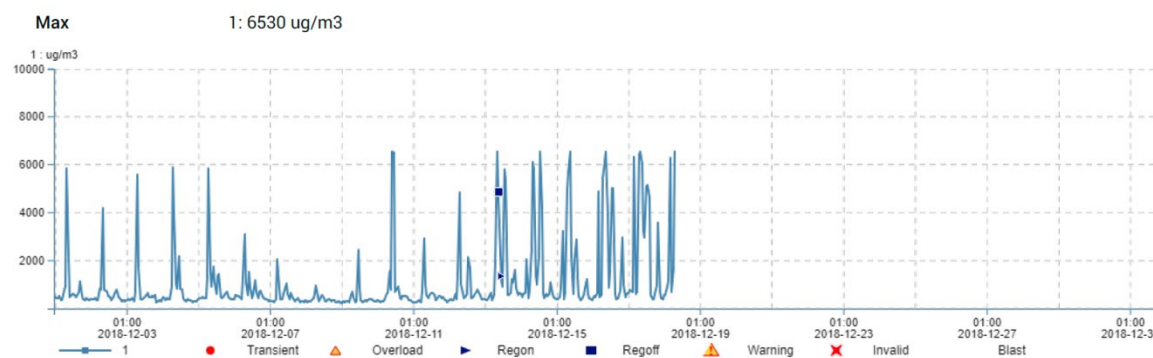
Mätparametrarna loggades varje minut och presenterades i realtid i web-programmet. Figur 5–7 ger exempel på diagram över relativ luftfuktighet och lufttemperatur samt koldioxid- och dammkoncentration (PM10). Presentationen i web-programmet kan anpassas för olika applikationer. I diagram över hela perioder som presenteras under resultatavsnittet har data aggregerats till medelvärden för timmar.



Figur 5. Exempel på diagram över relativ luftfuktighet och lufttemperatur.



Figur 6: Exempel på diagram över koldioxidkoncentration.



Figur 7. Exempel på diagram över dammkoncentration (PM10). En tillfällig höjning av dammkoncentrationen uppstår vid skötsel av grisarna när det blir stor aktivitet i stallet.

BESKRIVNING AV STALLAVDELNINGAR, ANTAL OCH PLACERING AV GIVARE

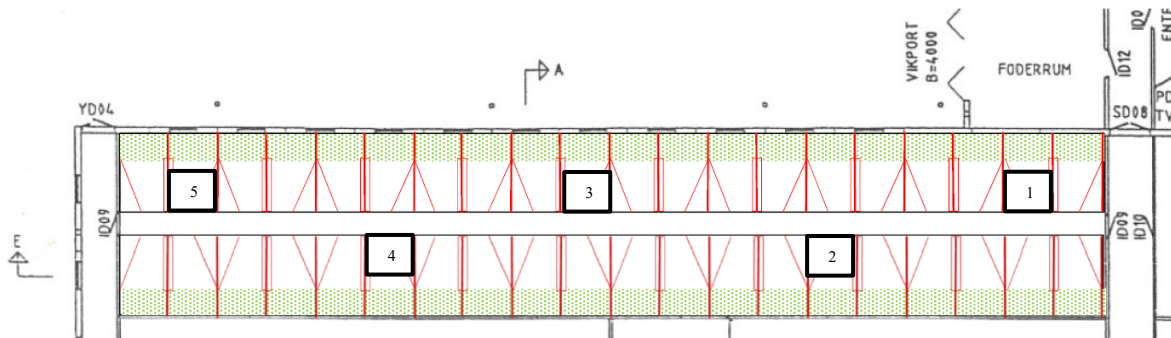
Besättning 1

Grisningsavdelningen i besättning 1 bestod av två rader med 20 enhetsboxar och en mittgång. Ventilationen var av fabrikat SKOV A/S med en frånluftstrumma i avdelningen och ett tilluftsdon per enhetsbox. Tillskottsvärmen bestod av varmvattenrör som var styrda av ventilationssystemet samt golvvärme som styrdes manuellt. Smågrisarna hade tillgång till värmelampor över smågrishörnorna.

Avdelningen var ca 42 meter lång och ca 8 meter bred. De två kortsidorna var innerväggar mot korridorer, en långsida var yttervägg och den andra långsidan var innervägg mot en annan avdelning. Mätperioden startade 2018-11-01, samtidigt som suggorna sattes in i det rengjorda stallet. Grisnings- och digivningsperioden varade i 39 dagar. Därefter gick smågrisarna kvar på tillväxt under 35 dagar och avdelningen tömdes 2019-01-14. Under plastspalten var det skraputgödsling som kördes en gång per dag.

I denna avdelning utfördes mätningar av lufttemperatur, luftfuktighet, koldioxidkoncentration samt ammoniakkoncentration på fem platser. Dessutom gjordes mätningar av PM1.0, PM2.5 och PM10 på en plats mitt i avdelningen. Mätsensorerna placerades i enhetsboxarna mot innerväggen och 50 cm över golvet där plats 1 var närmast den centrala tvärgången i anläggningen, plats 3 var mitt i stallet och plats 5 var närmast kortsidan mot korridor närmast yttervägg (se figur 8). Dammsensorn placerades i

anslutning till plats 3 och dataloggern inklusive GSM/GPRS-modem placerades i korridoren på ytterväggen.

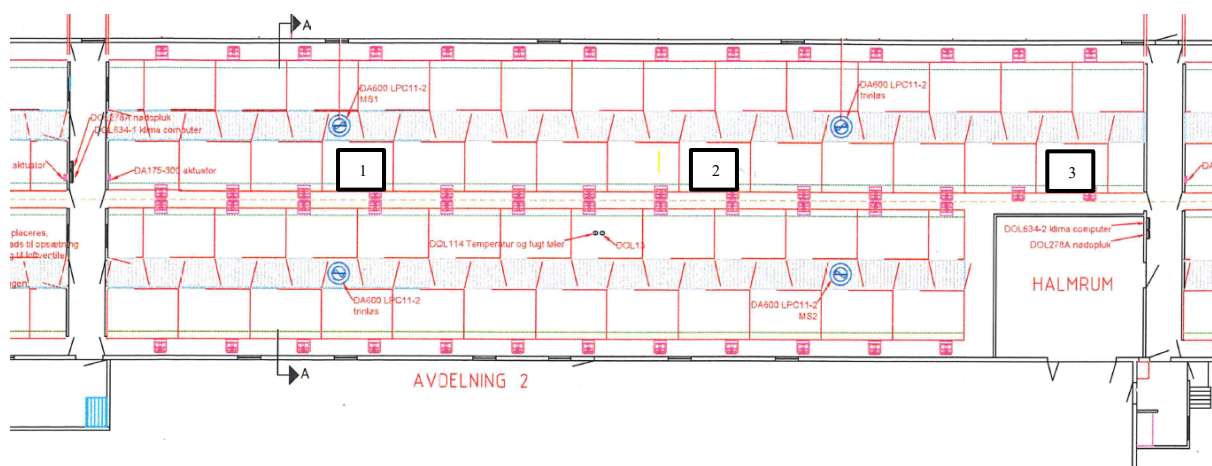


Figur 8. Skiss över planlösning i besättning 1 samt placering av mätsensorer i grisnings/tillväxtavdelningen.

I samma besättning men på en annan produktionsplats gjordes mätningar i ett slaktgrisstall under en slaktgrisomgång mellan 2019-02-04 och 2019-05-29. Ventilationen i avdelningen var av fabrikat Skov A/S med 4 frånluftstrummor i avdelningen och ett tilluftsdon per box. Tillskottsvärme fanns i boxarnas frontrör där värmen reglerades med ventilationssystemet. Dessutom fanns golvvärme som var reglerad med termostat.

Avdelningen bestod av två dubbelrader med långtrågsboxar som hade gemensam gödselgång med betongspalt. Personalgångar fanns längs båda ytterväggarna samt mellan de dubbla raderna med slaktgrisboxar. Kortsidorna var innerväggar till korridorer. Totalt bestod avdelningen av 51 slaktgrisboxar och 4 sjukboxar. Avdelningen var ca 24 m lång och 15 m bred och hade vakuumutgödsling som tömdes en gång per vecka eller eventuellt var 10:e dag i början av uppfödningperioden.

I slaktgrisavdelningen mättes lufttemperatur, luftfuktighet samt koldioxid- och ammoniakkoncentration på tre platser i avdelningen. Mätsensorerna placerades 50 cm över golvet i avdelningen med plats 2 i en box i mitten av stallet och plats 1 och 3 i boxar vid respektive kortsida av stallet (se figur 9). Dataloggern inklusive GSM/GPRS-modem placerades i mittkorridoren.



Figur 9. Skiss över planlösning samt placering av mätsensorer i slaktgrisavdelningen i besättning 1.

Besättning 2

I besättning 2 utfördes miljömätningar i en tillväxtbox (2-klimabox) under en omgång med tillväxtgrisar. I avdelningen fanns det 47 boxar i 2 rader. Grisarna sattes in i avdelningen den 8 april. Mätssystemet installerades i en box som var 5 boxar in från en gavel och sensorerna placerades 50 cm över golvet. Under tillväxtperioden märktes 10 grisar och det togs blodprov vid 2 tillfällen på dessa, vid 7 och 11 veckors ålder.

Efter ca 6 veckor flyttades grisarna till en slaktgrisavdelning. Miljömätningarna fortsatte i den slaktgrisbox med samma grisar som under tillväxtperioden. I slaktgrisavdelningen fanns det 32 boxar i 2 rader och i en box mitt i stallet installerades mätssystemet. Sensorerna placerades 50 cm över golvet. Blodprover togs på samma grisar som i tillväxtavdelningen vid 15 och 19 veckors ålder.

Blodproven analyserades på SVA avseende förekomst av antikroppar mot *Actinobacillus pleuropneumoniae* serotyp 2 och 3, *Mycoplasma hyopneumoniae*, influensa och *Pasteurella multocida* med ELISA-tekniker.

Besättning 3

Miljömätningarna i besättning 3 utfördes i en tillväxtavdelning med 55 2-klimaboxar. Mätningarna utfördes i en tillväxtbox som var placerad i mitten av avdelningen. Grisarna sattes in i tillväxtboxen den 24 juni och var där i ca 6 veckor. Under denna period registrerades boxhygien dagligen av en av skötarna. Liggytan delades upp i 8 delar där förekomst av träck, urin eller fukt registrerades för respektive del enligt en i förväg sammanställd manual

Resultat och diskussion kring mätningarna

JÄMFÖRELSE AV MÄTRESULTAT MED HANDINSTRUMENT

Sensorerna har en hög känslighet beroende på att mättiden är ca 1 sekund med en frekvens av en gång i minuten. Syftet med långtidstesterna var att utvärdera sensorerna respektive dataloggrar i en annorlunda kemisk miljö som möjligen kan vara tuffare än infrastrukturprojekt. Även det mobila radionätets förmåga resp. dataloggerns radiodel testades.

Data från mätsystemet jämfördes med handinstrument vid tre tillfällen, ett tillfälle under digivningsperioden och två tillfällen under slaktgrisperioden i besättning 1. För manuell kontroll av miljön användes ett handhållet kombiinstrument från Rotronic CP11 som mätte temperatur, koldioxidhalt och RH. För kontroll av ammoniakhalten användes Kitagawa AP-20.

Vid det första tillfället överensstämde data från mätsystemet mycket väl med handinstrumenten förutom för ammoniak. Medelavvikelsen var 1,2°C för lufttemperaturen; för 6 % för RF och 64 ppm för koldioxidkoncentrationen. Ammoniaksensorn i mätsystemet var vid detta tillfälle av fel typ och gav ett alldeles för högt värde.

Vid det andra och tredje kontrolltillfället var överensstämmelsen mot handinstrumenten något sämre för RF och CO₂-koncentration och NH₃-koncentrationen avvek fortfarande från kontrollvärdena. Medelavvikelsen var 2,0 respektive 0,8°C för lufttemperaturen; 9 resp 14 % för RF; 690 resp 550 ppm för CO₂- samt 5 resp 3 ppm för NH₃-koncentration.

Jämförelsen mellan handinstrument och mätsystemet gav endast en indikation på hur bra mätsensorerna fungerat i stallmiljön. Handinstrumenten var inte kalibrerade och manuella mätningar i grisstall innebär

att djurens aktivitet påverkas vilket kan ha påverkat de manuella mätparametrarna. Luftförelser i stallet kan också medföra lokala skillnader.

