ARBETSMILJÖ VERKET

Organiskt damm i lantbruk

Kunskapsöversikt

Rapport 2011:4

Kunskapsöversikt

Organiskt damm i lantbruk

Anders Jansson
Stockholms universitet, Institutionen för tillämpad miljövetenskap

23 februari 2011

Rapport 2011:4

ISSN 1650-3171

Förord

Arbetsmiljöverket har fått i uppdrag av regeringen att informera och sprida kunskap om områden av betydelse för arbetsmiljön. Under kommande år publiceras därför ett flertal kunskapsöversikter där välrenommerade forskare sammanfattat kunskapsläget inom ett antal teman. Manuskripten har granskats av externa bedömare och behandlats vid respektive lärosäte.

Rapporterna finns kostnadsfritt tillgängliga på Arbetsmiljöverkets webbplats. Där finns även material från seminarieserien som Arbetsmiljöverket arrangerar i samband med rapporternas publicering.

Den arbetsgrupp vid Arbetsmiljöverket som har initierat och organiserat framtagandet av översikterna har inletts av professor Jan Ottosson och övertagits av omvärldsanalytiker Magnus Falk. Samordningen har Johanna Värlander svarat för. Vi vill även tacka övriga kollegor vid Arbetsmiljöverket som varit behjälpliga i arbetet med rapporterna.

De åsikter som uttrycks i denna rapport är författarnas egna och speglar inte nödvändigtvis Arbetsmiljöverkets uppfattning.

Magnus Falk, fil.dr.

Innehåll

Sammanfattning 4
Inledning 6
Uppgiftskällor 6
Bakgrund 7
Mätstorheter 9
Partikelstorleksfördelning 11
Haltuppgifter 11
  Höns 13
  Svin 15
  Nötboskap och hästar 17
  Spannmål samt halm och hö 18
Referenser 22
Bilaga A 31
  Haltuppgifter 31
Bilaga B 43
  Partikelstorleksanknytna uppgifter 43

Sammanfattning

Rapporten redovisar resultaten av ett uppdrag från Arbetsmiljöverket till Stockholms universitet, Institutionen för Tillämpad miljövetenskap. Uppdraget var att ta fram en kunskapsöversikt avseende exponering (nivåer och mätmetoder) för organisk damm, inklusive mögel, endotoxiner och allergener, samt gaser som ammoniak och svavelväte, med relevans för svenskt lantbruk. Uppdraget omfattar hantering av odlade produkter, och djurhållning i lantbruk.

En litteratursökning med efterföljande bearbetning och sammanställning har utförts. Fokus har varit på förhållanden i svenskt lantbruk de senaste tjugo åren. Därutöver har kompletterande uppgifter i första hand avseende lantbruk i övriga nordiska länder och i andra hand från annat västerländskt lantbruk använts. Litteratur har hämtats från övergripande vetenskapliga databaser men även från lokala databaser och genom personliga kontakter. Såväl vetenskaplig som ”grå” litteratur har inbegripits.

Få uppgifter om exponering i gränsvärdesbemärkelse, det vill säga ett tidsvägt medelvärde under en arbetsdag av en luftförorening i inandningsluften, föreligger. Några uppgifter avser exponering under en viss typ av arbete eller under specifika arbetsmoment. De allra flesta avser halter i luft i lokaler, i lokalers frånluft eller vid moment där människor kan exponeras. Bedömningar av exponeringar utifrån halter i lokaler är svåra eftersom å ena sidan halter i inandningsluften ofta är högre än bakgrundshalter i lokaler, och speciellt då människor arbetar nära dammkällor, och å andra sidan ägnas inte hela arbetsdagar åt dammande arbetsmoment och andningsskydd används i högre grad vid höga dammnivåer.

Alstring och emission av luftburna föroreningar i lantbruk är avhängigt faktorer som lokalers utformning, djurart, djurens beteende, utfodring, foder och strö. Emissioners omfattning, art och utsträckning i samverkan med lokalers utformning, temperaturförhållanden och luftfuktighet samt ventilationsbetingelser påverkar halterna av föroreningar i lokalerna. Arbetsmetoder och utförande har stor betydelse för alstring och emission och därmed för föroreningshalter och resulterande exponering. Påverkan sker förutom direkt genom hur arbetsmoment utförs, även i djurhållning indirekt genom att djurens aktivitet påverkas. I djurhållning är halterna som högst då djurens aktivitet ökar såsom under utfodring, rengöring, ströspridning, flyttning, vägning, utlastning av djur etc. och halter är högre under dagar än under nätter.

I rapporten redovisas sammanställda halter med förklarande kommentarer för djurhållning med uppdelning under rubrikerna *Höns*, *Svin*, *Nötboskap och hästar* samt *Spannmål samt halm och hö*. För samtliga föreligger, för vanligt förekommande arbetsmiljöbetingelser, höga halter av luftburet damm, endotoxiner, sporer och vid djurhållning ammoniak. Utmärkande för luftföroreningarna i lantbrukets arbetsmiljö är de förorenande materialens variabilitet. Det luftburna organiska dammet i lantbruk är i förekomst och sammansättning mindre stabilt och väldefinierat än luftburet damm vid många industriella verksamheter. De dammande processerna är mer variabla genom sitt ursprung i levande djur och från småskalig materialhantering. Ursprungsmaterialen till dammet är mer skiftande genom att de utgörs av fragment från ett flertal organiska material och vilka dessutom förändras och bryts ned av mikrobiella processer. Förekomster och nivåer av luftföroreningar har på så sett en ”historia” från till exempel det att unga djur sätts in i ett

stall och sedan växer till medan föroreningskällorna åldras, eller från det att spannmål lagras och sedan mikrobiellt kan förändras med tiden.

Utmärkande för mycket organiskt damm i lantbruk är en stor andel större partiklar (något tiotal µm aerodynamisk diameter) och detta är tydligast för halter över några mg/m^3. En följd blir stora skillnader mellan halter av olika fraktioner. Grovt sett är respirabla dammhalter runt en tiondel av inhalerbara halter, respirabla halter runt en femtedel av totaldammhalter och totaldammhalter runt hälften av inhalerbara halter. I specifika fall kan klara (med en faktor 1,5–2) avvikelser från detta förekomma. Därmed är det i allmänhet inte möjligt att räkna om halten av en storleksfraktion till halten av en annan. En annan följd av storleksfördelningen är att ventilationsflöden inte är lika avgörande för nivån av dammhalter som i lokaler med mindre partiklar och med gaser.

Genomgående är exponeringar, halter och emissioner av luftföroreningar högst från intensiv djurhållning av fjäderfä följt av svin. Huvudkällor är foder, strö och djuren själva och deras avföring. Höga exponeringar och halter är även vanliga vid hantering av spannmål samt halm och hö.

En sammanfattande översikt av indikativa nivåer för olika föroreningar redovisas i tabell 1. Med indikativa avses här de vanligast förekommande haltnivåerna, motsvarande medianhalter. Kvoter mellan högsta och lägsta halter kan för respirabelt damm vara några gånger, för totaldamm, inhalerbart damm och ammoniak någon tiopotens samt för mikrobiologiska agens ett par tiopotenser. Redovisade enstaka halter i rapporten är inte direkt jämförbara eftersom de uppmätts under olika betingelser, med olika mätmetodik och med olika syften.

	Höns	**Svin**	**Nöt, häst**	**Spannmål, hö, halm**
Respirabelt damm, mg/m^3	0,5	0,2	0,1	0,5
Totaldammhalt, mg/m^3	2,5	2	0,5	5-10
Inhalerbart damm, mg/m^3	5	3,5	0,5	10-20
Endotoxinhalt, EU/m^3	1 500	1 500	500	5 000
Bakterier, CFU/m^3	$5 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^6$	$0{,}05 \cdot 10^6$	$0{,}5 \cdot 10^6$
Svampsporer, CFU/m^3	$25 \cdot 10^3$	$25 \cdot 10^3$	$5 \cdot 10^3$	$100 \cdot 10^3$
Ammoniak, ppm	15	10	5-10	–
Svavelväte	halter långt under gränsvärdet			

Tabell 1. Indikativa nivåer av halter av luftföroreningar.

Föroreningsnivåerna ligger klart lägst vid nötboskaps- och hästhållning. Dock förekommer vid det senare allergener från häst. Belastningen från luftföroreningar synes vara något högre vid hönshållning än vid svinhållning. I system med frigående höns är det högre dammhalter än i andra system. I slaktsvinstallar föreligger vanligen högre halter än i suggstallar. Halter i djurstallar är vanligtvis högre vintertid än sommartid och högre under dagtid än nattetid. Andra arbetsmoment med höga belastningar är vid genomgripande rengöring av djurstall inför byte av djurbesättningar. Svavelvätehalter kan bli höga vid hantering av lagrad flytgödsel. Halter av damm, endotoxin och svampsporer är högst vid hantering av spannmål samt halm och hö. Problem med damm vid hantering av spannmål är ett känt problem sedan flera hundra år.

Inledning

Rapporten redovisar resultaten av ett uppdrag från Arbetsmiljöverket till Stockholms universitet, Institutionen för Tillämpad miljövetenskap. Uppdraget är att ta fram en kunskapsöversikt avseende exponering (nivåer och mätmetoder) för organisk damm, inklusive mögel, endotoxiner och allergener, för sig eller i kombination med ammoniak och svavelväte, med relevans i svenskt lantbruk samt gängse tillämpade tillvägagångssätt för att hålla exponeringen för dessa ämnen under kontroll. Uppdraget omfattar hantering av odlade produkter, djurhållning, foderhantering, ströhantering etc. i lantbruk, vilka leder till exponering för dessa ämnen.

Uppgiftskällor

Ett relativt ringa antal källor om exponering för organiskt luftburet damm i lantbruk föreligger. Därför eftersöktes utöver uppgifter om exponering även uppgifter om förekomst, eftersom den senare bidrar till exponeringsbetingelser. Fokus var på lantbruk i Sverige. Målsättningen var här att finna de vetenskapligt publicerade artiklarna från år 1990 och senare avseende svenska betingelser samt mesta delen av den ”grå litteraturen” [1] med kvantitativa uppgifter från denna period. I andra hand söktes uppgifter från övriga nordiska länder och därefter från lantbruk av västeuropeisk typ och därvid mestadels från vetenskapligt publicerade artiklar. Syftet därmed var huvudsakligen att fylla ut de svenska uppgifterna i omfattning och djup i de fall dessa bedömdes otillräckliga och knapphändiga i omfattning och innehåll. Sökresultaten är därför inte heltäckande för Norden och inte alls heltäckande för Västeuropa, där snarare en del kompletterande uppgifter tagits fram. Även här förekommer i brist på annat en del ”grå litteratur”. Lantbruket utvecklas och därför prioriteras generellt i rapporten yngre uppgifter framför äldre.

Sökningar utfördes i den svenska biblioteksöktjänsten Libris samt i Stockholms universitets och Lantbruksuniversitetets egna bibliotekskataloger. Vidare söktes på internet med vetenskapliga sökmotorer såsom SciFinder, Google Scholar, m.fl. samt i generella databaser som Arbline (Arbetsmiljöhögskolan vid Lunds universitet), Agris (International Information System for the Agricultural Sciences and Technology, The Food and Agriculture Organization of the United Nations); Agricola (US National Agricultural Library).

Därutöver utnyttjades lokala och specifika databaser hos Sveriges Lantbruksuniversitet, Ultuna; Jordbrukstekniska Institutet (JTI), Ultuna; Sveriges Lantbruksuniversitet - Jordbrukets Byggnadsteknik, Alnarp; Stiftelsen Lantbruksforskning (SLF); Svenska Lantbrukarnas Olycksfallsförsäkringsbolag (SLO); Statens arbeidsmiljøinstitutt, Norge; Landbrukets HMS-tjeneste, Norge; Finnish Institute of Occupational Health – Centre for Agricultural Health, Finland; Aarhus Universitet - Institut for Jordbrugsproduktion og Miljø, Danmark; Das Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft, Tyskland; Forschungsanstalt Raumberg-Gumpenstein, Österrike samt Health and Safety

[1] med ”grå litteratur” avses här rapporter och skrifter framtagna vid universitet, högskolor, forskningsinstitut och andra offentliga aktörer och som av författaren bedömts ha en tillräckligt hög tillförlitlighet.