LUFTMILJÖN I GRISNINGSAVDELNINGEN VID BESÄTTNING 1

Under grisnings- och digivningsperioden var ventilationssystemet inställt så att lufttemperaturen skulle vara 19°C i stallet. Ventilationssystemet reglerade temperaturen bra mot utetemperaturen och höll ca 19°C i stallet (figur 10). Temperaturskillnaden mellan de olika platserna i stallet var 3-4°C och det var lägst temperatur vid plats 4 och 5 (se även figur 16). Detta kan bero på att stallet gränsar mot en kall korridor och gavel, vilket eventuellt skulle kunna justeras genom att ställa in tilluftsdonen så att lite mindre luft kommer in i de delarna av stallet.

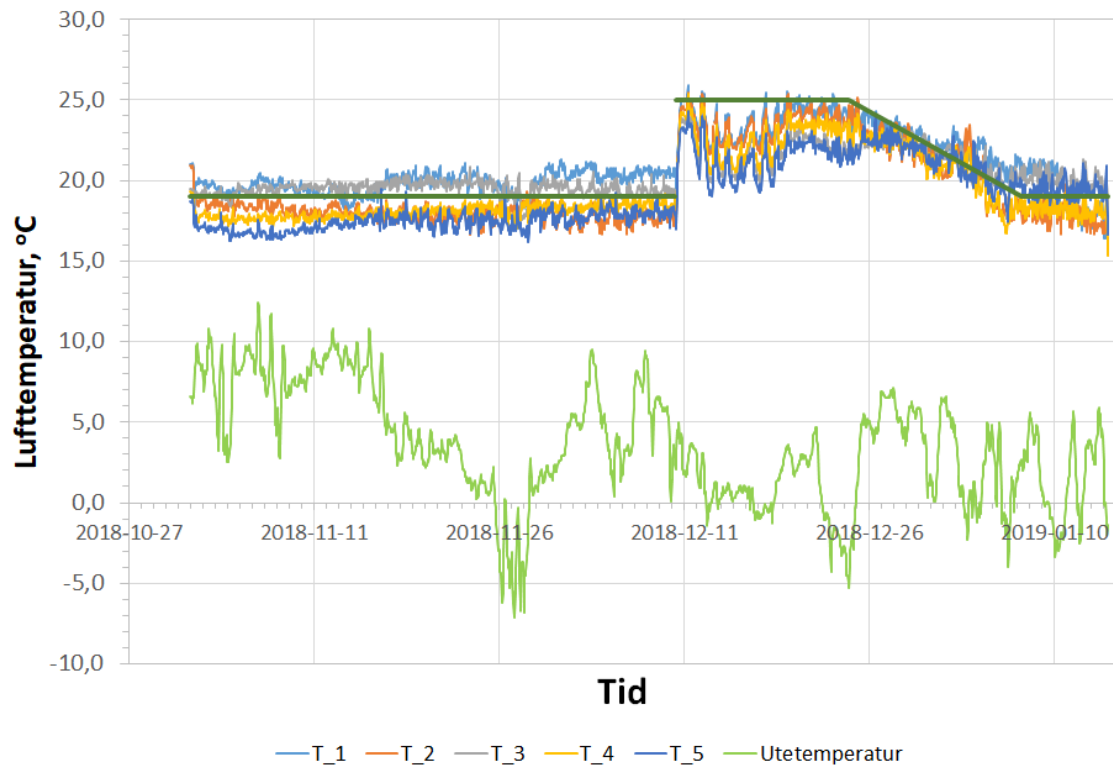
Koldioxidkoncentrationen under grisnings- och digivningsperioden varierade med utetemperaturen (figur 11). De kalla dagarna reglerade ventilationssystemet ned luftflödet så att CO₂-koncentrationen ökade och tillfälligt hamnade över 3000 ppm.

Den relativa luftfuktigheten varierade mellan 50 och 70% beroende på uteklimatet och förhållandena inne i stallet (figur 12). Under den lite kallare perioden som började den 16/11 blev det något lägre RF i stallet, förmodligen på grund av att mängden tillskottsvärme ökade.

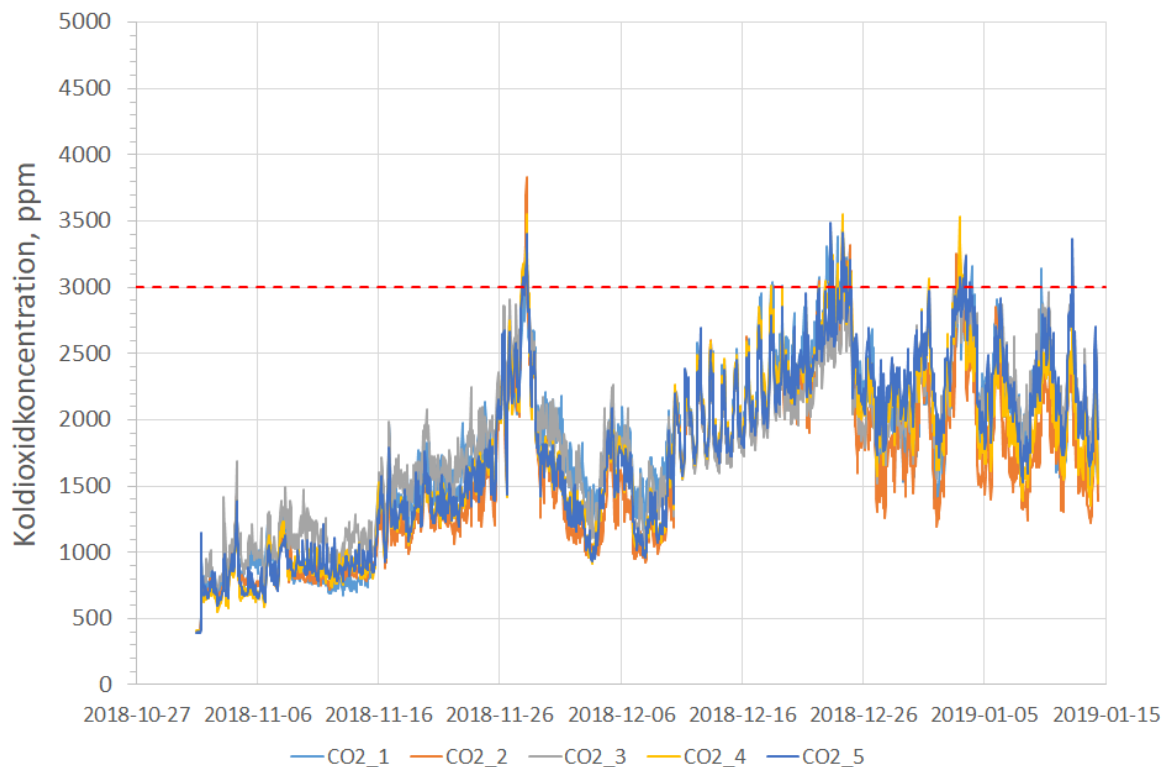
Efter avvänjningen ökades den inställda stalltemperaturen till 25°C under knappt 2 veckor för att sedan succesivt sänkas till 19°C vid 5 veckor efter avvänjningen. Under de två första veckorna klarade ventilationssystemet inte av att hålla 25°C i stallet (figur 10). För att höja stalltemperaturen hade det krävts att mer tillskottsvärme använts. Eftersom utetemperaturen under mätperioden inte sjönk ned till -10°C går det inte att analysera om totala effekten på tillskottsvärmen räcker till i stallet vid dimensionerande utetemperatur enligt SS951050. Eventuellt hade det varit möjligt att minska luftflödet något men det krävs förmodligen att systemet även reglerar efter koldioxidkoncentrationen i stallet. Koldioxidkoncentrationen varierade mellan 1500–2500 ppm (variation natt/dag) och gick ibland över 3000 ppm när utetemperaturen gick under 0°C (figur 11). Relativa fuktigheten var mellan 50–70% under tillväxtperioden (figur 12).

Ammoniakkoncentrationen varierade mellan 4 och 10 ppm utom för plats 1 och 2 där NH₃-koncentrationen ibland överskred 10 ppm (figur 13). Eventuellt berodde den högre NH₃-koncentrationen vid plats 1 och 2 på att det kom in luft med hög NH₃-koncentration via tvärkulverten.

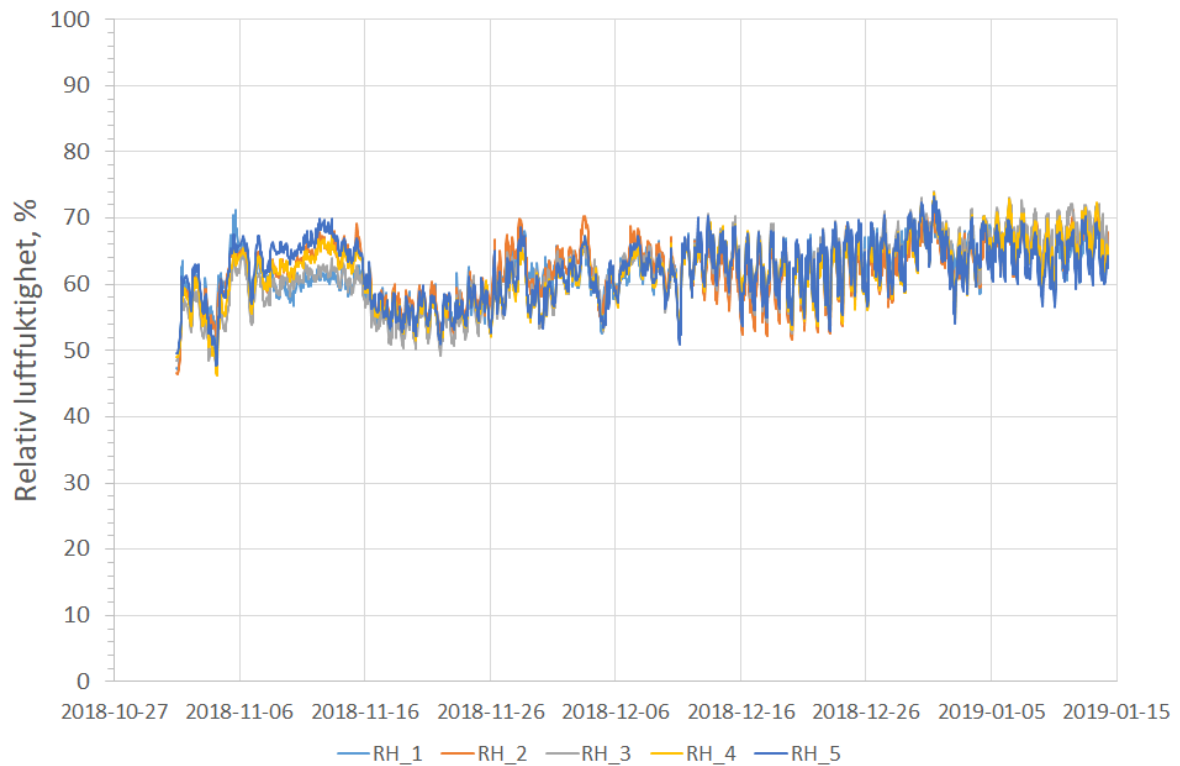
Variationen i dammkoncentration i grisningsavdelningen visas dels för PM₁₀ i figur 14, dels för PM_{1.0} och PM_{2.5} i figur 15. Medelvärdet för PM₁₀ var 831 µg/m³ och maxvärdet 6530 µg/m³. För PM_{1.0} och PM_{2.5} var medelvärdet 38 respektive 8 µg/m³. Dygnsvariationen var tydlig med maxvärden mellan kl 7 och kl 9 vilket förmodligen berodde på skötselrutinerna i avdelningen. Att jämföra dammkoncentrationer enligt PM₁₀ med koncentrationer av totaldamm och inhalerbart damm var inte möjligt eftersom det är olika storleksfraktioner som ingår. Medelvärdet för PM₁₀ var på samma nivå som vid en undersökning utförd i ett slaktgrisstall i Italien (Costa m.fl., 2009).



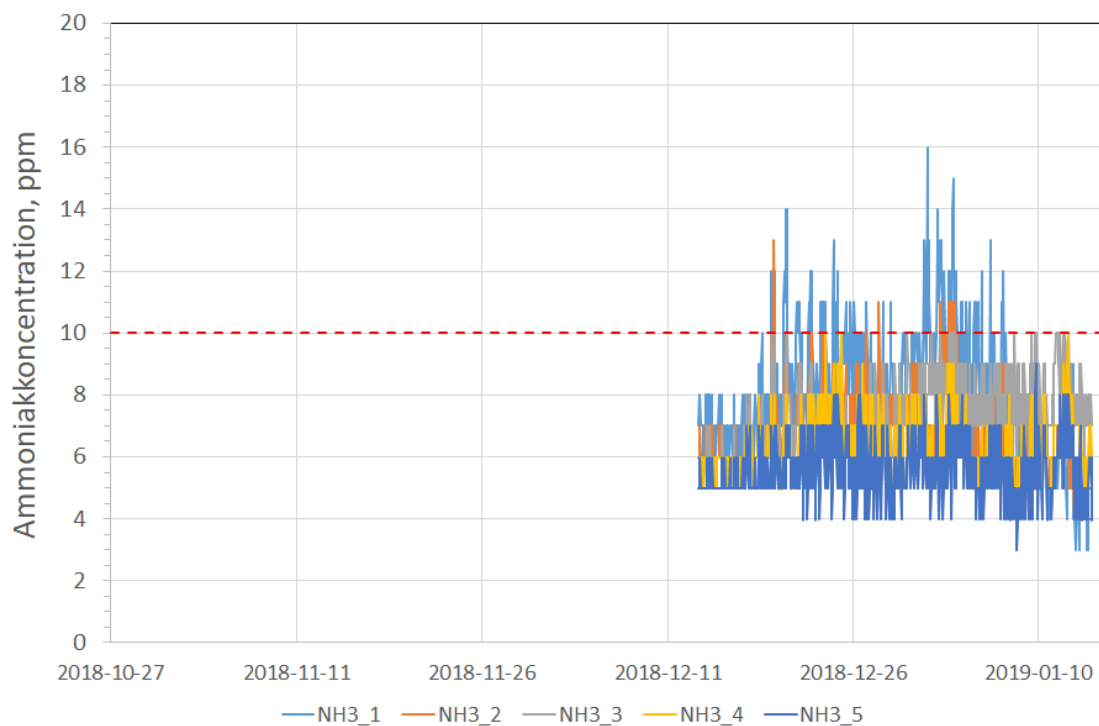
Figur 10. Lufttemperatur vid mätplatserna 1–5 i grisningsavdelning med enhetsboxar i besättning 1 samt utetemperatur från SMHI's väderstation i Hörby. Grön linje anger inställd önskad lufttemperatur där höjningen från 19 till 25°C skedde i samband med avvänjningen.



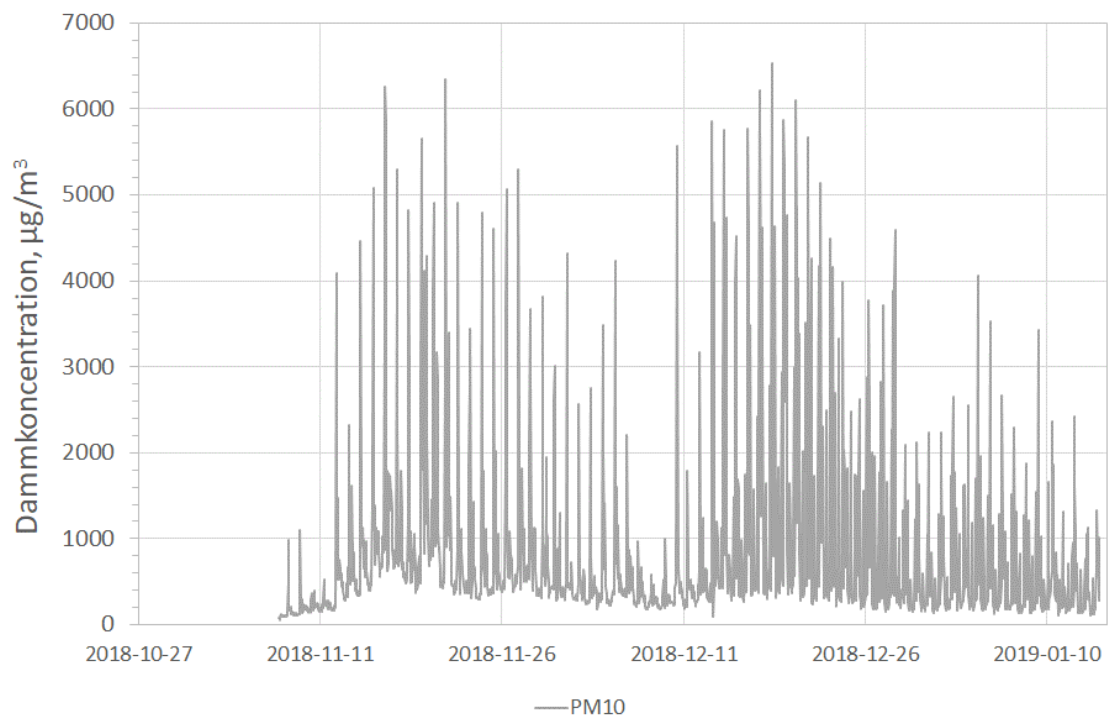
Figur 11. Koldioxidkoncentration vid mätplatserna 1–5 i grisningsavdelning med enhetsboxar i besättning 1. Röd linje markerar gränsvärdet 3000 ppm för djurstallar enligt SJVFS 2017:25.



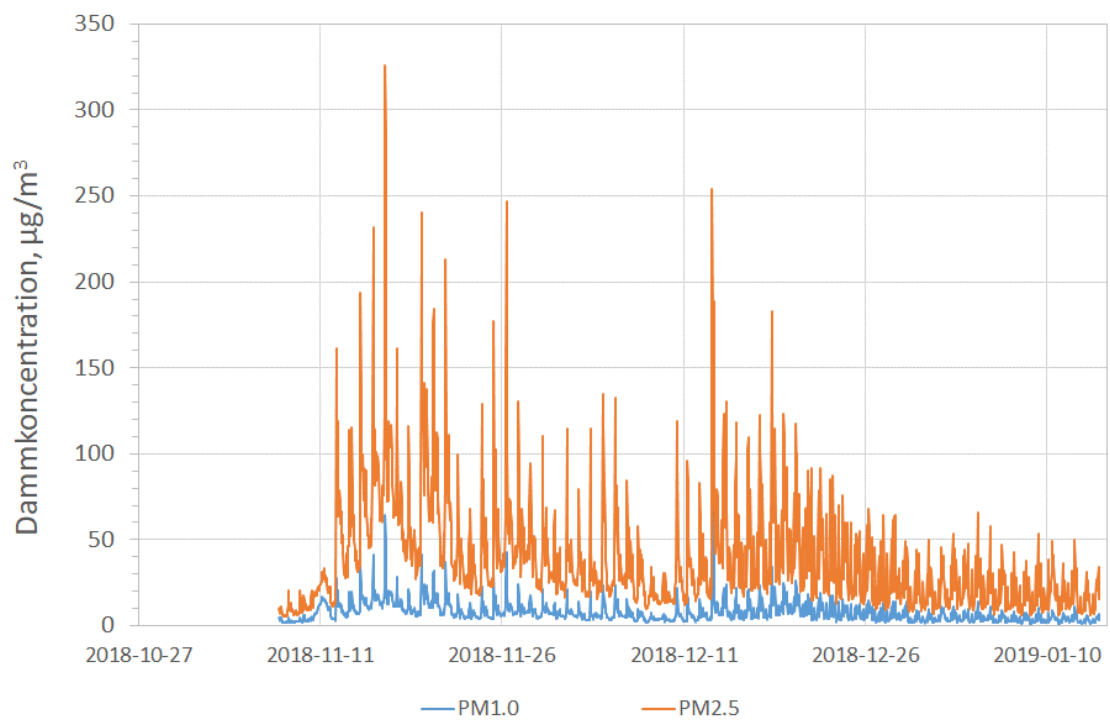
Figur 12. Relativ luftfuktighet vid mätplatserna 1–5 i grisningsavdelningen vid besättning 1.



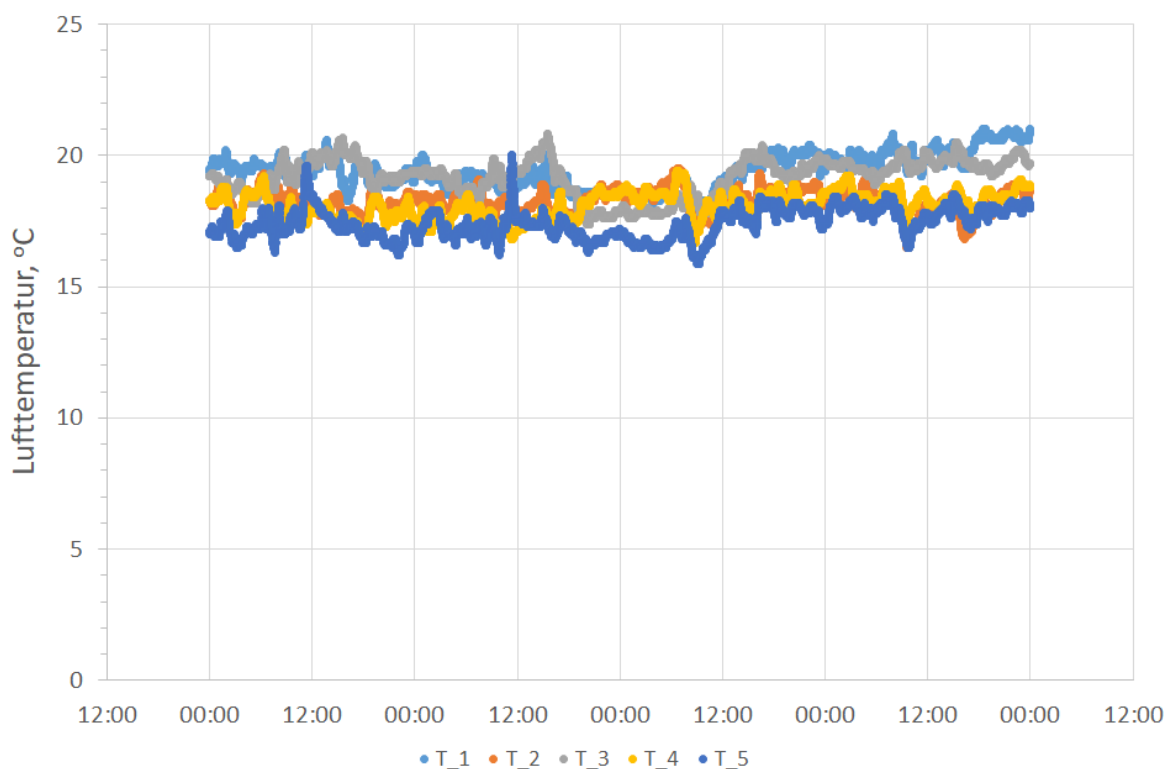
Figur 13. Ammoniakkoncentration vid mätplatserna 1–5 i grisningsavdelningen vid besättning 1. Röd linje markerar gränsvärdet 10 ppm för grisstallar enligt SJVFS 2017:25.



Figur 14. Dammkoncentrationer (PM10) vid mätplatsen 3 i grisningsavdelningen vid besättning 1.



Figur 15. Dammkoncentrationer (PM1.0 och PM2.5) vid mätplatsen 3 i grisningsavdelningen vid besättning 1.



Figur 16. Lufttemperatur under fyra dygn med låg utomhustemperatur (26–29/11) i grisningsavdelningen vid besättning 1.

LUFTMILJÖN I SLAKTGRISAVDELNINGEN I BESÄTTNING 1

Lufttemperaturen i stallet var inställd enligt tabell 8 under slaktgrisperioden. Den första veckan var börvärdet 21°C som därefter minskades till 18°C efter 84 dagar. Mätningarna visade att lufttemperaturen varierade mellan 18-21°C de första dagarna för att sedan minska till mellan 15-18°C (figur 17). Enligt mätningarna klarade ventilationssystemet inte av att hålla lufttemperaturen enligt börvärdet under den första halvan av slaktgrisperioden.

För att erhålla högre lufttemperaturen i stallet under denna period hade det krävts mer tillskottsvärme. Eventuellt kan även skillnaden bero på att temperaturen vid ventilationssystemets givare var enligt börvärdet men att den aktuella lufttemperaturen i boxarna var lägre. Även i detta stall var temperaturskillnaden mellan mätplatserna 3-5°C (figur 21). Högst lufttemperatur återfanns vid plats 1 närmast den centrala korridoren och lägst vid plats 3 i motsatta delen av stallet. I början av slaktgrisomgången var endast vart 3:e luftintag öppet vilket påverkat luftfördelningen i stallet.