Laboratory, Storbritannien. En del av informationen i dessa lokala databaser återfinns inte via mer allmänna databaser och sökningar. Även en del direktkontakter med dessa aktörer och informationskällor togs.

Typiska sökbegrepp har varit *exponering, damm, halt, koncentration, mg/m*^{3} kombinerat med begrepp som *fjäderfä, höns, häst, nötkreatur, svin, spannmål, tröskning, foder, hö, lantbruk.* Sökbegrepp har formulerats på svenska, engelska, norska, danska och tyska. Inte bara uppgifter om exponering har samlats in utan även för Sverige halter i lokaler, och i vissa fall utanför Sverige halter i lokaler och emissioner från lokaler. Avsikten har varit att ur skilda aspekter komplettera uppgifter om exponering.

Bakgrund

Exponering för organiskt damm, som i lantbruket kan ge upphov till sjukdomar i andningsorganen och lungsjukdomar, förekommer oftare hos lantbruksverksamma än hos den övriga befolkningen (ASS, 1994). Arbetsrelaterade symptom är vanliga bland lantbrukare och kan kopplas till exponering för damm, svampsporer och endotoxiner (Melbostad and Eduard, 2001). Stiftelsen Lantbruksforskning skriver i sitt forskningsprogram Arbetsmiljö: ”Inom jordbruket förekommer miljöer med höga dammhalter, såväl vid fältarbeten som vid inomgårdsarbeten. Inom animalieproduktionen utgör damm och gaser en hälsorisk för såväl skötare som djur.” Inom det prioriterade forskningsområdet Klimat, buller och vibrationer är ett av tre prioriterade områden ”Åtgärder för att reducera dammproblem i stallar” (SLF, 2006).

En enkätundersökning avseende den upplevda luftmiljön i djurstallar över hela Sverige har avrapporterats 2005 (Nimmermark, 2005) och torde därmed representera aktuella betingelser. Runt 750 svar avseende besvärande miljöfaktorer vid mjölk-, svin- och fjäderfäproduktion ingår. ”Damm” samt ”Gaser, obehaglig lukt” är de av miljöfaktorerna som upplevdes vara bland de mest besvärande. Besvären var störst vid djurhållning för fjäderfä, därnäst för svin och klart lägre för arbete med nötkreatur. Resultaten har vidare bearbetats och analyserats och samband mellan olika betingelser och faktorer i lantbruket med upplevd arbetsmiljö och hälsa redovisats (Nimmermark, 2009).

Rapporten begränsas till exponering för luftburet organiskt dam och några gaser som kan orsaka problem i andningsorgan och slemhinnor. Den omfattar inte zoonosbärande bakterier och virus eller bekämpningsmedel och andra kemikalier som kan användas i lantbruket. Hälsoaspekter behandlas inte, men belyses till exempel av Montelius, 2010 för spannmål och av Radon et al., 2001 för djurhållning.

Organiskt luftburet damm i lantbruk har en komplex sammansättning med en mängd beståndsdelar stammande från olika dammkällor och dammande processer vilket beskrivs till exempel i sammanställningar från Norge (Eduard and Halstensen, 2009), från Schweiz (SUVA, 1999) och från Storbritannien (Crook et al., 2008).

Dammkällorna har sitt ursprung från:

- Växtmaterial, såsom hö, strö (halm, träspån, bark, torv), säd, frö, fröskal samt pollen och allergener.
- Foder, såsom mjöl, proteiner, vitaminer.
- Hållna djur, såsom hår, hudepitel, urin, fekalier, men även från skadedjur som gnagare och fåglar.
- Spindeldjur och insekter, i form av fragment, samt avföring från hus- och förrådskvalster (allergener).
- Mögelsvampar såsom sporer och fragment av hyfer, mykotoxiner.
- Mikroorganismer som endotoxiner, bakteriesporer, patogena bakterier, glukaner, virus.

De vanligast mätta mikrobiologiska föroreningarna är endotoxiner samt koloniformande bakterier och mögelsvampsporer. I en artikel avseende norska förhållanden föreslås att endotoxiner, bakterier, svampsporer, actinomyceter och allergener kan vara de mest relevanta mikrobiologiska föroreningarna för riskbedömningar av exponering inom lantbruk (Eduard and Halstensen, 2009).

Det luftburna organiska dammet i lantbruk är i förekomst och sammansättning mindre stabilt och väldefinierat än luftburet damm vid många industriella verksamheter. De dammande processerna är mer variabla genom sitt ursprung i levande djur och från småskalig materialhantering. Ursprungsmaterialen till dammet är mer skiftande genom att de utgörs av fragment från ett flertal organiska material och att materialen dessutom förändras och bryts ned av mikrobiella processer. Oftast är även stora (något tiotal µm diameter och större) partiklar massmässigt dominerande varvid ventilationsflöden får mindre relativ betydelse för halter genom att sedimentering har större betydelse än i många andra arbetsmiljöer.

I stallmiljöer produceras gaser från djuren direkt och genom nedbrytning av gödsel varvid det framför allt är koldioxid, ammoniak och svavelväte som förekommer i avsevärt högre halter än utomhus (Gustafsson and Mårtensson, 1990). Ammoniak synes vara den mest besvärliga gasen. I en översikt över hönshållning framhålls att det inte är inhysningssystemet utan att det är gödselhanteringen som är avgörande för ammoniakavgivning och därvid tekniken för utgödsling och lagring (Kangro, 1993). Mer detaljerat påverkas ammoniakhalter av faktorer som djurantal och djurvikt, storlek på de ytor där gödsel och urin exponeras, lagrings- (exponerings-) tid av gödsel, temperatur och pH, gödselns fukthalt, luftläckage genom utgödslingssystem, luftrörelser kring gödseln, ventilationsflöde och ventilationsprinciper (von Wachenfelt and Gustafsson, 2001). Höga ammoniakhalter vintertid brukar förklaras med lägre ventilationsflöden i stallen än sommartid. Ammoniak uppträder förutom i gasfas även absorberat i luftburet damm (Donham et al., 1986, Nimmermark, 2009). Svavelvätehalter synes vanligen vara låga (Donham et al., 1989, Hartung, 2005, Elfman et al., 2009b), men svavelväte kan emitteras i större mängder vid omrörning av lagrat gödsel. Beaktansvärt är att lukttröskeln för svavelväte ligger flera tiopotenser under dess hygieniska gränsvärde.

Mätstorheter

Halt inhalerbart damm är ett mått på masskoncentration, mg/m^3, av luftburet damm upp till en aerodynamisk partikelstorlek av närmare 100 µm (50 % vid 50 µm). Det insamlas med speciellt utformade provtagare, vilka finns av några olika varianter. Massa bestäms genom vägning av insamlande filter och ibland även filterkassett före och efter provtagning. Inhalerbart damm avses representera det luftburna damm som passerar in till människans andningsvägar. Fraktionen totaldamm är ett något odefinierat begrepp. Med totaldamm brukar avses damm insamlat på filter monterade i 25 eller 37 mm diameters kassetter ibland med öppet lock och ibland inte. Provtagningsflöde är vanligtvis 2 l/min. I totaldamm ingår inte lika stora partiklar som i inhalerbart damm. Med PM_{10} avses damm insamlat efter en provtagare dimensionerad för att samla in partiklar upp till cirka 15 µm (50 % vid 10 µm). Respirabelt damm avser fraktionen av luftburet damm med partikelstorlek upp till 12 µm (50 % vid 4 µm) och avser representera det damm som når lungans alveoler. Ovanstående är en förenklad beskrivning av olika dammfraktioner. Inhalerbara och respirabla fraktioner definieras närmare i en internationell standard (ISO, 1995). Inhalerbara halter blir de högsta följda av totaldammhalter, PM_{10}-halter och respirabla halter. Skillnaderna blir större ju mer dammets storleksfördelning är förskjuten mot stora (något tiotal µm) partiklar. Partikelkoncentrationer kan även mätas som antalshalter i olika storleksintervall med partikelräknande instrument eller som integrerade mått med ljusspridningsinstrument. Dessa senare instrument, så kallade ”direktvisande”, ger möjligheter att följa partikelhalters tidsförlopp men har problem med oklar respons för partikelstorlek och specifikt med att de i ringa grad ”ser” stora partiklar.

Luftburna mikroorganismer och endotoxiner kan provtas med motsvarande metodik som för luftburet damm, men filtermedia kan behöva anpassas (Crook et al., 2008). Från insamlade prover kan endotoxinhalter (EU/m^3, ng/m^3) bestämmas. Analys görs vanligtvis med ett biokemiskt test (”Limulus Amebocyte Lysate assay”). EU står för Endotoxin Unit och är ett mått på endotoxiners aktivitet och sambandet mellan EU och ng beror på endotoxinernas ursprung. För lantbruksdamm motsvaras vanligen måttet 8–12 EU av 1 ng. Efter odling under olika betingelser kan halter av koloniformande enheter av mögelsvampsporer och bakterier bestämmas (CFU/m^3). Mikroskopi kan efter infärgning av insamlat damm användas för antalshaltbestämningar och ger då totalt antal inklusive döda bakterier och sporer. Bakterier och svampsporer kan identifieras genom DNA-analys (PCR – Polymerase Chain Reaction). Även svepelektronmikroskopi (SEM) har använts vid analyser av sporer från bakterier och mögelsvampar samt svamphyfer (Halstensen et al., 2007). Med svepelektronmikroskopi syns mindre strukturer än med optisk mikroskopi och därigenom registreras även högre antalshalter. Analyser av mikrobiologiska luftföroreningar är klart mer resurskrävande än bestämning av massa och är därmed avsevärt kostsammare.

För gaser finns kontinuerligt mätande instrument, insamlande analysampuller för skiftmedelvärden och analysampuller för momentana stickprovsmätningar.

Problem vid granskning och jämförelser av i litteraturen redovisade halter är att:

- Syften med haltbestämningar är olika.
- Halterna är mätta under olika långa tidsperioder för att återspegla exponeringar under hela arbetsdagar eller under vissa arbetsmoment.

- Halterna är bestämda personburet (exponering) eller stationärt (luft i lokal).
- Mätsituation har valts för att vara ”worst case” eller ”normal”.
- Olika partikelstorleksfraktioner har mätts.
- Halterna kan representera en mätning och upp till flera hundra mätningar.
- Mätningar har gjorts under olika utformad djurhållning och under olika betingelser.
- Mätresultaten är av varierande och oklar kvalitet.
- Felaktiga eller tveksamma beteckningar på storleksfraktioner har angetts, även i ”peer-reviewed” källor.

Ovanstående medför att de flesta redovisade resultaten är behäftade med stor osäkerhet och att tydliga jämförelser egentligen skulle kräva upplägg med direkt jämförande mätningar. Uppgifter ur källorna har i någon mån rensats och bearbetats men redovisas till största delen oavsett kvalitet och representativitet. Genomgående har antalet siffror i redovisade data i rapporten minskats ned till högst två signifikanta siffror. De redovisade uppgifterna avses ge en överblick och förståelse av exponering för och förekomst av luftburna föroreningar inom olika områden i lantbruket, även om exponering eller halt i specifika fall kan skilja ett flertal gånger i storlek från de halter som anges i rapporten. I tabeller används ett begrepp ”indikation”, vilket är ett mycket grovt mått av storleks-ordningen median, och som avses återspegla en jämförelsenivå för aktuella betingelser. Syftet är att förenkla läsning och tolkning av resultat i tabellerna. Utan dessa förenklingar bedömdes redovisningen av uppgifter bli i hög grad oöverskådlig.

En metodik för att förbättra jämförelser av halter mellan olika ventilationsbetingelser (flöden) har presenteras och provats (von Wachenfelt and Gustafsson, 2001, Lund, 2007b). Upplägget är att normera uppmätta halter med ökningar av temperatur eller ökningar av koldioxidhalter i stallar. Detta kan fungera för gaser som är mer beroende av ventilations-flöden än partiklar.

Partikelstorleksfördelning

Luftburet damm i lantbruk härstammar från ett antal olika källor och processer och har därmed ingen bestämd partikelstorleksfördelning. Storleksfördelningar har dock betydelse för hälsoeffekter, för val av mätmetoder och hur resultat kan tolkas samt för åtgärdsarbete. Därför är det av intresse med en allmän kännedom om fördelningarna. I tabell 1 i Bilaga A *Haltuppgifter* har uppgifter med bäring på partikelstorlek sammanställts. I några fall är uppgifter tagna direkt från angivna referenser, men mestadels ligger en analys och bearbetning av data från referenserna till grund för tabellens uppgifter. Underlaget för uppgifterna i tabellen redovisas i Bilaga B *Partikelstorleksanknutna uppgifter*.

Sammantaget pekar uppgifterna mot att utmärkande för det mesta organiskt damm i lantbruk är en stor andel större (något tiotal µm) partiklar. Detta är tydligast för partikelhalter över några mg/m^3. Följden för dammhaltsmätningar blir att skillnader mellan uppmätta fraktioner blir stora. Grovt sett är respirabla dammhalter runt 1/10 av inhalerbara halter, respirabla halter runt 1/5 av totaldammhalter och totaldammhalter runt hälften av inhalerbara halter. Dessa faktorer är indikativa och i enskilda fall förekommer klara (en faktor 1,5–2) avvikelser. Detta medför att det inte i ett specifikt fall är möjligt att räkna om halten av en fraktion till halten av en annan. För detta krävs specifika uppgifter i det enskilda fallet.

En massmedian för aerodynamisk partikeldiameter av runt 20 µm indikeras och synes också rimlig om hänsyn tas till relationer mellan olika storleksfraktioner. Uppgifterna synes peka mot att hönshållning och höga halter ger störst partiklar.

Haltuppgifter

Någon egentlig omfattning av mätningar för kartläggning av exponeringar för luftföroreningar vid arbete i lantbruk synes inte ha kommit igång förrän runt 1960–1970, nästan 50 år senare än för industriellt arbete. Därefter finns resultat både från personburna exponeringsmätningar och från karaktäriseringar av luften i lokaler (stationära mätningar). Intresset har i en del fall även varit riktat mot djurens exponeringar för luftföroreningar. Under de senast två decennierna har insikten om att emissioner från lantbruk inte bara har betydelse för arbetsmiljö och djurens miljö utan även för den yttre miljön tilltagit. Mätningar har därför utförts för att karakterisera emissioner till utomhusluft från lantbruk och då till stor del från djurhållning som anses ge ett avsevärt kontroller- och påverkbart bidrag till den totala emissionen från lantbruksverksamhet (Anonymous, 2006, Cambra-López et al., 2010).

Data är av varierande och ofta oklar kvalitet. Det handlar mestadels om halter i lokaler (”stationärt”), men även om exponeringar mätta med personburen provtagning. Data omfattar allt från enstaka stall till flera hundra stall, kan vara bestämda under någon timme till under flera dagar och under högst olika betingelser. En studie som visar på svårigheter med jämförelser är en holländsk studie av endotoxinexponering för 200 svinfarmare i södra Holland (Preller et al., 1995) som konstaterar att endagsmätningar visade större variationer för en enstaka individ än mellan individer. Detta förhållande är inte unikt för arbetsmiljön i lantbruket. Sammantaget innebär detta att sifferuppgifter inte

okritiskt kan jämföras rätt av, men sammanställningarna kan ge en uppfattning om situationen inom lantbrukets olika verksamheter.

Genomgående för uppgifter från de allra flesta studier är att exponeringar, halter och emissioner är högst från intensiv djurhållning av fjäderfä följt av svin (Takai et al., 1998, SUVA, 1999, Radon et al., 2002, Hartung, 2005, Pedersen, 2005, Spaan et al., 2006, Cambra-López et al., 2010) och det är även där mest resurser satsats på bestämning och karaktärisering av luftföroreningar och exponering. Dominerande källor till luftföroreningar i och från djurstallar har identifierats, men deras inbördes relationer varierar beroende på betingelser vid djurhållning. Så anges till exempel för nordvästeuropeisk djurhållning och totaldamm att 80-90 % kan ha sitt ursprung från foder, 55–70 % från strö, 2-12 % från djuren själva och 1–8 % från djurens avföring (Hartung and Spindler, 2008). Andelarna kan ifrågasättas eftersom de summerar till avsevärt mer än 100 %. De vanligast bestämda halterna i luft är av damm (inhalerbart, totaldamm, respirabelt damm) och av endotoxiner. Av gaser med höga halter har koldioxid sitt ursprung i djurens ämnesomsättning och ammoniak sitt ursprung i gödsel.

Alstring och emission av luftburna föroreningar i lantbruk är avhängigt faktorer som lokalers utformning, djursort, djurens beteende, utfodring, foder och strö (Ellen et al., 2000, Nimmermark et al., 2007, Haeussermann et al., 2008, Cambra–López et al., 2010). Emissioners omfattning, art och utsträckning i samverkan med lokalers utformning, klimat- och ventilationsbetingelser påverkar halter av föroreningar i lokalerna. Arbetsmetoder och utförande har stor betydelse för alstring och emission och därmed för föroreningshalter och resulterande exponering. Påverkan sker förutom direkt genom hur arbetsmoment utförs, även i djurhållning indirekt, genom hur djurens aktivitet påverkas. Vistelsemönster i olika förorenade miljöer och eventuellt bruk av andningsskydd bestämmer exponering i lantbruket över en arbetsdag. För alstring och avgivning av ammoniak är den avgörande faktorn gödselhantering. Halten ammoniak påverkas av gödselns utbredning och fördelning, lagringstid i stallet, temperatur, pH och fukthalt samt av djurantal och djurvikt, luftläckage genom utgödslingssystem, stallets ventilationsflöde och ventilationsprinciper (von Wachenfelt and Gustafsson, 2001).

Djuren är mer aktiva under dagtid än under nattetid. Detta beteende förstärks i hög grad av att utfodring och annan verksamhet i lantbruket huvudsakligen utförs under dagtid. Betydligt högre halter uppträder under de perioder då aktiviteten i stallarna är hög (Pedersen and Pedersen, 1995, Hinz and Linke, 1998, von Wachenfelt and Gustafsson, 2001, Haeussermann et al., 2008) och halterna är som högst under utfodring, rengöring, ströspridning, flyttning, vägning, vaccinering, utlastning av djur etc. (Pedersen, 2005). Den nära kopplingen mellan aktivitet och dammhalt framgår av figur 1a, i vilken aktivitet och dammhalt registrerats parallellt i ett smågrisstall och mera indirekt i figur 1b från ett hönsstall där aktivitet inte registrerats, men diagrammet redovisar ett haltförlopp över ett dygn. I figur 1b kan noteras en mer utpräglad dygnsvariation för partiklar större än 1 µm, vilka i högre utsträckning än mindre partiklar är knutna till emission orsakade av djur. Ett liknande förlopp och då av PM_{10}-haltens dygnsvariation har redovisats för ett grisningsstall (Costa and Guarino, 2009).

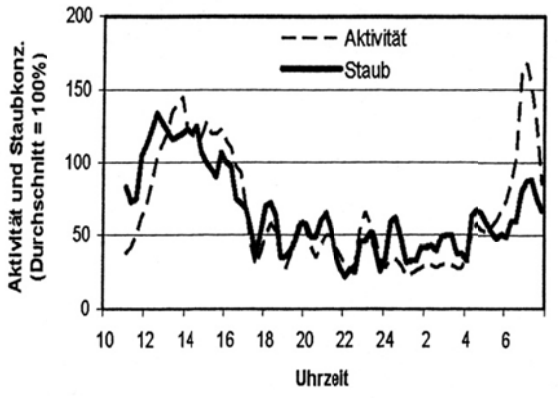

Abb. 4: Beispiel zur Abhängigkeit der Staubkonzentration von der Tieraktivität in einem Ferkelstall

Fig 1a. Registrerad aktivitet och dammhalt (Staub) (Pedersen, 2005). Motsvarande resultat redovisas i en amerikansk studie (Heber et al., 2006).

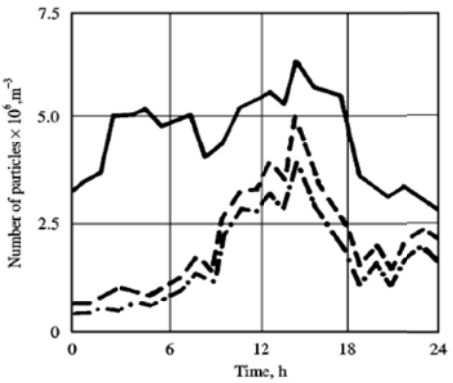

Fig. 1. Daily variations in number of dust particles of different sizes at a constant airflow rate of 75 m³/pig h; ——, 0·5–1·0 μm; - - - - - -, 1·0–2·0 μm; – · – · –, 5·0–10·0 μm

Fig 1b. Registrerade partikelantalshalter av några olika partikelstorlekar (Gustafsson, 1999).

Endast för enstaka dammhalter har analyser utförts för att utröna hur stor andel av dammet som är organiskt. Genomgående har annars verksamhetens art fått definiera dammet som organiskt. Från ett hästställ har rapporterats en organisk andel av 70 % (Elfman et al., 2009b), för svinställ 80–93 % (Heber et al., 1988b), för djurhållning i allmänhet 90 % (Hartung, 2005), för spannmål i allmänhet 60-80 % (Montelius, 2010) och för foderspannmål 85 % (Heber et al., 1988b).

I rapporten redovisas sammanställda halter med förklarande kommentarer för djurhållning med uppdelning under rubrikerna Höns, Svin, Nötboskap och hästar samt för hantering av Spannmål samt halm och hö. Under varje rubrik finns en grov sammanfattning. Denna följs av grupperade sammanställda redovisningar med beskrivande och diskuterande kommentarer. Specifika uppgifter om halter redovisas i Bilaga A *Haltuppgifter*.

Höns

En sammanställning av rapporterade dammhalter vid hönshållning redovisas i tabell 2a och mikrobiologiska halter i tabell 2b i Bilaga A *Haltuppgifter*. Några specifika halter av föroreningar i luft vid fjäderfähållning kan inte anges, men en mycket grov sammanfattning kan vara att respirabla halter ofta kan vara på nivån ett halvt mg/m^3, totaldamm några mg/m^3 och inhalerbart damm kring 5 mg/m^3 och med en kvot mellan höga och låga värden runt en tiopotens. Vidare indikeras halter av endotoxiner, bakterier och svampsporer ligga på nivåer av 1 500 EU/m^3, 5 ·10^6 CFU/m^3 respektive 25 ·10^3 CFU/m^3. För dessa halter är kvoten mellan höga och låga värden ett par tiopotenser.

Ammoniakhalter är höga i hönsstallar och det är inte ovanligt med överskridande av det hygieniska gränsvärdet på 25 ppm (Arbetsmiljöverket, 2005). Ammoniakhalter vid hönshållning har rapporterats från några ppm upp till flera tiotals ppm, med lägst halter sommartid och för burhöns och högst halter vintertid och för golvhöns (Gustafsson and

Mårtensson, 1990, Larsson et al., 1999a, Radon et al., 2001, Redwine et al., 2002, Whyte, 2002, Gustafsson and von Wachenfelt, 2004, Lund, 2007a, Nimmermark et al., 2007).

Storskalig hönshållning är en verksamhet med överlag hög alstring och avgivning av damm och ammoniak. I hönsstallar föreligger därmed i allmänhet för arbetsmiljösammanhang höga halter av luftburet damm, vilket leder till höga exponeringar och som under vissa arbetsmoment kan bli extremt höga med en ökning med en faktor 5–10. Dammets sammansättning är komplex och kan förväntas variera med aktuellt arbetsmoment och när i produktionscykeln det uppstår.

Arbetsmoment som stör hönsen och orsakar hög aktivitet hos dem ger höga dammhalter och höga halter av mikrobiologiska agens. Sådana moment är hantering av hönsen, kontroll av reden och äggplockning samt spridning och hantering av strö och avföring. Detta gäller speciellt vid manuell hantering och kanske högst vid storrengöring inför byte till ny djurbesättning (Gustafsson and Mårtensson, 1990, Melbostad et al., 1996, Whyte, 2002, Nimmermark, 2005, Crook et al., 2008).