Tabell 8. Inställning av lufttemperatur i stallet under slaktgrisperioden i besättning 1

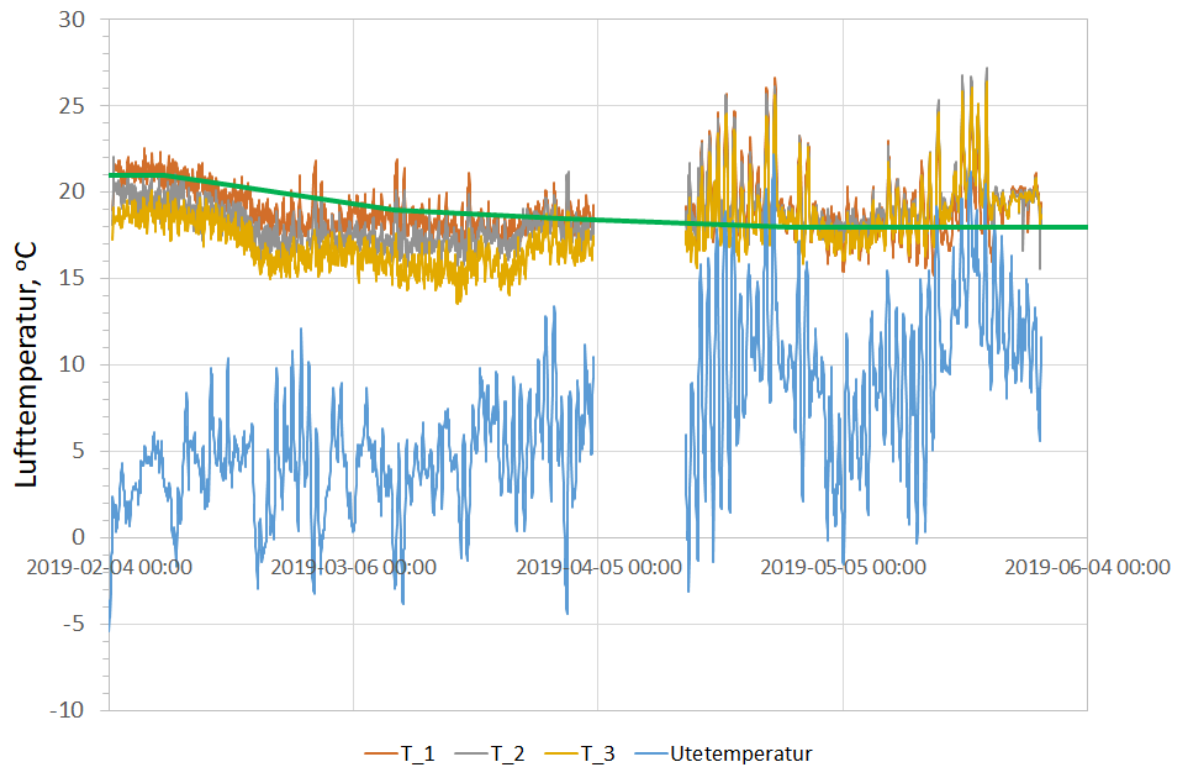
Dag	Lufttemperatur, °C
1	21
7	21
14	20,5
21	20
35	19
56	18,5
84	18

Under april månad steg utetemperaturen steg till ca 21°C mitt på dagen under några dagar. Mätssystemet registrerade vid dessa tillfällen att lufttemperaturen i stallet steg till ca 25°C (figur 22). Eftersom temperaturskillnaden var ca 4°C gav detta en indikation på att maximala luftflödet genom stallet var rätt dimensionerat enligt ventilationsstandarden SS 951050. Kontroll under fler dagar med utetemperatur högre än 20°C skulle ge en säkrare analys.

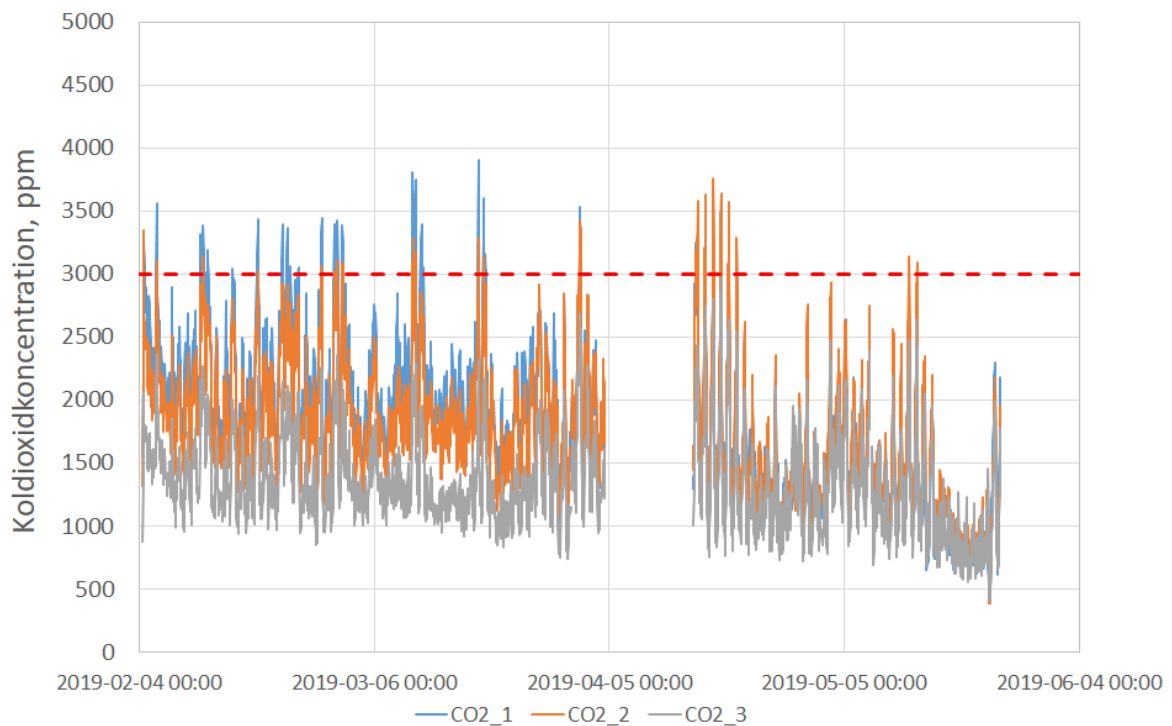
Koldioxidkoncentrationen låg under större delen av slaktgrisperioden mellan 1000 och 3000 ppm (figur 18). Kalla nätter kunde CO₂-koncentrationen överstiga 3000 ppm. I denna avdelning var CO₂-koncentrationen högst vid plats 1 och lägst vid plats 3. Att både CO₂-koncentration och lufttemperaturen var högst vid plats 1 och lägst vid plats 3 kan bero på att luftfördelningen inte var optimalt injusterad.

Den relativa luftfuktigheten varierade mellan 60–80% under den första halvan av slaktgrisperioden (figur 19). Mot slutet av perioden när utetemperaturen blev högre minskade RF i stallet till ca 50%.

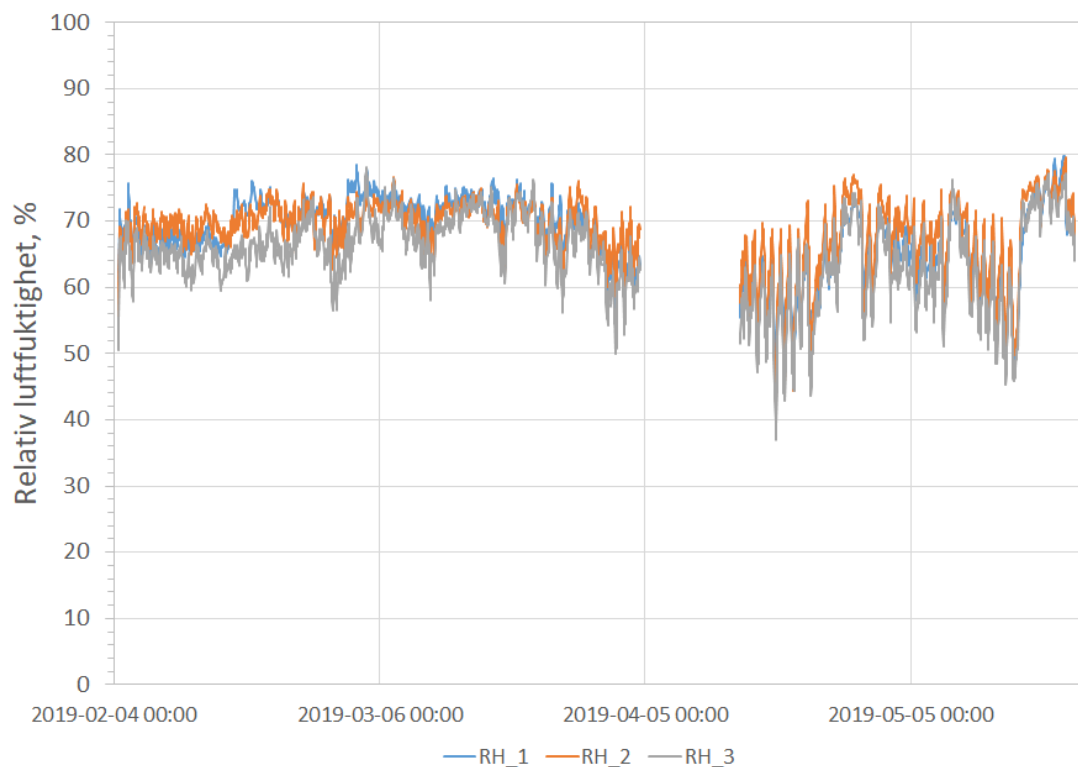
Ammoniakkoncentrationen var hög (>10 ppm) under första delen av slaktgrisperioden när utetemperaturen var ganska låg och luftflödet genom stallet därför var lågt (figur 20). Framförallt var det vid plats 2 dvs mitt i stallet som NH₃-koncentrationen var hög. Eventuellt kan detta ha berott på lufrörelser under spaltgolvet som påverkades av temperaturskillnader i stallet.



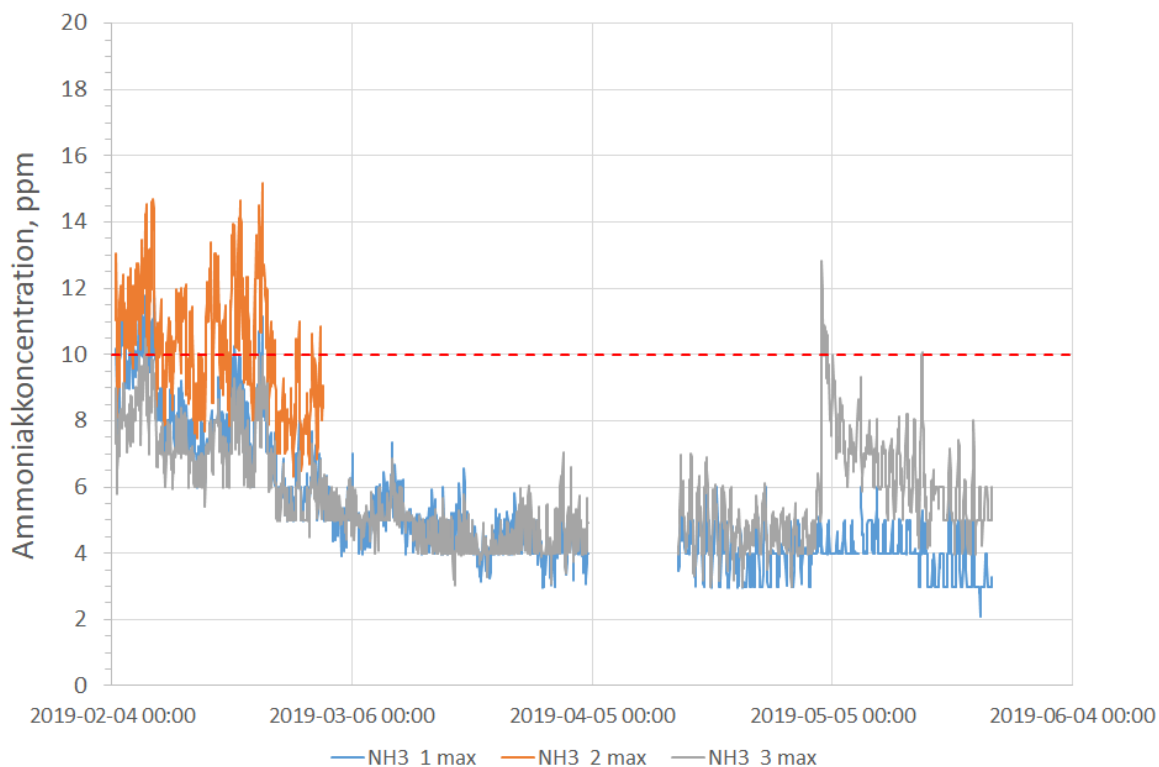
Figur 17. Lufttemperatur vid mätplatserna 1–3 i slaktgrisavdelningen vid besättning 1 samt utetemperatur från SMHI’s väderstation i Hörby. Grön linje markerar ventilationens inställda lufttemperatur.