Hysningsformen har en avgörande betydelse för dammhalter, och hönshållning med frigående höns och höns i inredda burar ger högre dammhalter än burhönssystem (Gustafsson and Mårtensson, 1990, Kangro, 1993, Mårtensson, 1996, Lindberg and Melin, 1998, Lohmann, 2005, Hartung and Spindler, 2008, Cambra-López et al., 2010). Halter av och exponeringar för inhalerbart eller totaldamm vid frigående höns eller höns i inredda burar jämfört med konventionella burhöns rapporteras att vara från dubbelt så höga (Lindberg and Melin, 1998, Larsson et al., 1999a, Whyte, 2002) och upp till fem gånger högre (Takai et al., 1998, Ellen et al., 2000, Saleh et al., 2007) och till och med tio gånger högre i ett enstaka stall (Riedel, 2005). I en färsk norsk studie var totaldammhalterna runt tio gånger högre (runt 10 mg/m^3) för värphöns med golvsystem än med våningssystem eller i inredda burar (drygt 1 mg/m^3) (Lund, 2007a, Nimmermark et al., 2007). För totalantal bakterier var halterna drygt fem gånger högre för golvsystem och ett par gånger högre för våningssystem än för inredda burar.

Val av strömedel har betydelse för dammhalter (Ellen et al., 2000). En svensk studie har sett lägst uppkomna totaldammhalter med strömedlen lerpellets och torv, nära följt av kutterspån, hackad halm och strimlat papper och med drygt dubbelt så höga halter för grus (Gustafsson and von Wachenfelt, 2004, Gustafsson and von Wachenfelt, 2006). En australiensisk studie anger högre halter för halm än spån, men lägre bakteriehalter för halm (Banhazi et al., 2008). Resultaten visar att strömedlet har betydelse för halter, men inte bara sorten utan även kvalitet och damningsbenägenhet hos det enskilda strömedlet måste ha betydelse för potentiell dammemission.

Förekomst av damm och mikrobiologiska agens ökar med tiden under en produktionscykel för broilers (Gustafsson and Mårtensson, 1990, Hinz and Linke, 1998, Redwine et al., 2002, Banhazi et al., 2008, Cambra-López et al., 2010). Sambandet anses bero på att djuren ökar i vikt, med att djurens avföring ändras med tiden, med förändrat tillstånd hos strömedel och med åldring av gödsel. Mikrobiologiska agens ökar även med stallens ålder och minskar med bättre renhållningsrutiner och storrengöringar mellan olika hönsbesättningar, vilket tyder på att det pågår en kontinuerlig tillväxt.

Avgivningen av ammoniak ökar kraftigt de första veckorna efter insättning av höns och anses bero på åldringsprocesser i gödseln. Frekvent utgödsling, helst daglig, ger lägre

halter (Gustafsson and Mårtensson, 1990, Redwine et al., 2002, von Wachenfelt et al., 2002, Gustafsson and von Wachenfelt, 2004). Ströbädd har gett lägre halter än gödselmattor och strömedlet har betydelse (en faktor 2) för ammoniakhalter (Gustafsson and von Wachenfelt, 2004). Genomgående rapporteras högre halter vintertid än sommartid, vilket hänförs till lägre ventilationsflöden vintertid. I en norsk studie redovisas lägst halter för höns i inredda burar, klart högre för våningssystem och högst för golvhöns (Lund, 2007a, Nimmermark et al., 2007). Ammoniakemission är temperaturberoende och halter av 10 ppm redovisas vid 23–27 °C i ett stall och 25 ppm vid 27–29 °C (Hinz and Linke, 1998).

Ventilationsflöden har vid gängse ventilationsflöden i hönsstallar (runt 1 $m^3/h \cdot$höna) klart mindre betydelse för dammhalter än vad dess utspädningseffekt kan förväntas innebära, det vill säga halter minskar inte proportionellt mot luftflöde (Gustafsson and Mårtensson, 1990, Gustafsson and von Wachenfelt, 2006, Banhazi et al., 2008). Detta gäller framför allt inhalerbart damm och totaldamm och kan förklaras av det luftburna dammets storleksfördelning som vid aktuella luftflöden innebär att sedimentering utgör en betydande del av borttransporten av det luftburna dammet. Detta är rimligt utgående från uppgifter om storleksfördelningar och av att större betydelse av ventilationsflöden har konstaterats för respirabelt damm (Banhazi et al., 2008). Hinz and Linke, 1998, Saleh et al., 2007 och flera andra har konstaterat högre halter av ”luftföroreningar” vintertid än sommartid, vilket kan vara en ventilationsflödeseffekt. Totaldammhalter skilde inte mellan sommar och vinter i Sverige och Norge (Kangro, 1993). De uppgifter som förekommer kan vara en följd av vilka storleksfraktioner och föroreningar som jämförts samt av reglering och styrning av ventilation. Ammoniakhalter visar ett klart tydligare samband med storleken av ventilationsluftflöden.

Svin

En sammanställning av rapporterade dammhalter vid uppfödning av svin redovisas i tabell 3a och mikrobiologiska halter i tabell 3b i Bilaga A. Några specifika halter av föroreningar i luft vid uppfödning av svin kan inte anges, men en mycket grov sammanfattning av resultaten är att respirabla halter ofta kan vara ett par tiondels mg/m^3, totaldammhalter ett par mg/m^3 och halter inhalerbart damm några mg/m^3 och samtliga med en kvot mellan höga och låga värden av en tiopotens. Vidare indikeras halter av endotoxiner, bakterier och svampsporer ligga på nivåer av 1 500 EU/m^3, $1 \cdot 10^6$ CFU/m^3 respektive $25 \cdot 10^3$ CFU/m^3. För dessa halter är kvoten mellan höga och låga värden ett par tiopotenser.

Ammoniakhalter är höga i svinstallar men på något lägre nivåer än för hönshållning. De allra högsta halterna verkar ligga lägre för svin än för höns. Det hygieniska gränsvärdet på 25 ppm kan överskridas. Ammoniakhalter vid svinhållning har redovisats från några ppm upp till några tiotal ppm, med lägst halter sommartid och för suggor och högst halter vintertid och för slaktsvin (Donham et al., 1989, Crook et al., 1991, Larsson et al., 1999b, SUVA, 1999, Radon et al., 2001, von Wachenfelt and Gustafsson, 2001, Hartung, 2005).

Storskalig svinhållning är en verksamhet med överlag hög alstring och avgivning av damm om än lägre än för hönsstallar. Även i svinstallar är det i allmänhet ur ett arbetsmiljöperspektiv höga halter av luftburet damm. Det leder till höga exponeringar som under vissa arbetsmoment kan bli extra höga. För till exempel vägning har en ökning

med en faktor 5-10 rapporterats (Palmberg et al., 2002). Dammets sammansättning är komplex och kan förväntas variera med aktuellt arbetsmoment och när i produktionscykeln det uppstår. Halter av endotoxiner och svampsporer är lägre men av samma storleksordning som för höns och av bakterier klart lägre (Radon et al., 2001).

Arbetsmoment som stör svinen och orsakar hög aktivitet hos dem ger höga dammhalter och höga halter av mikrobiologiska agens. Sådana moment är hantering av djuren (flyttning, märkning, vaccination, m.m.), kontroll av stall samt spridning och hantering av strö och gödsel, speciellt manuell hantering, och kanske högst vid storrengöring mellan djuromgångar (Preller et al., 1995, Hinz and Linke, 1998, Nimmermark, 2005, Gustafsson et al., 2009, Nimmermark, 2009, Cambra–López et al., 2010). Högre dammhalter dagtid än nattetid har konstaterats (Hinz and Linke, 1998, Gustafsson, 1999) m.fl.

Under svenska betingelser har mätts totaldammhalter som ökat linjärt med antalet dagar efter insättning (Gustafsson et al., 2009) och totaldammproduktion som ökat linjärt med grisarnas levande vikt (Gustafsson, 1999). En tysk studie visar hur PM_{10}-emission per grisarnas vikt ökar med tid (Haeussermann et al., 2007), medan en annan tysk studie inte visar någon ökning av halter inhalerbart damm med tid (Hinz and Linke, 1998). I den senare studien justerades dock ventilationsflöden för grisarnas viktökning. Eftersom tid och vikt samvarierar är det oklart, och mindre viktigt, om någon av dem är den mest bestämmande faktorn.

Hantering av strömedel är bland de mest besvärande arbetsmomenten (Nimmermark, 2005, Geng, 2010). I Sverige har konstaterats att arbetare upplevt mindre mängd damm med automatiskt än manuell ströhantering (Lindahl et al., 2008) och ett projekt pågår med utvärdering av automatisk hantering av strö (Geng, 2010). En svensk studie visade att torv som strö inte gav högre dammhalter än annat strö om torvens vattenhalt är ”normal”, dvs. 50 % (Larsson et al., 1999b). En tysk rapport anger att golv med strö ger högre halter av endotoxiner, bakterier, svampsporer och ammoniak än spaltgolv (Lohmann, 2005). En annan (Haeussermann et al., 2007) rapporterar att djupbädd inte ger högre dammhalter än golv utan strö och ytterligare en rapport (Hartung et al., 2004) att djupbädd ger runt hälften så höga PM_{10}-halter som andra. Hartung and Spindler, 2008 anger att det föreligger motsägande uppgifter om dammhalter vid användning av hyvelspån. Strömedlets egenskaper, kvalitet, hantering och ålder i stallet synes vara avgörande för uppkomna halter.

Gödselhantering har en avgörande betydelse för ammoniakhalter. De första veckorna efter insättning av en djurbesättning ökar ammoniakemissionen snabbt och till exempel lagring i gödselkällare ger höga halter (Gustafsson and Mårtensson, 1990, Hinz and Linke, 1998, von Wachenfelt et al., 2002, Gustafsson and von Wachenfelt, 2004). Korta utgödslingsintervall, helst daglig utgödsling, minskar avsevärt ammoniakhalter. Ströbädd kan ge lägre emission än gödselmattor (Gustafsson and von Wachenfelt, 2004), och betraktar man uppgifter från djurhållning i norra Europa (Groot Koerkamp et al., 1998), ser det ur som om strö i allmänhet ger lägre halter än andra system. Likaså minskar avgivningen då gödseln är torr jämfört med mycket fuktig, har lågt pH och låg temperatur (Larsson et al., 1999a).

Foder sägs bidra till väsentlig del av luftburet damm (Heber et al., 1988b, Pearson and Sharples, 1995), men omfattningens storlek är omstridd. Hantering av foder kan möjligen öka besvären med luftmiljö (Nimmermark, 2005). En del studier säger att skillnader

mellan pellets, torr- och blötfoder är små (Takai et al., 1998, Gustafsson, 1999) och att damning från foder till stor del beror på hur utfodringen går till och orsakas av grisarnas aktivitet vid utfodring. Andra redovisar att tillsats av fett i fodret minskar dammnivåer (Heber et al., 1988b, Gustafsson, 1999, Pedersen, 2005). I en studie av 20 stall i Skottland konstaterades lägre halter med pelleterat foder än för torrfoder (Crook et al., 1991). Fodrets bidrag till dammhalter är således oklar liksom hur mycket som beror på fodrets egenskaper, på utfodringens utformning och på djurens aktivitet.

Som för hönshållning har ventilationsflöden vid gängse luftflöden i mekaniskt ventilerade svinstallar (upp till 100 $m^3/h \cdot gris$) klart mindre betydelse för dammhalter än vad dess utspädande effekt kan förväntas innebära (Gustafsson, 1999, Gustafsson et al., 2009). Detta gäller framför allt inhalerbart damm och totaldamm och kan förklaras av det luftburna dammets storleksfördelning som vid storleken av aktuella luftflöden innebär att sedimentering orsakar en stor andel av borttransporten av det luftburna dammet. Detta är rimligt utgående från uppgifter om storleksfördelningar (Takai et al., 1998, Sundblad et al., 2006). Högre halter av ”luftföroreningar” vintertid än sommartid, har rapporterats (Crook et al., 1991, Takai et al., 1998, Lee et al., 2006) med flera, vilket tillskrivs ”sämre/lägre” ventilation vintertid. För ammoniakhalter är avhängigheten av ventilationsflöden klart tydligare.

Rengöring av stall avseende deponerat damm har provats under pågående uppfödning. Effekt på dammhalter har visat motsägelsefulla resultat. Mätningar efter dammsugning har visat ringa (Gustafsson, 1999) men även goda (Gustafsson et al., 2009) resultat. I en holländsk studie gav rengöring av ytor med dammsugning eller våt rengöring ringa effekt (Pearson and Sharples, 1995). Effekter av rengöring måste bero på rengöringens omfattning och art. Duschning med vatten eller oljeblandat vatten i svinstallar minskar dammhalter (Bergius, 1994, Gustafsson, 1995).

Nötboskap och hästar

En sammanställning av rapporterade dammhalter vid hållning av nötkreatur och av hästar redovisas i tabell 4a samt mikrobiologiska halter i tabell 4b i Bilaga A. Några specifika halter av föroreningar i luft vid kan inte anges, men en mycket grov sammanfattning är att respirabla halter ofta kan vara på en nivå runt 0,1 mg/m^3, totaldamm drygt ett halvt mg/m^3 och inhalerbart damm drygt ett halvt mg/m^3 och samtliga med en kvot mellan höga och låga värden av en tiopotens. Vidare indikeras halter av endotoxiner, bakterier och svampsporer ligga på nivåer av 500 EU/m^3, $0{,}05 \cdot 10^6$ CFU/m^3 respektive $5 \cdot 10^3$ CFU/m^3. För dessa halter är kvoten mellan höga och låga värden ett par tiopotenser.

Ammoniakhalter är för nötboskap tydligt lägre än i höns- och svinstallar. Enligt en omfattande studie (Groot Koerkamp et al., 1998) av betingelser i Danmark, Storbritannien, Nederländerna och Tyskland låg medelhalter mellan 0,3 och 7 ppm, beroende på land, djur och system. Lägst halter förelåg för strösystem och kalvar. En svensk studie i ett mjölkkostall med bås och flytgödselsystem gav vintertid halter av 6–7 ppm. Från två svenska häststall rapporteras halter av 2 och 20–27 ppm (Elfman et al., 2009a, Elfman et al., 2009b). I ett amerikanskt häststall steg ammoniakhalten till 14 ppm på två veckor efter en genomgripande rengöring (Pratt et al., 2000).

Från ett stall med 18 hästar och utan mekanisk ventilation rapporteras halter av häst-allergen på nivån 10 000–20 000 U/m^3 vilket anges vara högt (Elfman et al., 2009b). Från två stall rapporteras halter mellan 800 och 7 000 U/m3 (Elfman et al., 2009a).

Halter av damm och mikrobiella agens ligger avsevärt lägre (runt en faktor 5) än för höns och svin och för bakterier bara på några få procent. Detta kan vara en förklaring till att det utförts förhållandevis få studier. Från föreliggande uppgifter går det inte att konstatera huruvida det föreligger skillnader mellan nötboskap och hästhållning utom för endo-toxiner där möjligen halterna är lägre för häststall.

I en nordeuropeisk studie har inhalerbara dammhalter i kostall bestämts. Man konstaterar att halterna ökade med kor på strö jämfört med andra system, men att detta inte gällde under alla betingelser (Takai et al., 1998). I en svensk rapport anges att ”Uppbundna kor och båspallsmjölkning är det dominerande systemet för mjölkproduktion och jämfört med andra system tycks mer besvär med luftmiljön förekomma i detta system” (Nimmermark, 2005) och i en annan rapport anges att ”Många av de personer som arbetade med mjölkkor eller andra nötkreatur angav att hantering och arbeten med hö, spannmål och strömedel var uppgifter där gaser/damm är särskilt besvärande” (Nimmermark, 2009). Att dessa arbetsmoment är dammande framgår av avsnitt *Spannmål samt halm och hö*.

Som för annan djurhållning torde dammhalter öka under aktivitet. Förhöjda partikel-antalshalter har konstaterats i ett stall under förmiddagar med aktiviteter som fodring, att ta ut och in hästar, mockning, hantering av halm (Elfman et al., 2009a). Takai et al., 1998 rapporterar att halter dagtid är högre än nattetid.

Inga egentliga studier av dammhalter och ventilation har hittats. För ett stall utan mekanisk ventilation sjönk halter av endotoxin och 1,3- β-glucan till en femtedel när stalldörrarna öppnades på morgonen (Elfman et al., 2009b). För två stall sjönk damm-halter i det ena men inte i det andra efter nyinstallation av mekanisk ventilation (Elfman et al., 2009a). Detta var dock ingen renodlad ventilationsteknisk studie och flera andra faktorer kan ha inverkat.

Spannmål samt halm och hö

Mängden av spannmål som hanteras av lantbrukare på enskilda lantbruk kan förväntas att öka. Dels går utvecklingen mot en ökning av produktion av spannmål för användning som biobränsle, och dels planerar Svenska Lantmännen att reducera sin torknings-kapacitet med minst hälften (Geng, 2007).

En sammanställning av rapporterade dammhalter vid hantering av spannmål samt halm och hö redovisas i tabell 5a samt mikrobiologiska halter i tabell 5b i Bilaga A. Några specifika halter av föroreningar i luft kan inte anges, men en mycket grov sammanfattning är att vid hantering är respirabla halter ett halvt mg/m^3, totaldammhalter 5-10 mg/m^3 och halter inhalerbart damm 10–20 mg/m^3 och samtliga med en kvot mellan höga och låga värden av en tiopotens. Vidare indikeras halter av endotoxiner, bakterier och svamp-sporer ligga på nivåer av 5 000 EU/m^3, 0,5 ·10^6 CFU/m^3 respektive 100 ·10^3 CFU/m^3. För dessa halter är kvoten mellan höga och låga värden ett par tiopotenser. Från en norsk rapportering av exponering för spannmålsdamm (Halstensen et al., 2004) påpekas att

kvoten mellan högsta och lägsta halter kan vara en faktor 100 och vidare att halter uppemot 100 mg/m^3 kan förekomma under specifika, korta moment.

Arbete med spannmål kan ge högst varierande exponeringar för organiskt damm, alltifrån delar av mg/m^3 till flera mg/m^3. Dammet är vanligtvis grovt vilket framgår av att halter inhalerbart damm kan vara 2–4 gånger högre än halter totaldamm. Dammhalter under särskilt dammande arbetsmoment kan öka med ett par tiopotenser och uppvisar till synes kraftiga rumsgradienter i arbetslokalerna. Detta medför att exponeringar under en hel arbetsdag blir tydligt avhängiga av hur länge en arbetande utför vissa moment och hur nära dammgenererande processer denne arbetar. Arbetsmoment med småskalig och ofta manuell hantering leder ofta till mycket höga nivåer av damm, endotoxiner och svampsporer och till och med nivåer över dem för höns och svin. Halter av mikrobiella agens är kraftigt beroende av tidigare betingelser och även av betingelser utomhus före skörd och intagning. Långtidsexponeringar behöver dock inte bli så höga emedan dessa arbetsmoment oftast bara upptar en mindre del av den totala arbetstiden. Under kortare arbetsmoment är det även mindre besvärande att använda andningsskydd än vid dagslånga exponeringar.

Tillvägagångssätt vid hantering och kvalitet har stor betydelse för exponering. Ett exempel är en dansk undersökning som visade att handspridning av hackad halm gav en dubblerad dammbelastning jämfört med långstråig halm, och att handspridning av hackad halm gav en dubblerad dammbelastning jämfört med spridning med grep (Pedersen, 2005). Ett ytterligare exempel är en norsk studie som kom fram till att för spannmål ger lagringsarbete högst exponeringar och synbart svampangripen spannmål högst mikrobiell belastning (Halstensen et al., 2007). I Sverige har rapporterats att personer som använde sågspån som strömedel var mer besvärade av damm (Nimmermark, 2009).

Dammgenerering för spannmål är extra stor vid skyffling och sopning, vid rengöring av utrustning för spannmålshantering och då spannmål överförs i luft från en plats till en annan. Detta är inget speciellt för spannmål och skiljer sig föga från dammalstring från materialhantering i andra arbetsmiljöer. Metoder för att åtgärda höga dammhalter är därmed analoga med dem som tillämpas i industriella sammanhang.

Personburna haltmätningar har utförts hos lantbrukare vid transport och inlastning av spannmål under några timmar och för två öppna transportsystem (Geng, 2007). Halter registrerades med en fotometer under 4–5 timmar och får betraktas som stickprov. PM_{10}-halterna, som de angavs av fotometern, låg på en basnivå under något mg/m^3 och steg kortvarigt (någon minut) kraftigt vid vissa aktiviteter. De högsta topparna låg på flera tiotal mg/m^3. En bedömning är att topparnas bidrag till en dagsexponering kan vara något till några mg/m^3 och således märkbart påverka nivån av en dagsexponering. De stora topparna förekom vid manuell hantering (skyffling och sopning) av spannmål och när spannmål tippades. En extrem topp, några hundra mg/m^3 registrerades vid renblåsning av en utrustning med tryckluft. Redovisade halter är enligt fotometerangivelser och ska därmed ses som relativa. I en likartad studie (Geng, Jonsson et al. 2007) har enstaka haltmätningar utförts med en fotometer vid beredning av foder för kor samt vid tömning av spannmål. Även dessa halter får ses som stickprov. Vid foderberedning har kortvariga toppar upp till några tiotal mg/m^3 registrerats. Vid tömning registrerades halter från 5 till några tiotal mg/m^3. Resultaten gällde öppna system. Vid automatiserade slutna eller täckta system bedömdes halter vara så låga att mätningar inte var meningsfulla. Halt-

gradienterna var stora och exponeringar kunde variera med en tiopotens beroende på var i förhållande till dammalstringen en person befinner sig. Även här utfördes mätningarna personburet. Fotometermätningarna har förmodligen registrerat för låga halter på grund av deras dåliga känslighet för stora partiklar.

Arbetarskyddsstyrelsen (numera Arbetsmiljöverket) har låtit utföra dammhaltsmätningar i miljöer med organiskt damm (Arbetarskyddsstyrelsen, 1995), varav några i lantbruk. Exponering vid arbete vid tippgrop och spannmålstork samt med skördetröskning och hantering av spannmål gav under dessa moment exponeringar 6 mg/m^3 respektive 10 mg/m^3 totaldamm respektive inhalerbart damm. Under övrig tid ”förekom ingen dammexponering”. Arbete med beredning av foder på sex företag gav i snitt exponeringar av 3 mg/m^3 respektive 11 mg/m^3 för totaldamm respektive inhalerbart damm. En del av arbetstiden förlöpte i kontrollrum. Högst halter uppmättes vid service och reparation av utrustning.

Förekomst av toxiner har mätts på åtta finska gårdar under spannmålshantering. Dammhalter registrerades även stationärt (Lappalainen et al., 1996). Vid arbete med torkning av spannmål mättes 1,1 (range 0,04–1,7) mg/m^3, vid malning av spannmål 16 (0,9–80) mg/m^3 samt vid utfodring med spannmål 1,4 (0,5–3,4) mg/m^3.

Irritation av andningsvägar och ögon har studerats på ett hundratal norska gårdar 1992 till 1996 (Melbostad et al., 1996). Därvid bestämdes bland annat exponering för totaldamm vid skördetröskning samt vid hantering av spannmål. Halter anges som geometriska medelvärden (geometrisk standardavvikelse), tröskning vid 29 tillfällen 0,9 mg/m^3 (2,6) och spannmålshantering vid 23 tillfällen 5,1 mg/m^3 (3,0). Halterna visar således stor spridning, men det föreligger ingen beskrivning av de specifika förhållandena vid varje mätning.

Skördetröskning och hantering av spannmål har studerats på 85 norska gårdar (Halstensen et al., 2004, Halstensen et al., 2007). Totalt har drygt ett hundra personliga exponeringar för inhalerbart damm bestämts under olika arbetsmoment. Ett medelvärde för skördetröskning var 1,2 mg/m^3 inhalerbart damm. För hantering av spannmål var medelvärdet 5,5 mg/m^3 för oskadad spannmål och 12 mg/m^3 för mögelskadat (synligt skadat) spannmål. Hanteringen gav 5–10 gånger högre exponering än tröskningen och mögelskadat spannmål fördubblade exponeringen vid hantering. Geometriska standard-avvikelser låg runt 4, dvs. det förelåg mycket stora variationer mellan halter. Det aritmetiska respektive geometriska medelvärdet för samtliga halter var 11 respektive 4,4 mg/m^3 vilket visar på en betydande snedfördelning och att en högre frekvens av lägre halter kan förväntas. Det påpekades att halter vid spannmålshantering kunde skilja upp till ett par tiopotenser beroende av ”different storage technologies”, det vill säga av hur arbetsmoment utfördes och utformning av utrustning.