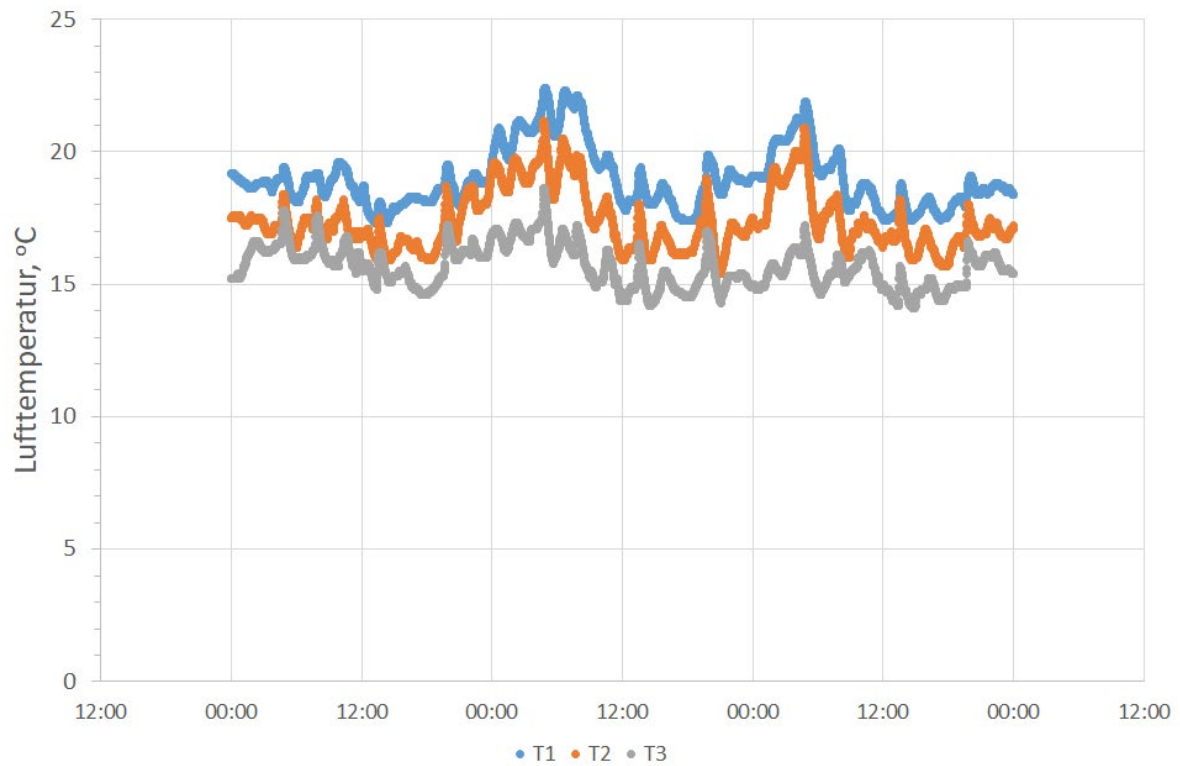
Figur 18. Koldioxidkoncentration vid mätplatserna 1–3 i slaktgrisavdelningen vid besättning 1. Röd linje anger gränsvärdet 3000 ppm för djurstallar enligt SJVFS 2017:25.



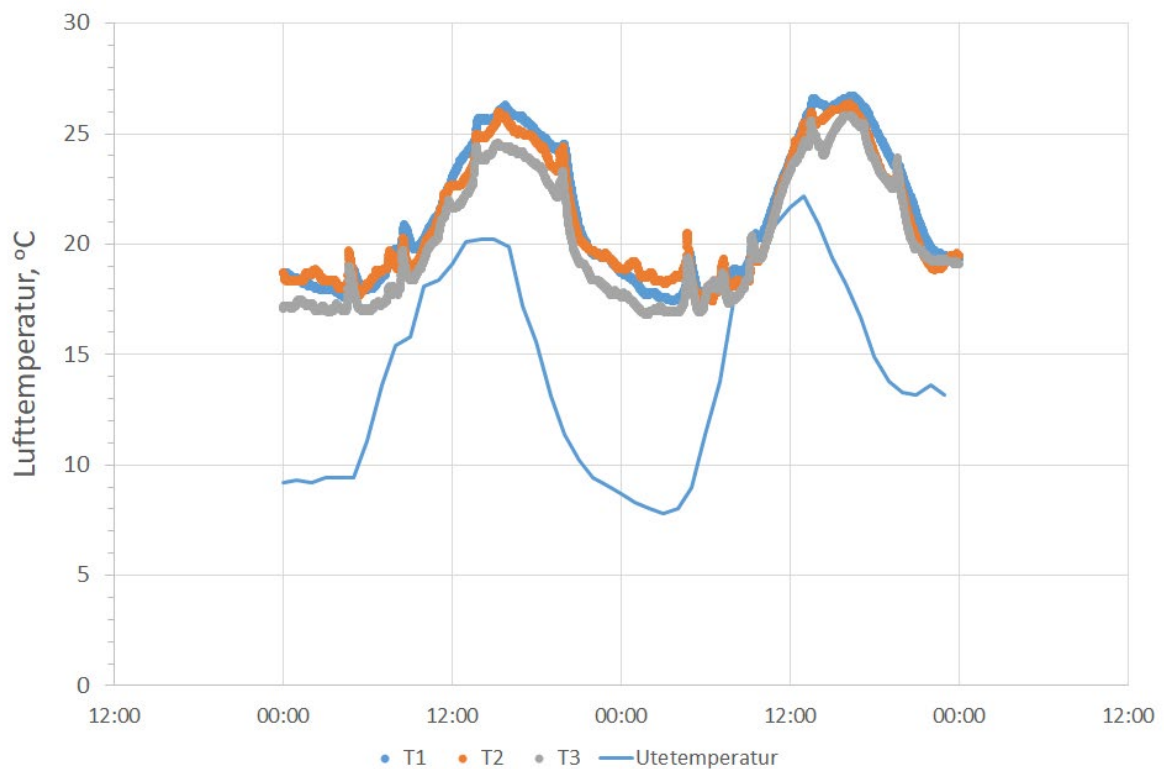
Figur 19. Relativ luftfuktighet vid mätplatserna 1–3 i slaktgrisavdelningen vid besättning 1.



Figur 20. Ammoniakkoncentration vid mätplatserna 1–3 i slaktgrisavdelningen vid besättning 1. Röd linje anger gränsvärdet 10 ppm för grisstallar enligt SJVFS 2017:25.



Figur 21. Lufttemperatur under två dygn med låg utomhustemperatur (10–12/3) i slaktgrisavdelningen vid besättning 1.



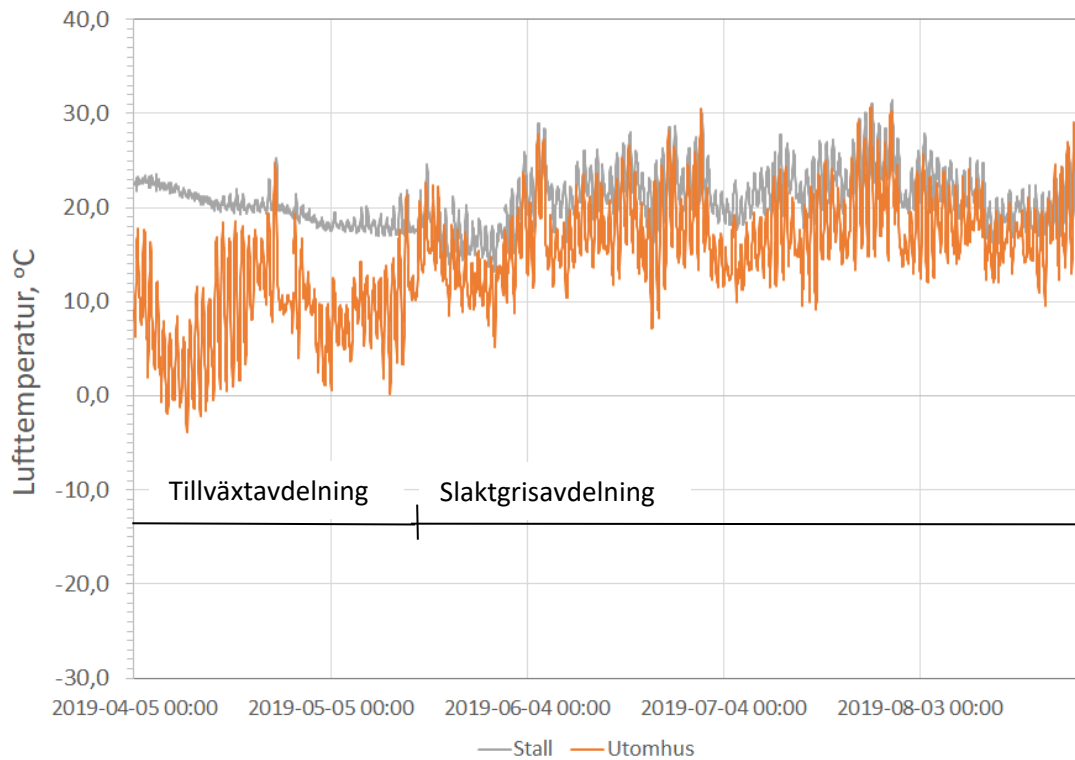
Figur 22. Lufttemperatur under två dygn med max utomhustemperatur kring 20°C (25–26/4) i slaktgrisavdelningen vid besättning 1. Utomhustemperatur från SMHI's väderstation i Hörby.

LUFTMILJÖN SAMT RESULTAT FRÅN SEROLOGISK UNDERSÖKNING I TILLVÄXTAVDELNINGEN OCH SLAKTGRISAVDELNINGEN VID BESÄTTNING 2

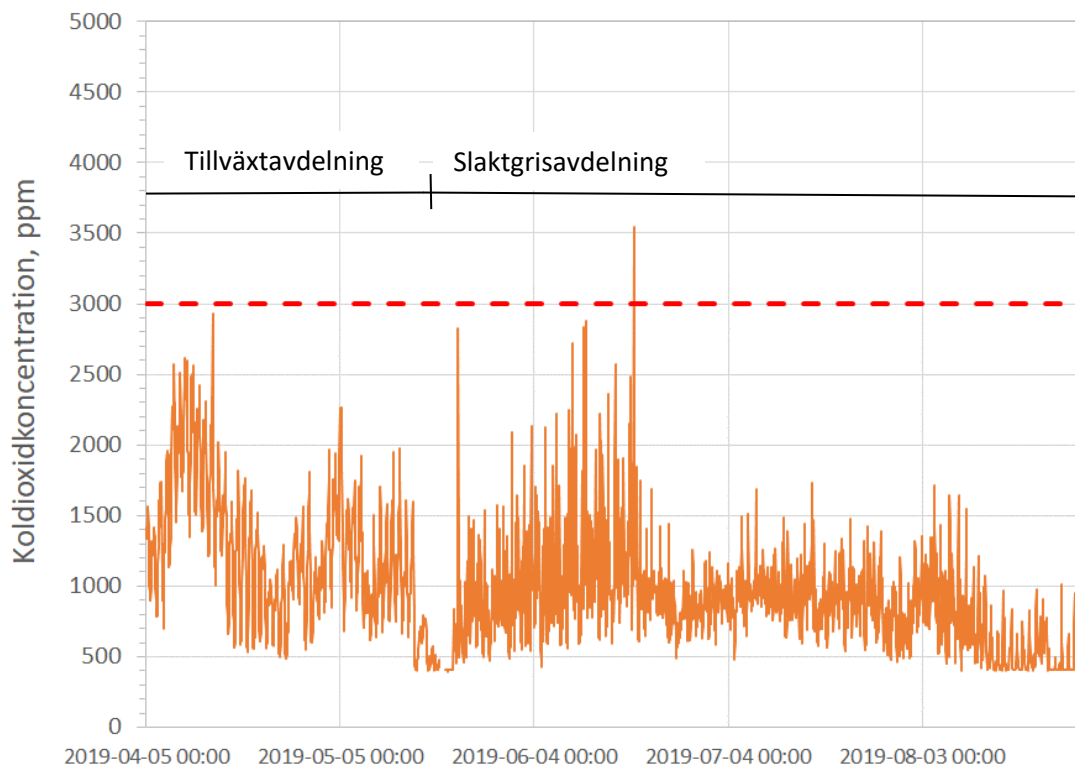
Lufttemperaturen i tillväxtavdelningen var ca 23°C vid insättning och minskade till ca 18°C i slutet av perioden (figur 23). Ventilationssystemet i avdelningen reglerade lufttemperaturen bra genom att ändra luftflödet, vilket bekräftades genom att jämföra utomhustemperatur och CO₂-koncentration (figur 24). Koldioxidkoncentrationen i tillväxtavdelningen varierade mellan ca 500 ppm och 2500 ppm. Dygnsvariationen var ca 1000 ppm. RF i tillväxtavdelningen varierade mellan 40 – 70% (figur 25). Lägst luftfuktighet uppmättes när utomhustemperaturen var kring 15°C. Ammoniakkoncentrationen varierade mellan 2 – 8 ppm (figur 26) med högst koncentration i början av tillväxtperioden när temperaturen var högst.