Health and Safety Laboratory, Storbritannien har gjort en större studie av hälsoeffekter relaterade till spannmålsdamm (Swan et al., 2007) och då bland annat bestämt dammexponering på 27 gårdar 1990–1993 samt 1997–2003. Man skriver: “mycket höga dammnivåer registrerades, nivåer av 30 mg/m^3 eller högre”. Under den första perioden låg 28 % av halterna över 10 mg/m^3, och då framför allt vid malning av spannmål och under den andra perioden 18 % över 10 mg/m^3. Bland dessa halter ingår dock även lastning/ lossning av spannmål i en hamn. Halterna under den första perioden synes avse totaldamm, och under den andra inhalerbart damm. Den första periodens resultat har

resulterat i ett informationsblad från Health and Safety Executive, UK (HSE, 1997). Här pekas dammiga arbetsmoment ut som skördetröskning, flyttning av spannmål från tröska till vagn, tömning av vagnar, förflyttning av spannmål i spannmålslager, rengöring och rensning av spannmål, malning och blandning av spannmål, förflyttning av malet spannmål och rengöring av spannmålslager. Det anges även uppmätta skifthalter (förmodligen totaldamm): skördetröskning (utan hytt) 18–41 mg/m^3, skördetröskning (hytt med filtrering) 0,2–2,5 mg/m^3, forsling 1–40 mg/m^3, torkning 4-57 mg/m^3 och malning och blandning 0,1–11 mg/m^3.

Det går inte att säga något generellt om ventilation i detta sammanhang med högst varierande lokaler och processer. Som förväntat kan låga dammhalter föreligga när transporter av spannmål utförs i slutna system (Geng et al., 2007). Stiftelsen Lantbruksforskning finansierar ett pågående projekt för studier av arbetsmiljön vid användning av en automatisk ströanläggning (Geng, 2010). Material som transporteras med luft förorenar kraftigt luften varför hänsyn ska tas till vart transportluften tar vägen efter att ha avlevererat materialet (Melbostad et al., 1996).

Referenser

ANONYMOUS (2006) Particle emissions from animal husbandry. *Emission Inventory Guidebook, Doc. No 101001.* Copenhagen, European Environment Agency.

ARBETARSKYDDSSTYRELSEN (1995) Mätningar 1993–1994 av expositionen för organiskt damm. *ASS Rapport 1995:3.* Solna, Arbetarskyddsstyrelsen.

ASS (1994) Organiskt damm i lantbruk. *Arbetarskyddsstyrelsens författningssamling AFS 1994:11.* Solna, Arbetarskyddsstyrelsen (National Board of Occupational Safety and Health).

AV (2005) Hygieniska gränsvärden och åtgärder mot luftföroreningar. *Arbetsmiljöverkets författningssamling AFS 2005:17.* Solna, Arbetsmiljöverket.

BANHAZI, T. M., SEEDORF, J., LAFFRIQUE, M. & RUTLEY, D. L. (2008) Identification of the risk factors for high airborne particle concentrations in broiler buildings using statistical modelling. *Biosystems Engineering,* 101**,** 100-110.

BAUR, J. (2005) Mess- und Probenahmesysteme zur Anwendung in der Landwirtschaft - Ergebnisse von Stallluftmessungen in Baden-Württemberg. *In Luftgetragene biologische Belastungen und Infektionen am Arbeitsplatz (KTBL-Schrift 436).* Darmstadt, Germany, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (KTBL).

BERGIUS, L. (1994) Dammreduktion i svinstall (Akerby Norrgård). *Arbetslivsfondens falllrapport, nr 34.* Stockholm, Arbetslivsfonden.

BROWN, M. A. (1988) NIOH and NIOSH basis for an occupational health standard: Grain dust : health hazards of storing, handling, and shipping grain. *Arbete och hälsa 1988:14.* Solna, Arbetarsmiljöinstitutet.

CAMBRA-LÓPEZ, M., AARNINK, A. J. A., ZHAO, Y., CALVET, S. & TORRES, A. G. (2010) Airborne particulate matter from livestock production systems: A review of an air pollution problem. *Environmental Pollution,* 158**,** 1-17.

CLEMENTS, J. M. & PIRIE, R. S. (2007) Respirable dust concentrations in equine stables. Part 2: The benefits of soaking hay and optimising the environment in a neighbouring stable. *Research in Veterinary Science,* 83**,** 263-268.

COSTA, A. & GUARINO, M. (2009) Definition of yearly emission factor of dust and greenhouse gases through continuous measurements in swine husbandry. *Atmospheric Environment,* 43**,** 1548-1556.

CROOK, B., EASTERBROOK, A. & STAGG, S. (2008) Exposure to dust and bioaerosols in poultry farming. Summary of observations and data. *Health and Safety Executive Research Report 655.* Buxton, UK.

CROOK, B., ROBERTSON, J. F., GLASS, S. A. T., BOTHEROYD, E. M., LACEY, J. & TOPPING, M. D. (1991) Airborne dust, ammonia, microorganisms, and antigens in pig confinement houses and the repiratory health of exposed farm workers. *American Industrial Hygiene Association Journal,* 52**,** 271 - 279.

DONHAM, K., HAGLIND, P., PETERSON, Y., RYLANDER, R. & BELIN, L. (1989) Environmental and health studies of farm workers in Swedish swine confinement buildings. *Br J Ind Med.,* 46**,** 31-37.

DONHAM, K. J., SCALLON, L. J., POPENDORF, W., TREUHAFT, M. W. & ROBERTS, R. C. (1986) Characterization of Dusts Collected from Swine Confinement Buildings. *American Industrial Hygiene Association Journal,* 47**,** 404 - 410.

EDUARD, W., DOUWES, J., OMENAAS, E. & HEEDERIK, D. (2004) Do farming exposures cause or prevent asthma? Results from a study of adult Norwegian farmers. *Thorax,* 59**,** 381-386.

EDUARD, W. & HALSTENSEN, A. S. (2009) Quantitative exposure assessment of organic dust. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health,* Suppl 2009**,** 30–35.

ELFMAN, L., PRINGLE, J. & RIIHIMÄKI, M. (2009a) Hur påverkar inhalerbara partiklar i stallmiljön uppkomsten av luftvägsinflammationer hos människor och hästar? *Slutrapport H0647157.* Stockholm, Stiftelsen Lantbruksforskning

ELFMAN, L., RIIHIMAEKI, M., PRINGLE, J. & WAALINDER, R. (2009b) Influence of horse stable environment on human airways. *J. Occup. Med. Toxicol. (London, U. K.),* 4**,** 7.

ELLEN, H. H., BOTTCHER, R. W., VON WACHENFELT, E. & TAKAI, H. (2000) Dust levels and control methods in poultry houses. *J Agric Saf Health FIELD Full Journal Title:Journal of agricultural safety and health,* 6**,** 275-82.

GENG, Q. (2007) Exponering för farligt damm vid spannmålsskörd. *SLO 947.* Uppsala, JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik.

GENG, Q. (2010) Utvärdering av arbetsmiljö i svinstall med respektive utan automatisk ströanläggning. *pågående projekt nr H0835090.* Stockholm, Stiftelsen för lantbruksforskning (SLF).

GENG, Q., JONSSON, N. & JONSSON, C. (2007) Dammexponering vid hantering av spannmål på gården. *SLO 928.* Uppsala, JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik.

GROOT KOERKAMP, P. W. G., METZ, J. H. M., UENK, G. H., PHILLIPS, V. R., HOLDEN, M. R., SNEATH, R. W., SHORT, J. L., WHITE, R. P. P., HARTUNG, J., SEEDORF, J., SCHRÖDER, M., LINKERT, K. H., PEDERSEN, S., TAKAI, H., JOHNSEN, J. O. & WATHES, C. M. (1998) Concentrations and Emissions of Ammonia in Livestock Buildings in Northern Europe. *Journal of Agricultural Engineering Research,* 70**,** 79-95.

GUSTAFSSON, G. (1995) Damm i svinstallar (Dust in pig houses). *JBT rapport 104.* Alnarp, Institutionen för jordbrukets biosystem och teknologi (JBT), Sveriges lantbruksuniversitet.

GUSTAFSSON, G. (1999) Factors affecting the Release and Concentration of Dust in Pig Houses. *Journal of Agricultural Engineering Research,* 74**,** 379-390.

GUSTAFSSON, G. & MÅRTENSSON, L. (1990) Gaser och damm i fjäderfästallar (Gases and dust in poultry houses). *LBT rapport 68.* Alnarp, Institutionen för lantbrukets byggnadsteknik (LBT), Sveriges lantbruksuniversitet.

GUSTAFSSON, G., NIMMERMARK, S. & NGWABIE, N. M. (2009) Bestämning av effektiviteten hos olika dammbegränsande åtgärder vid uppfödning av slaktsvin. *Slutrapport projekt V0635015.* Stockholm, Stiftelsen Lantbruksforskning (SLF) och Lantbrukets byggnadsteknik (LBT), SLU, Alnarp.

GUSTAFSSON, G. & VON WACHENFELT, E. (2004) Begränsning av luftföroreningar vid inhysning av golvhöns. *JBT 129 Special report.* Alnarp, SLU JBT.

GUSTAFSSON, G. & VON WACHENFELT, E. (2006) Airborne Dust Control Measures for Floor Housing System for Laying Hens. *Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal,* VIII.

HAEUSSERMANN, A., COSTA, A., AERTS, J.-M., HARTUNG, E., JUNGBLUTH, T., GUARINO, M. & BERCKMANS, D. (2008) Development of a Dynamic Model to Predict PM10 Emissions from Swine Houses. *J Environ Qual,* 37**,** 557-564.

HAEUSSERMANN, A., GÖTZ, M. & HARTUNG, E. (2007) Particulate emissions from deep-bedded growing-finishing pigs. *DustConf 2007 – How to improve air quality.* Maastricht, NL.

HALSTENSEN, A. S., NORDBY, K.-C., ELEN, O. & EDUARD, W. (2004) Ochratoxin A in grain dust-estimated exposure and relations to agricultural practices in grain production. *Ann. Agric. Environ. Med.* , 11**,** 245-254.

HALSTENSEN, A. S., NORDBY, K. C., WOUTERS, I. M. & EDUARD, W. (2007) Determinants of Microbial Exposure in Grain Farming. *Ann Occup Hyg,* 51**,** 581-592.

HARTUNG, E., OLLESCH, K., HÄUSSERMANN, A., RIEGER, M. A., DIEFENBACH, H., SUNDRUM, A., EBKE, M. & LOHMEYER, M. (2004) Airborne biological hazards and dust in fattening pig facilities with and without straw. *International Conference on Agricultural Engineering (AgEng).* Leuven, Belgium.

HARTUNG, J. (2005) Luftverunreinigungen in der Nutztierhaltung. *In Luftgetragene biologische Belastungen und Infektionen am Arbeitsplatz (KTBL-Schrift 436).* Darmstadt, Germany, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (KTBL).

HARTUNG, J. & SPINDLER, B. (2008) Beschäftigungsmaterial und Einstreu versus Partikelbelastung. IN (HBLFA), D. H. B.-U. F. R.-G. (Ed.) *Nutztierschutztagung Raumberg-Gumpenstein 2008.* Ennstal, Österrike.

HEBER, A. J., LIM, T.-T., NI, J.-Q., TAO, P.-C., SCHMIDT, A. M., KOZIEL, J. A., HOFF, S. J., JACOBSON, L. D., ZHANG, Y. & BAUGHMAN, G. B. (2006) Quality-assured measurements of animal building emissions: particulate matter concentrations. *Journal of the Air & Waste Management Association,* 56**,** 1642-1648.

HEBER, A. J., STROIK, M., FAUBION, J. M. & L.H., W. (1988a) Size distribution and identification of aerial dust particles in swine finishing buildings. *Transactions of the ASAE,* 31**,** 882-887.

HEBER, A. J., STROIK, M., NELSSEN, L. & NICHOLS, D. A. (1988b) Influence of environmental factors on concentrations and inorganic content of aerial dust in swine finishing buildings. *Transactions of the ASAE,* 31**,** 875-881.

HIEL, D., VON SCHEELE, I., SUNDBLAD, B. M., LARSSON, K. & PALMBERG, L. (2009) Evaluation of respiratory effects related to high-pressure cleaning in a piggery with and without robot pre-cleaning. *Scand J Work Environ Health,* 35**,** 376-83.

HINZ, T. & LINKE, S. (1998) A Comprehensive Experimental Study of Aerial Pollutants in and Emissions from Livestock Buildings. Part 2: Results. *Journal of Agricultural Engineering Research,* 70**,** 119-129.

HSE (1997) Controlling grain dust on farms. *HSE information sheet No 3 (rev.).* Buxton, UK, Health and Safety Executive.

ISO (1995) Air quality - Particle size fraction definitions for health-related sampling. *ISO standard 7708.* Geneva, ISO International Organization for Standardization.

JEPPSSON, K.-H., GUSTAFSSON, G. & SÄLLVIK, K. (2006) ”Frostfria stallar” för lösgående mjölkkor (Semi-insulated freestall housing for dairy cows). *JBT rapport 140.* Alnarp, Jordbrukets biosystem och teknologi (JBT), Sveriges lantbruksuniversitet.

KANGRO, A. (1993) Luftföroreningar i värphönsstallar (Air Contamination in Buildings for Laying Hens). *LBT rapport 88.* Alnarp, Institutionen för lantbrukets byggnadsteknik (LBT), Sveriges lantbruksuniversitet.

LAPPALAINEN, S., NIKULIN, M., BERG, S., PARIKKA, P., HINTIKKA, E.-L. & PASANEN, A.-L. (1996) Fusarium toxins and fungi associated with handling of grain on eight Finnish farms. *Atmospheric Environment,* 30**,** 3059-3065.

LARSSON, B.-M., LARSSON, K., MALMBERG, P., MÅRTENSSON, L. & PALMBERG, L. (1999a) Airway responses in naive subjects to exposure in poultry houses: Comparison between cage rearing system and alternative rearing system for laying hens. *American Journal of Industrial Medicine,* 35**,** 142-149.

LARSSON, B.-M., LARSSON, K., MALMBERG, P. & PALMBERG, L. (2002) Airways inflammation after exposure in a swine confinement building during cleaning procedure. *American Journal of Industrial Medicine,* 41**,** 250-258.

LARSSON, K. (1982) Dammförekomst vid kraftfoderhantering. *JTI-rapport 40.* JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik. Uppsala,

LARSSON, K. (1990) En lantbrukares årliga exponering för damm. *Teknik för lantbruket rapport T 22.* JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik. Uppsala,

LARSSON, K., RODHE, L., JAKOBSSON, K.-G., JOHANSSON, G. & SVENSSON, L. (1999b) Torv som strö i smågrisproduktionen - effekt på miljö och djurhälsa. *JTI-rapport 257.* Uppsala, Jordbrukstekniska institutet (JTI).

LEE, S.-A., ADHIKARI, A., GRINSHPUN, S. A., MCKAY, R., SHUKLA, R. & REPONEN, T. (2006) Personal Exposure to Airborne Dust and Microorganisms in Agricultural Environments. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene,* 3**,** 118 - 130.

LINDAHL, C., GUSTAFSSON, M. & GILBERTSSON, M. (2008) Automatisk ströhantering för slaktsvin. *JTI-rapport 368.* Uppsala, JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik.

LINDBERG, K. & MELIN, B. (1998) Dammexponering i djurstallar *ASS rapport 1988:11.* Arbetarskyddsstyrelsen.

LOHMANN, L. (2005) Ergebnisse von Staubmessungen in verschiedenen Stallungen Nordrein-Westfalens. *In Luftgetragene biologische Belastungen und Infektionen am Arbeitsplatz (KTBL-Schrift 436).* Darmstadt, Germany, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (KTBL).

LUND, V. (2007a) Ammoniak, damm och bakterier i norska hönshus. *Fjäderfä 9:2007.*

LUND, V. (2007b) Luftkvalitet i norske hus for verpehøns. *Husdyrforsøksmøtet 2007.* Lillestrøm, Norge, Universitetet for miljø- og biovitenskap.

MC DONNELL, P. E., COGGINS, M. A., HOGAN, V. J. & FLEMING, G. T. (2008) Exposure assessment of airborne contaminants in the indoor environment of Irish swine farms. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine,* 15**,** 323–326.

MELBOSTAD, E. & EDUARD, W. (2001) Organic dust-related respiratory and eye irritation in Norwegian farmers. *American Journal of Industrial Medicine,* 39**,** 209-217.

MELBOSTAD, E., EDUARD, W., LYNGTVEIT, T. & SAND, K.-A. (1996) *Støv i landbruket (STAMI 1075/96),* Oslo, Norges bondelag.

MONTELIUS, J. (2010) Spannmålsdamm. Nordiska expertgruppen för kriteriedokument. *Arbete och Hälsa 2010:44(2).* Göteborg, Göteborgs universitet.

MÅRTENSSON, L. (1996) Concentrations of dust, endotoxin and organic acids in confined animal buildings. Alnarp, Institutionen för jordbrukets biosystem och teknologi (JBT), Sveriges lantbruksuniversitet.

NIMMERMARK, S. (2005) Förslag till åtgärder för förbättrad luftmiljö i djurstallar. *Slutrapport, projekt H0647157.* Stockholm, Stiftelsen Lantbruksforskning

NIMMERMARK, S. (2009) Teknik, system och hälsa för personer som arbetar med djur (Technology, system and health for persons working with animals.). *Rapport 2009:13.* Alnarp, Lantbrukets byggnadsteknik / Department of Rural Buildings, SLU Alnarp.

NIMMERMARK, S., EDUARD, W., GUSTAFSSON, G. & LUND, V. (2007) Luftkvalitet i norske hus for verpehøns. Trondheim, Veterinærinstituttet, Norge.

PALMBERG, L. (2007) Tvättning av svinstallar utan respektive efter robottvätt - en utvärdering av luftvägspåverkan och ergonomisk belastning. *SLF projekt V0535087.* Stiftelsen för lantbruksforskning (SLF).

PALMBERG, L., LARSSSON, B. M., MALMBERG, P. & LARSSON, K. (2002) Airway responses of healthy farmers and nonfarmers to exposure in a swine confinement building. *Scand J Work Environ Health,* 28**,** 256-63.

PEARSON, C. C. & SHARPLES, T. J. (1995) Airborne Dust Concentrations in Livestock Buildings and the Effect of Feed. *Journal of Agricultural Engineering Research,* 60**,** 145-154.

PEDERSEN, S. (2005) Maßnahmen zur Minderung der Partikelbelastung in Ställen. *In Luftgetragene biologische Belastungen und Infektionen am Arbeitsplatz (KTBL-Schrift 436).* Darmstadt, Germany, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (KTBL).

PEDERSEN, S. & PEDERSEN, C. B. (1995) Animal Activity Measured by Infrared Detectors. *Journal of Agricultural Engineering Research,* 61**,** 239-246.

PRATT, S. E., LAWRENCE, L. M., BARNES, T., POWELL, D. & WARREN, L. K. (2000) Measurement of ammonia concentrations in horse stalls. *Journal of Equine Veterinary Science,* 20**,** 197-200.

PRELLER, L., KROMHOUT, H. & TIELEN, M. J. (1995) Modeling long-term average exposure in occupational exposure-response analysis. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health,* 21**,** 504-12.

RADON, K., DANUSER, B., IVERSEN, M., MONSO, E., WEBER, C., HARTUNG, J., DONHAM, K. J., PALMGREN, U. & NOWAK, D. (2002) Air contaminants in different European farming environments. *Ann. Agric. Environ. Med. FIELD Full Journal Title:Annals of Agricultural and Environmental Medicine,* 9**,** 41-48.

RADON, K., WEBER, C., IVERSEN, M., DANUSER, B., PEDERSEN, S. & NOWAK, D. (2001) Exposure assessment and lung function in pig and poultry farmers. *Occupational and Environmental Medicine,* 58**,** 405-410.

REDWINE, J. S., LACEY, R. E., MUKHTAR, S. & CAREY, J. B. (1988) Concentration and emissions of ammonia and particulate matter in tunnel–ventilated broiler houses under summer conditions in Texas. *Transactions of the ASAE,* 31**,** 875-881.

REDWINE, J. S., LACEY, R. E., MUKHTAR, S. & CAREY, J. B. (2002) Concentration and emissions of ammonia and particulate matter in tunnel–ventilated broiler houses under summer conditions in Texas. *Transactions of the ASABE,* 45**,** 1101-1109.

RIEDEL, E. (2005) Organisation und Arbeitsplatzanalyse - Staubmessungen in landwirtschaftliche Betrieben bei der LBG Baden-Württemberg. *In Luftgetragene biologische Belastungen und Infektionen am Arbeitsplatz (KTBL-Schrift 436).* Darmstadt, Germany, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (KTBL).

RIIHIMAEKI, M., RAINE, A., ELFMAN, L. & PRINGLE, J. (2008) Markers of respiratory inflammation in horses in relation to seasonal changes in air quality in a conventional racing stable. *Can. J. Vet. Res. FIELD Full Journal Title:Canadian Journal of Veterinary Research,* 72**,** 432-439.

SALEH, M., SEEDORF, J. & HARTUNG, J. (2007) Inhalable and Respirable Dust, Bacteria and Endotoxins in the Air of Poultry Houses.

SBV (1998) Kompendium für die Arbeitsmedizin in der Land- und Forstwirtschaft. Wien, Sozialversicherungsanstalt der Bauern Österreich.

SEEDORF, J. (2004) An emission inventory of livestock-related bioaerosols for Lower Saxony, Germany. *Atmospheric Environment,* 38**,** 6565-6581.

SEEDORF, J., HARTUNG, J., SCHRÖDER, M., LINKERT, K. H., PHILLIPS, V. R., HOLDEN, M. R., SNEATH, R. W., SHORT, J. L., WHITE, R. P., PEDERSEN, S., TAKAI, H., JOHNSEN, J. O., METZ, J. H. M., GROOT KOERKAMP, P. W. G., UENK, G. H. & WATHES, C. M. (1998) Concentrations and Emissions of Airborne Endotoxins and Microorganisms in Livestock Buildings in Northern Europe. *Journal of Agricultural Engineering Research,* 70**,** 97-109.

SEEDORF, J., SCHRÖDER, M., KÖHLER, L. & HARTUNG, J. (2007) Suitability of biocompost as a bedding material for stabled horses: respiratory hygiene and management practicalities. *Equine Veterinary Journal,* 39**,** 129-135.

SLF (2006) FoU-program för en god arbetsmiljö inom jordbruket. Stockholm, Stiftelsen för lantbruksforskning (SLF).

SPAAN, S., WOUTERS, I. M., OOSTING, I., DOEKES, G. & HEEDERIK, D. (2006) Exposure to inhalable dust and endotoxins in agricultural industries. *J. Environ. Monit. FIELD Full Journal Title:Journal of Environmental Monitoring,* 8**,** 63-72.

SUNDBLAD, B. M., SAHLANDER, K., EK, A., KUMLIN, M., OLSSON, M., LARSSON, K. & PALMBERG, L. (2006) Effect of respirators equipped with particle or particle-and-gas filters during exposure in a pig confinement building. *Scand J Work Environ Health,* 32**,** 145-53.

SUVA (1999) Staub in der Landwirtschaft. *Schlussbericht MMP 1.7.* Luzern, SUVA - Schweizerische Unvallsversicherungsanstalt.

SWAN, J. R. M., BLAINEY, D. & CROOK, B. (2007) The HSE Grain Dust Study - workers' exposure to grain dust contaminants, immunological and clinical response. *HSE Books Research Report 540.* Buxton, UK, Health and Safety Executive.

TAKAI, H., PEDERSEN, S., JOHNSEN, J. O., METZ, J. H. M., GROOT KOERKAMP, P. W. G., UENK, G. H., PHILLIPS, V. R., HOLDEN, M. R., SNEATH, R. W., SHORT, J. L., WHITE, R. P., HARTUNG, J., SEEDORF, J., SCHRÖDER, M., LINKERT, K. H. & WATHES, C. M. (1998) Concentrations and Emissions of Airborne Dust in Livestock Buildings in Northern Europe. *Journal of Agricultural Engineering Research,* 70**,** 59-77.