De första fyra dagarna efter insättning i slaktgrisavdelningen var utomhustemperaturen över 20°C på dagen och lufttemperaturen i stallet var kring 20°C. Därefter sjönk dygnsmedeltemperaturen utomhus till ca 12°C under 10 dagar (figur 23). Dygnsmedeltemperaturen i stallet sjönk under denna period till ca 16°C. Nattemperaturen var mellan 6 – 9°C utomhus och mellan 13 – 15°C i slaktgrisavdelningen. Detta var en för låg lufttemperatur i början av slaktgrisperioden när grisarna är små. För att erhålla högre lufttemperatur i avdelningen krävs mer tillskottsvärme. Efter de första 14 dagarna ökade utomhustemperaturen och dygnsmedeltemperaturen i stallavdelningen blev då över 20°C. Som mest varierade dygnsmedeltemperaturen mellan 28 och 19°C i juli.

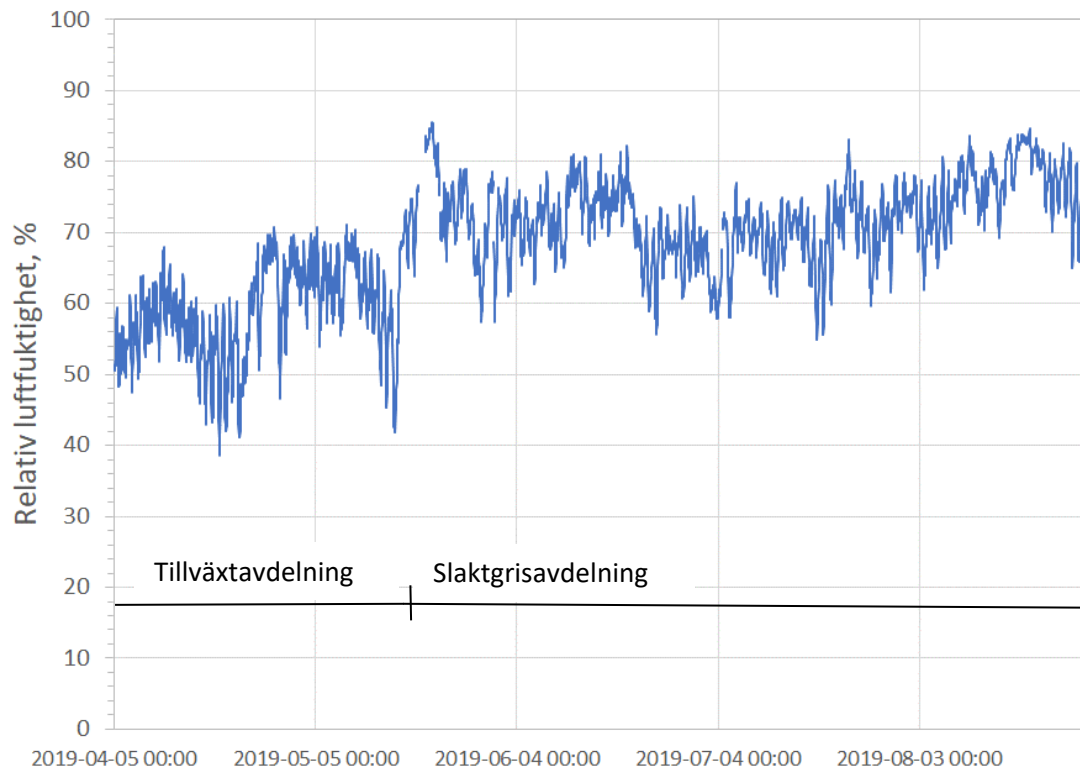
Koldioxidkoncentrationen under slaktgrisperioden varierade mellan ca 500 – 2500 ppm (figur 24). Dygnsvariationen var ca 1000 ppm. Relativa luftfuktigheten var mellan ca 60 – 80% och varierade ungefär 10 procentenheter mellan natt och dag (figur 25). Ammoniakkoncentrationen var mellan 3 - 6 ppm de första dagarna (figur 26). Därefter var koncentrationen högre, mellan ca 4 – 14 ppm under ca 2 veckor, vilket sannolikt berodde på en strypt ventilation eftersom tillskottsvärmen inte var tillräcklig (se stycket ovan). Under denna period förekommer också negativa värden. I slutet av slaktgrisomgången gav NH₃-sensorn stabila värden mellan ca 3 – 6 ppm. NH₃-sensorn blev utbytt under pågående produktion på grund av störningar.



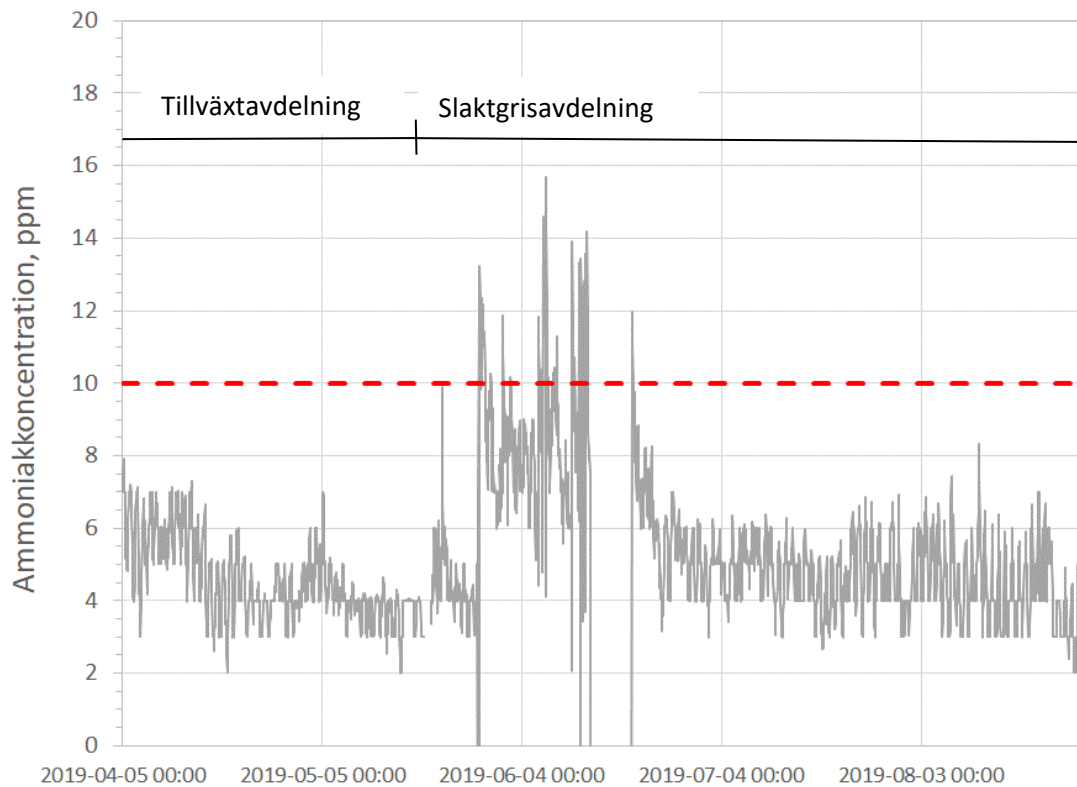
Figur 23. Lufttemperatur i tillväxtavdelningen och slaktgrisavdelningen i besättning 2 samt utetemperatur från SMHI's väderstation i Helsingborg.



Figur 24. Koldioxidkoncentration i tillväxtavdelningen och i slaktgrisavdelningen i besättning 2. Röd linje markerar gränsvärdet 3000 ppm för djurstallar enligt SJVFS 2017:25.

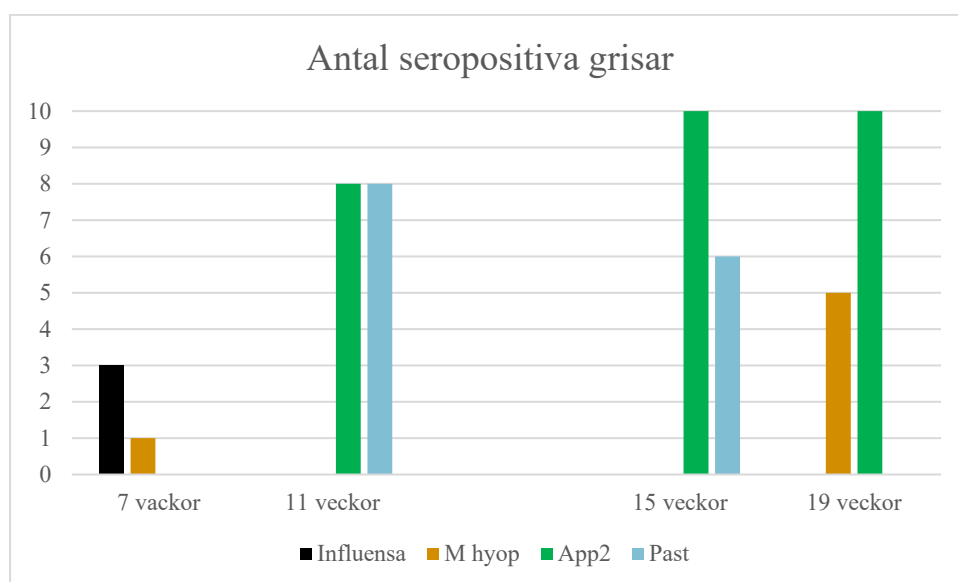


Figur 25. Relativ luftfuktighet i tillväxtavdelningen och slaktgrisavdelningen i besättning 2.



Figur 26. Ammoniakkoncentration i tillväxtavdelningen och i slaktgrisavdelningen i besättning 2. Röd linje markerar gränsvärdet 10 ppm för grisstallar enligt SJVFS 2017:25.

Under hela perioden i tillväxtstallet (från 8 april till 24 maj 2018) var boxhygien mycket god, liksom miljön i stallet vilket konfirmerades av miljömätningarna. Vid 7 veckors ålder (3 veckor efter flytten till tillväxtstallet) var samtliga prov negativa mot APP men 3 av 10 grisar var seropositiva mot influensa och 1 av 10 mot mykoplasma (figur 27), vilket sannolikt reflekterade kvarvarande maternella antikroppar från råmjölken eftersom alla djur var seronegativa vid den efterföljande provtagningen. Vid andra provtagningen några dagar före flytten till slaktgrisstallet (11 veckor gamla) hade 8 av 10 grisar serokonverterat mot App serotyp 2 och lika många mot pasteurella men de var negativa mot övriga infektioner. Ingen hosta eller behandlingar för lunginflammationer förekom under denna period. Efter att grisarna flyttats till slaktgrisavdelningen var alla 10 grisarna positiva för app serotyp 2 och 6 av 10 mot pasteurella vid första provtagningen då grisarna var 15 veckor gamla, men negativa mot influensa och Mhyop. Vid provtagningen strax innan grisarna skickades till slakt vid 19 veckors ålder var alla grisarna fortfarande positiva för app serotyp 2, men eftersom alla djuren låg under det positiva gränsvärdet mot Pm bedömdes inflytande från sekundärinfektioner att ha varit lågt. Däremot noterades ett ökat inflytande av Mhyop eftersom 5 av 10 grisar var seropositiva mot Mhyop. Om slaktvikten hade varit högre och grisarna därmed hade blivit äldre hade detta kunnat påverka hälsoläget i besättningen negativt.



Figur 27. Resultat från serologisk undersökning av 10 grisar under tillväxt- samt slaktgrisperiod vid besättning 2.

LUFTMILJÖN SAMT BOXHYGIEN I TILLVÄXTAVDELNINGEN VID BESÄTTNING 3

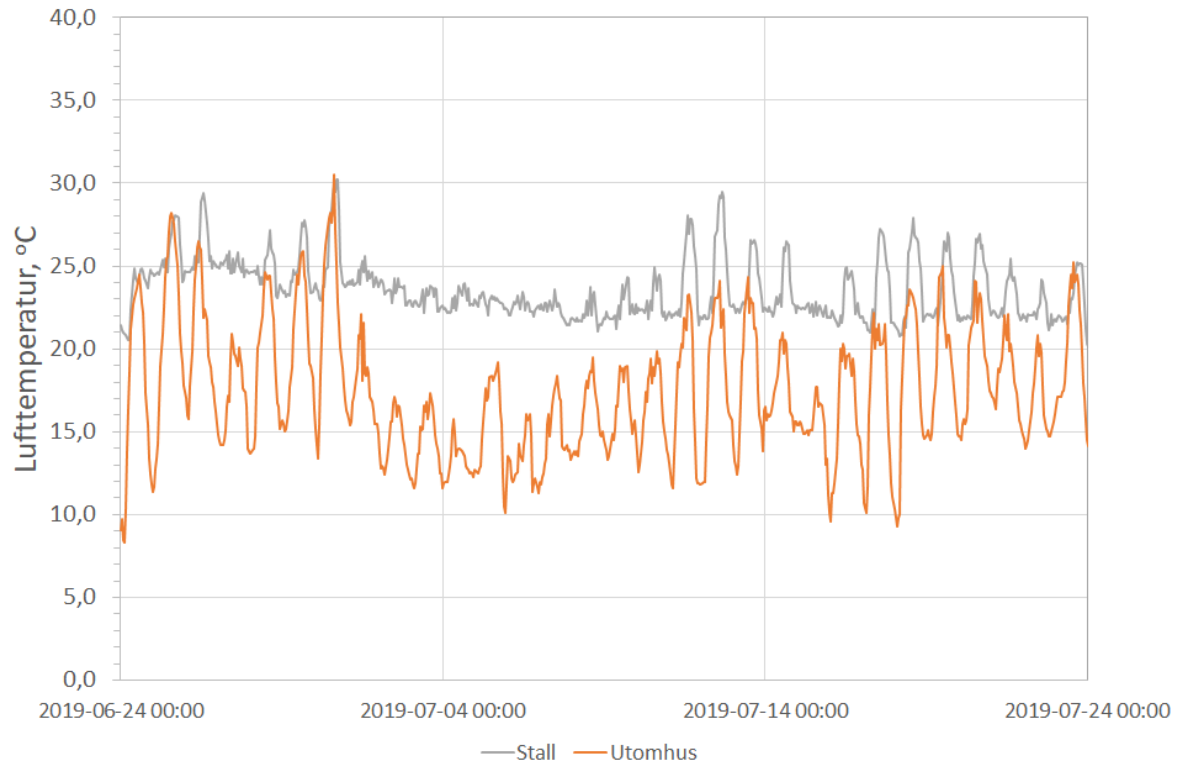
I början av tillväxtperioden var lufttemperaturen ca 24°C i stallet (figur 28) och i slutet av perioden ca 20°C. Flera dagar under omgången var utetemperaturerna över 20°C vilket gav en hög lufttemperatur i stallet under dagen. Som mest varierade stalltemperaturen 8°C mellan dag och natt. Utetemperaturerna registrerades vid SMHI's station utanför Helsingborg och var sannolikt högre än i besättningens närområde eftersom den ibland var högre än den uppmätta innetemperaturen.

Koldioxidkoncentrationen varierade mellan 500 och 2400 ppm beroende på luftflödet genom stallet (figur 29). Relativa luftfuktigheten låg mellan 50 – 60% de första 10 dygnen av tillväxtperioden (figur 30). Under resterande del av tillväxtperioden är RF lägre och vissa dagar ner mot 10 – 20%, vilket var orimligt och sannolikt indikerade funktionsproblem med det monterade mätinstrumentet.

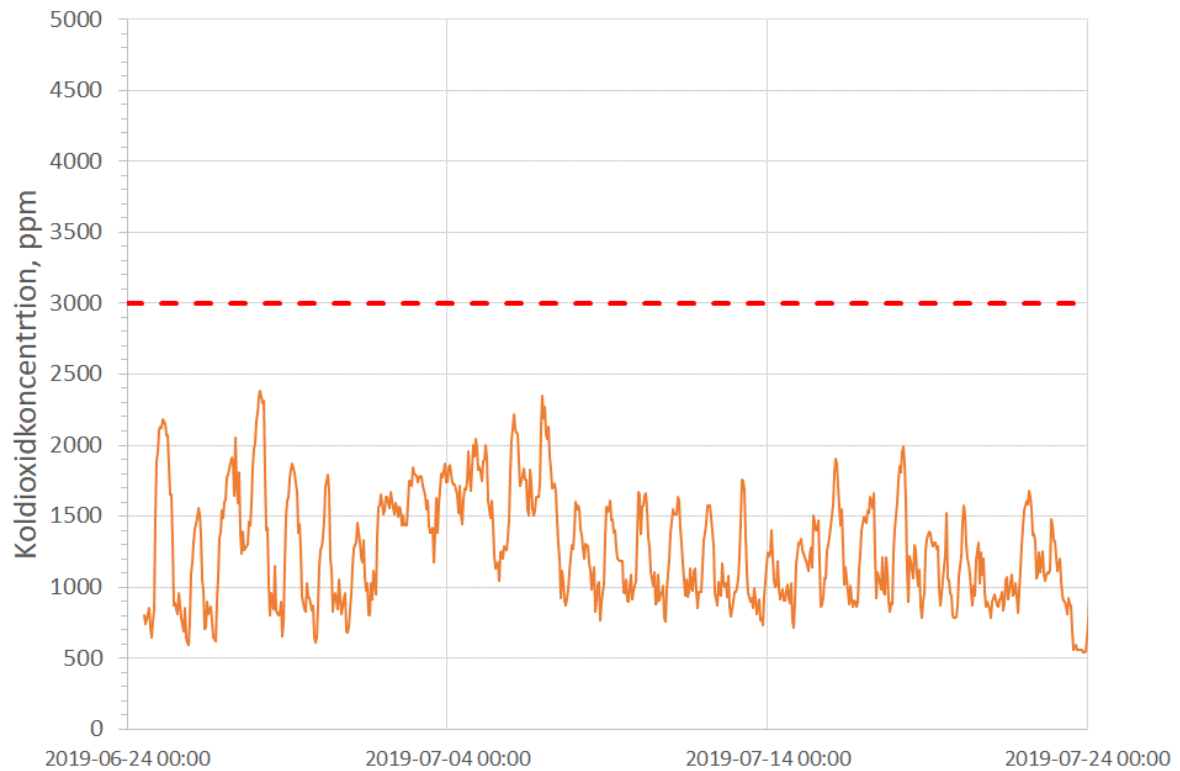
Ammoniakkoncentrationen i avdelningen var mellan 4–6 ppm de första dagarna (figur 31). Sedan steg ammoniakkoncentrationen till mellan 8 – 16 ppm under ca 10 dagar, vilket troligen berodde på en

försämrade boxhygien under den perioden. Därefter sjönk NH₃-koncentrationen till mellan 4–8 ppm under resterande del av tillväxtperioden.

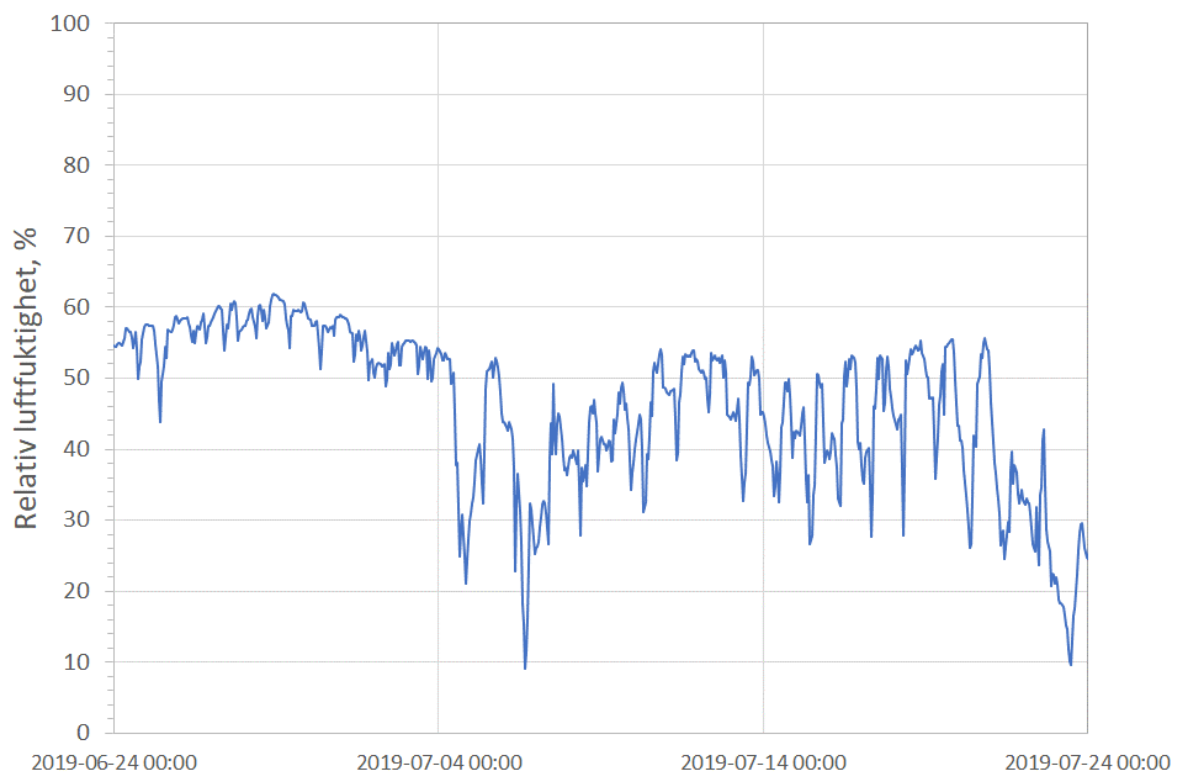
Hygienen i boxarna var bra under de första 14 dagarna men blev sedan markant sämre i slutet av tillväxtperioden, vilket sammanföll tidsmässigt med de högre ammoniaknivåerna (figur 31). Hög temperatur kan i sig medföra att boxhygien blir sämre beroende på att grisarna vänder den tänkta på boxfunktionen i sin jakt på kyla och då förvandlar liggyta till gödselyta och tvärtom (Aarnink m.fl, 2006). Hygienbedömningen visade att när temperaturen i boxen gick över 25 °C under tredje veckan (figur 32) blev renheten markant sämre.



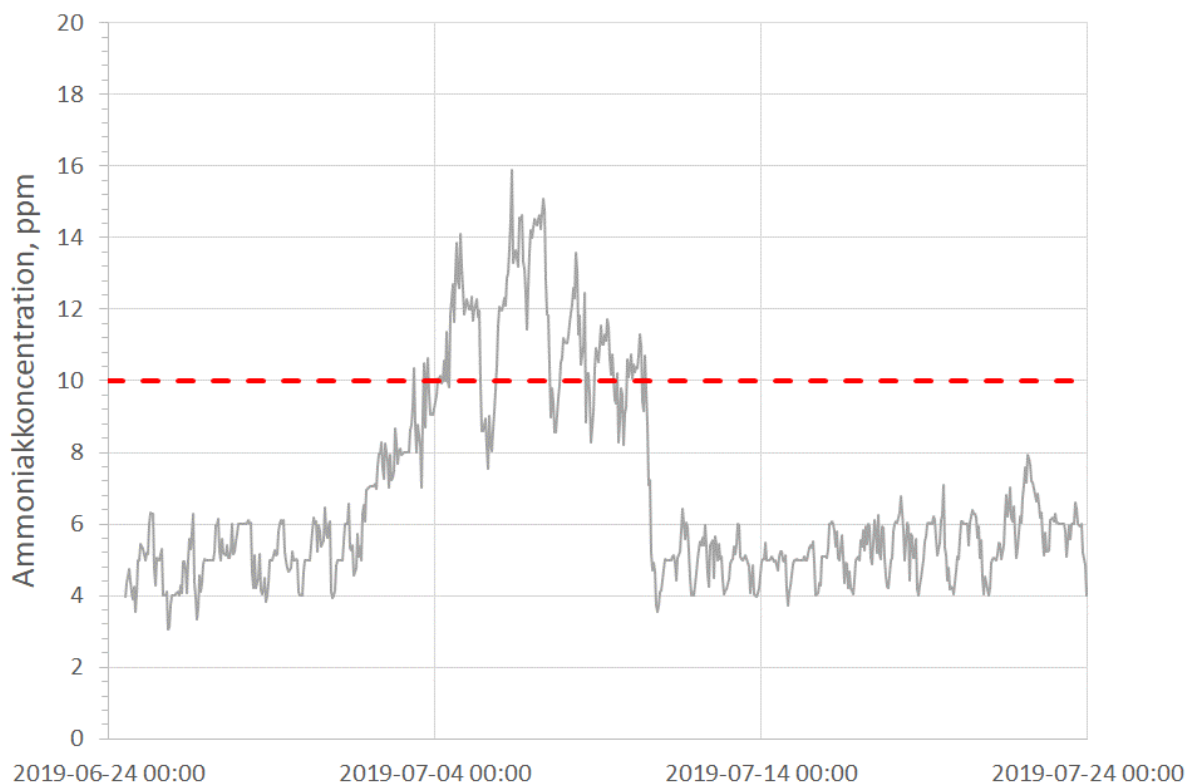
Figur 28. Lufttemperatur i tillväxtavdelningen vid besättning 3 samt utetemperatur från SMHI's väderstation i Helsingborg.



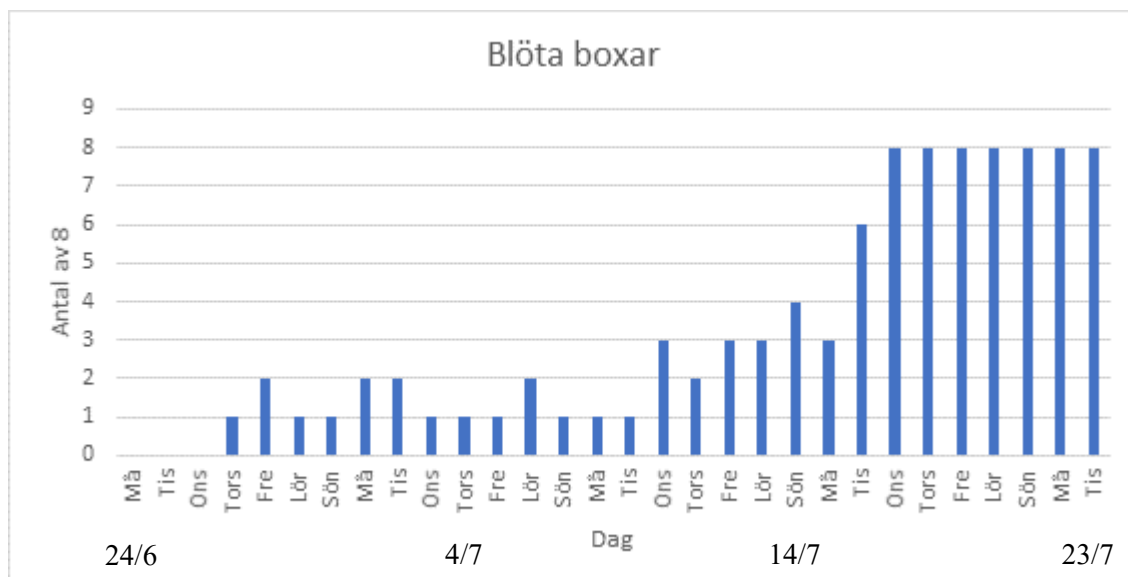
Figur 29. Koldioxidkoncentration i tillväxtavdelningen vid besättning 3. Röd linje markerar gränsvärdet 3000 ppm för djurstallar enligt SJVFS 2017:25. Avdelningen tömdes den 23 juli.



Figur 30. Relativ luftfuktighet i tillväxtavdelningen vid besättning 3.



Figur 31. Ammoniakkoncentration i tillväxtavdelningen vid besättning 3. Röd linje markerar gränsvärdet 10 ppm för grisstallar enligt SJVFS 2017:25.



Figur 32. Boxhygien i tillväxtavdelning vid besättning 3. Grisarna sattes in måndagen den 24 juni.

FUNKTION OCH MÖJLIGHETER MED MÄTSYSTEMET

Mätsystemet har som helhet fungerat relativt bra i stallmiljön under testperioden även om det har varit störningar pga sensorer som lagt av. Under mätningarna har endast ett längre avbrott inträffat. Största problemet har varit NH₃-sensorerna som ibland visat stor avvikelse från kontrollvärden samt visat

negativa värden under mätperioderna. Även CO₂-sensorerna visade ganska stora avvikelser mot handinstrumenten vid andra och tredje kontrolltillfället. Stallmiljön är mycket aggressiv för elektronik och sensorer och erfarenheter från andra mätsensorer visar också att RF, CO₂- samt NH₃-koncentration är svåra parametrar att mäta kontinuerligt i djurstallar. För att få en bättre indikation om hur väl Sigicom's mätsensorer fungerar i stallmiljö behöver noggrannare jämförelser utföras under längre tid. Under hösten och vintern kommer miljöstationer att vara igång i 3 besättningar för att utsätta sensorerna för långtidspåverkan. Det kommer att kunna ge svar på hur de tål den ganska provocerande miljön som finns i grisstallar.

Mätsystemet kan användas på olika sätt i djurstallar. En möjlighet är att använda mätsystemet för kontroll av luftmiljön i en avdelning under en kortare period exempelvis en tillväxtperiod. För att genomföra detta krävs minst tre mätplatser i stallet för att se eventuella skillnader mellan olika delar i stallet. Vid varje mätplats bör lufttemperatur, RF, CO₂ och NH₃ registreras. Samtidigt bör utetemperatur registreras. Dammkoncentrationen (PM10) kan mätas vid en plats i avdelningen om det är intressant för djurslaget.

Data kan exempelvis visa på skillnader i lufttemperatur som kan bero på fördelningen av tilluft eller skillnader i NH₃-koncentration som kan bero på luftrörelser i stallet. Förutom skillnader mellan olika delar av stallet kan data användas för att kontrollera om luftmiljön i hela stallet ligger på rätt nivå under perioder med såväl vinter- som sommarförhållanden. Mätsystemet ger kontinuerliga data under en längre tid vilket kan användas för att undersöka hur bra stallets klimatsystem fungerar under olika klimatförhållanden. Kontrollen med mätsystemet kan också kompletteras med manuella detaljmätningar i avdelningen för att undersöka orsaker och åtgärdsförslag i detalj.

En annan möjlighet kan vara att använda mätsystemet för kontinuerlig övervakning av luftmiljön i flera avdelningar. I detta fall behövs minst en mätplats (helst 3) i varje avdelning som är representativt placerade i avdelningarna. Jämförelser kan göras mot önskad stalltemperatur samt gränsvärden för RF, CO₂ och NH₃ i realtid. Data kan exempelvis flagga för att lufttemperaturen i stallet är för låg och att manuell tillsatsvärme behöver kopplas på; eller varna för att RF är för låg och att tillsatsvärme kan stängas av. Systemet kan också utnyttjas för att varna via SMS om någon parameter är över ett gränsvärde exempelvis att CO₂-koncentrationen överskrider 5000 ppm.

En tredje möjlighet är att mätsystemet används för utbildnings-, forsknings- och försöksändamål under specifika mätperioder. Antalet och vilka mätsensorer som ska användas avgörs beroende på syftet med mätningarna. Fördelen är att data kan laddas ned och analyseras direkt från kontoret samt att systemet kan övervaka en eller flera mätparametrar i stallet.

Sammanfattning

Mätsystemet var en första prototyp anpassad för mätning i djurstallar. Systemet har klarat den aggressiva stallmiljön bra men det har varit en del problem med framförallt NH₃-sensorerna. För att få en bättre indikation om hur väl mätsystemet fungerar i stallmiljö behöver noggrannare kontroller utföras under längre tid. Fortsatt utveckling och utvärdering kan ge en färdig produkt som dels kan användas för kontroll samt åtgärd av ett ventilationssystem under en kortare period, dels kan användas för kontinuerlig övervakning i ett djurstall men även till kontrollerade försök och forskningsprojekt. Utvärdering av data från mätsystemet visar att luftmiljön var bra i de fem stallavdelningar där mätningarna genomfördes. Koldioxidkoncentrationen överskred endast tillfälligtvis gränsvärdet 3000 ppm vilket indikerar att ventilationsflödet var tillräckligt i avdelningarna under vinterförhållanden. Lufttemperaturen i avdelningarna följde inställda värden men under perioder med kall utomhustemperatur hade det krävts mer tillskottsvärme i flera avdelningar för att bibehålla rätt lufttemperatur i stallet. Temperaturskillnaderna mellan boxar i olika delar av avdelningarna var i en del fall 4–5 °C. Relativa luftfuktigheten varierade inom normala områden. Ammoniakkoncentrationen var under korta perioder över 10 ppm i ett par avdelningar. Om mätsystemet kompletteras med

utomhustemperatur går det även att utvärdera maximiflöde under sommarförhållanden för att begränsa värmestress för djuren.

En god luftkvalitet är viktigt för grisars hälsa. Med en bättre övervakning av luftkvaliteten är det lättare att uppmärksamma om problem uppstår och åtgärder kan sättas in. Det är däremot inte endast luftkvaliteten som avgör hälsoläget utan även närvaro av sjukdomsframkallande bakterier eller virus. De blodprov som togs i besättning 2 visade att djuren serokonverterade utan att uppvisa några sjukdomssymtom dvs. dvs började producera antikroppar mot en APP-smitta då de genomgick en subklinisk APP-infektion trots att miljömätningarna visade på en mycket god närmiljö i stallet. Det var alltså inte provocerande miljöfaktorer som ledde till serokonverteringen. Om luftkvaliteten varit sämre är det dock tänkbart att sjukdomsbilden hade förvärrats så att grisarna börjat visa kliniska symtom.

Referenser

- Aarnink, A. J. A., Schrama, J. W., Heetkamp, M. J. W., Stefanowska, J., and Huynh T. T. T. 2006. Temperature and body weight affect fouling of pig pens. *Journal of Animal Science*, 84, pp 2224–2231.
- AFS. 2018. Hygieniska gränsvärden. Arbetsmiljöverkets författningssamling. AFS 2018:1.
- Donham, K.J. 1991. Association of environmental air contaminants with disease and productivity in swine. *American Journal of Veterinary Research*, Vol 52, No 10, pp 1723-1729.
- Ehrlemark, A., 2004. Ventilationshandbok för djurstallar. Jordbruksverket. Opublicerat material.
- Gård och djurhälsan. 2019. Stalltips: Termisk komfort i grisstallar. *Gård & Djurhälsan*, Miljö/Teknik 6:3.
- Gustafsson, G. 1999. Factors affecting the release and concentration of dust in pig houses. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 74, 379-390.
- Haeussermann, A., Vranken, E., Aerts J.-M., Hartung, E., Jungbluth, T., Berckmans, D. 2007. Evaluation of control strategies for fogging systems in pig facilities. *Transaction of the ASABE*, Vol. 50(1): 265-274.
- Larsen M.L.V., Bertelsen M., Pedersen L.J. 2018. Review: Factors affecting fouling in conventional pens for slaughter pigs. *Animal*. 12:2, pp 322-328.
- Michiels, A., Piepers, S., Ulensb, T., Van Ransbeeck, N., Del Pozo Sacristána, R., Sierensa A., Haesebrouck, F., Demeyer, P., Maesa, D. 2015. Impact of particulate matter and ammonia on average daily weight gain, mortality and lung lesions in pigs. *Preventive Veterinary Medicine* 121, pp 99–107.
- Pedersen, S., Petersen, E.S. (1977) Optimal temperatur og lufthastighed i slagtesvinstalde. *Tovmandsbaldet* 1–1977, pp 29–33.
- Sällvik, K. & Wahlgren, K. 1984. The effects of air velocity and temperature on the behaviour and growth of pigs. *Journal of Agricultural Engineering Research* 30, pp 305–312.
- Sällvik, K. 2005. Husdjurens värmebalans och termiska närmiljö. *Undervisningskompendium*, Institutionen för jordbrukets biosystem och teknologi, JBT, Alnarp-Ultuna.
- SJVFS. 2017. Statens jordbruksverks föreskrifter och allmänna råd om grishållning inom lantbruket m.m. SJVFS 2017:25, Saknr L 106.

Wallgren, P., S.E. Johansson and M. Zoric (2014) Indoor climate for fatteners during summertime in presence and absence of chill. Proc. IPVS 23 (I). 268.

Wathes, C.M, Demmers, T.G.M., Teer, N., White, R.P., Taylor, L.L., Bland, V., Jones, P., Armstrong, D., Gresham, A.C.J., Hartung, J, Chennels, D.J., Done, S.H. 2004. Production responses of weaned pigs after chronic exposure to airborne dust and ammonia. *Animal Science*, 78, pp 87–97.