WHYTE, R. T. (2002) Occupational exposure of poultry stockmen in current barn systems for egg production in the United Kingdom. *British Poultry Science,* 43**,** 364 - 373.

VON WACHENFELT, H. & GUSTAFSSON, G. (2001) Förenklade metoder för utvärdering av luftmiljön i svinstallar. IN REPORT, J. S. (Ed.) Alnarp, SLU JBT.

VON WACHENFELT, H., ODÉN, K. & GUNNARSSON, S. (2002) Värphöns i lågbeläggningssystem (Laying hens in low density floor systems). IN REPORT, J. S. (Ed.) *Specialmedelande.* Alnarp, SLU JBT.

ZUCKER, B. A. & MÜLLER, W. (1998) Concentrations of airborne endotoxin in cow and calf stables. *Journal of Aerosol Science,* 29**,** 217-221.

.

Bilaga A

Haltuppgifter

Partikelstorleksanknytna	Tabell 1
Höns	Tabell 2a och 2b
Svin	Tabell 3a och 3b
Nötboskap och häst	Tabell 4a och 4b
Spannmål samt halm och hö	Tabell 5a och 5b

I tabellerna används följande beteckningar för dammhalter:

- C_{inh} – halt inhalerbart damm
- C_{tot} – halt totaldamm
- PM_{10} – halt PM_{10}
- C_{resp} – halt respirabelt damm

Process	C_{resp}/C_{inh}	C_{resp}/C_{tot}	C_{tot}/C_{inh}	anm. (svenska uppgifter om inte annat anges)	referens
Djurhållning i allmänhet		<15 % *)		*) ”fine mode”/C_{tot} (OBS ”fine mode är en finare fraktion än C_{resp}); västerländskt lantbruk	(Cambra-López et al., 2010)
Svin, höns, boskap	5-15 %			Tyskland	(Seedorf, 2004)
Svin, höns, hö	5-10 %			Schweiz	(SUVA, 1999)
Svin o broiler Svin	5-15 %			massmedian 11-17 µm, broiler > gris, Västeuropa västerländskt lantbruk	(Cambra-López et al., 2010)
Svin o höns				massa 10 µm partiklar en tiopotens större än massa av 1µm partiklar, USA	(Lee et al., 2006)
Svin		40 % #)		#) PM_{10}/”Gesamtstaub” ; Danmark	(Pedersen, 2005)
Slaktsvin		13 %			(Gustafsson et al., 2009)
Svin	7-8 %				(Sundblad et al., 2006)
Svin	10 %			Nordvästeuropa	(Takai et al., 1998)
Slaktsvin			52 %,		(Lindberg and Melin, 1998)
Svin		15-20 %		massmedian runt 20 µm	(Gustafsson, 1995)
Svin				masstopp för partiklar åtminstone större än 5 µm (optiskt)	
Svin		8 %			(Donham et al., 1989)
Svin	40 %			högtrycksrengöring svinstall	(Hiel et al., 2009)
Slaktsvin		4 %		beräknad andel, massmedian 19 µm, USA	(Heber et al., 1988a)
Svin				massmedian 10 µm enligt impaktor massmedian 50 µm enligt beräkning från mikroskopdata	(Donham et al., 1986)
Värphöns	2 % ¤)	29 % &)		¤) $PM_{2,5}$/ C_{tot}; &) PM10/ C_{tot}, USA	(Heber et al., 2006)
Höns	drygt 10 %			Nordvästeuropa	(Takai et al., 1998)
Höns, löshöns	<14 %			Tyskland	(Riedel, 2005)
Burhöns Löshöns Broiler			50 % 70 % 36 %		(Lindberg and Melin, 1998)

Process	C_{resp}/C_{inh}	C_{resp}/C_{tot}	C_{tot}/C_{inh}	anm. (svenska uppgifter om inte annat anges)	referens
Höns Höns		3 / 20 % 50 / 70 %		sommar/vinter, Sverige, sommar/vinter, USA	(Kangro, 1993)
Värphöns		ett par % drygt 10 %		Sommar vinter massmedian runt 16 µm	(Gustafsson and Mårtensson, 1990)
Broiler	6 %§)			§) PM_{10}/ C_{inh}, massmedian 24-27 µm, USA	(Redwine et al., 1988)
Kostallar			22 %		(Lindberg and Melin, 1998)
Boskap	17 %			västerländskt lantbruk	(Cambra-López et al., 2010)
Boskap	14 %			Tyskland	(Baur, 2005)
Boskap	20 %			Nordvästeuropa	(Takai et al., 1998)
Häststall		~ 40 %		C_{resp} personburet och C_{tot} stationärt	(Riihimaeki et al., 2008)
Häststall		knappt 50 %		C_{resp} person-/hästburet och C_{tot} stationärt	(Elfman et al., 2009)
Säd		drygt 10 %		storskalig hantering, Nordamerika	(Brown, 1988)
Majs o soja				massa 10 µm partiklar ett par tiopotenser större än massa av 1µm partiklar, USA	(Lee et al., 2006)
”Indikation”	runt 10 %	runt 20 %	runt 50 %	kanske massmedian partikelstorlek runt 15-20 µm	

Tabell 1. Uppgifter med koppling till partiklars storleksfördelning. Uppgifter avser svenska betingelser när inte annat anges. Underlag för tabellen redovisas i Bilaga B.

Typ	C_{resp} mg/m^3	C_{tot} mg/m^3	C_{inh} mg/m^3	anm. (svenska uppgifter om inte annat anges)	referens
Värphöns		7-18 1,3 1,1		Golvsystem våningssystem stationärt, Norge inredda burar	(Lund, 2007a, Nimmermark et al., 2007)
Värphöns (golv)		1,7-2,6 4,7		forskningsstall, stationärt forskningsstall, stationärt, grus som strö	(Gustafsson and von Wachenfelt, 2004)
Värphöns	0,5	3-3,5		stationärt, sammanställning från Sverige, Norge, Italien Schweiz, Tyskland, USA; ströbädd flera gånger högre	(Kangro, 1993)
Höns		2,7	4,5	personburet, 13 hönsgårdar	(Lindberg and Melin, 1998)
Värphöns		2		personburet, annars som ovan	(Kangro, 1993)
Höns		5		personburet, 28 mätningar Norge	(Melbostad and Eduard, 2001)
Fjäderfä			4 20-30 o mer	rutinarbete, 60 stallar, personburet, Storbritannien ”worst case”, 60 stallar, personburet, Storbritannien	(Crook et al., 2008)
Broiler	0,84 (,3-1,8)		4,3 (2,3-8,6)	stationärt, 17 stallar, Australien	(Banhazi et al., 2008)
Värphöns	0,34 (,01-1,3) 0,24 (,01-,99) 1,7(,02-4,4)		1,2(0,24-2,3) 1,5(,44-3,5) 3,7(1,3-9,5)	konventionella burar inredda burar Tyskland flernivåsystem	(Saleh et al., 2007)
Värphöns Broiler Höns, frigående			9,5 4,2 3,6	2 stallar 2 stallar personburet, Nederländerna 5 stallar	(Spaan et al., 2006)
Höns			2,2 3,3-12 9-11	Burar golv personburet/stationärt?, Nordrhein-Westfalen våning	(Lohmann, 2005)
Värphöns	0,3-0,6 PM_{10}	1-2		$PM_{2,5}$ 0,03 mg/m^3, frånluft, dubbelt så höga halter dag som natt, USA	(Heber et al., 2006)
Fjäderfä			7 (0,4-22)	personburet, 30 min, Schweiz, 36 mätningar, skriver ”total dust” men avser förmodligen inhalerbart damm	(Radon et al., 2001)
Värphöns Broiler	0,47 0,70		9 10	personburet/stationärt?, 9 stall Schweiz personburet/stationärt?, 4 stall Schweiz	(SUVA, 1999)
Broiler			7-11	stationärt, Texas	(Redwine et al., 1988)

.

Broiler			1-14	stationärt, 1 stall – 36 mån, Tyskland	(Hinz and Linke, 1998)
Fjäderfä	0,45		3,6	stationärt, Nordvästeuropa, 162 mätningar	(Takai et al., 1998)
Kalkon		1,3-7,5		Nordeuropa	(Cambra-López et al., 2010)
”Indikation”	runt 0,5	runt 2,5	runt 5		

Tabell 2a. Sammanställning dammhalter i hönsstall. Uppgifter avser svenska betingelser när inte annat anges.

Typ	endotoxiner /m^3	bakterier 10^6 CFU/m^3	svampsporer 10^3 CFU/m^3	anm. (svenska uppgifter om inte annat anges)	referens
Höns	34 EU 32 EU			inh, personburet, 8 hönsgårdar tot, personburet, 13 hönsgårdar	(Lindberg and Melin, 1998)
Värphöns	20-80(900) ng	0,3-5		stationärt, sammanställning från Sverige, Norge, Italien Schweiz, Tyskland, USA	(Kangro, 1993)
Höns		[88] [28] [14]		golvsystem våningssystem stationärt, Norge inredda burar	(Lund, 2007a, Nimmermark et al., 2007)
Höns	4 200 EU	[48]	[300]	total, personburet, 28 mätningar, Norge,	(Melbostad and Eduard, 2001)
Fjäderfä	1 200 EU	20	20	personburet, 60 stallar, Storbritannien	(Crook et al., 2008)
Värphöns	373 EU			Burhöns ”furnished cage” stationärt, forskningsstall, Tyskland ”aviary”	(Saleh et al., 2007)
Värphöns	865 EU				
Värphöns	1 992 EU				
Broiler		0,5 (0,3-0,9)			?
Värphöns Broiler Höns, frigående	2 100 EU 880 EU 2 100 EU			inh, personburet, 2 stallar inh, personburet, 2 stallar Nederländerna personburet, 5 stallar	(Spaan et al., 2006)
Höns	3 600 EU	4,9	30	personburet/stationärt?, Nordrhein-Westfalen	(Lohmann, 2005)
Broiler Värphöns	150 ng 15 ng			allmänt	(Hartung, 2005)
Fjäderfä	260 ng	[4 700]	[20 000]	personburet, 30 min, Schweiz, 36 mätningar	(Radon et al., 2001)
Värphöns Broiler		2,2 5,3	5,5 230	personburet/stationärt?, 9 stall, Schweiz personburet/stationärt?, 4 stall, Schweiz	(SUVA, 1999)
Broiler	150 ng	3/30		stationärt, 1 stall, sommar/vinter– 36 mån, Tyskland	(Hinz and Linke, 1998)
Höns	820 ng	3,6	10	stationärt, Nordvästeuropa, 64 mätningar	(Seedorf et al., 1998)

Tabell 2b. Sammanställning halter av endotoxiner samt koloniformande bakterier och svampsporer i hönsstallar. När totalantal bakterier och sporer avses omsluts värdet med hakparentes, [00]. Uppgifter avser svenska betingelser när inte annat anges.

Typ	C_{resp} mg/m³	C_{tot} mg/m³	C_{inh} mg/m³	anm. (svenska uppgifter om inte annat anges)	referens
Slaktsvin	~0,1	0,5-1,5		forskningsstall, även parameterstudie	(Gustafsson et al., 2009)
Rengöring stall Rengöring stall	0,7(0,5-1,1) 0,6(0,5-0,8)		1,9(1,4-2,6) 1,4	Stationärt stationärt, efter robottvättning	(Palmberg, 2007, Hiel et al., 2009)
Vägning	0,4-0,5		6-9	stationärt	(Sundblad et al., 2006)
Rengöring stall	0,51-0,63		0,74-1,6	stationärt, under arbetsmoment	(Larsson et al., 2002)
Vägning		16,4-23,2		personburet	(Palmberg et al., 2002)
Slaktsvin Slaktsvin Suggor Slaktsvin Svinstallar		1,1/2,3 4,5 3,5 2,1 1,3-6,3		sommar/vinter stationärt, 18 stallar stationärt/personburet?, ett tiotal stallar (Donham, 1986) stationärt/personburet?, ett tiotal stallar (Donham, 1986) stationärt/personburet?, 44 danska stallar (Baekbo 1990) stationärt/personburet? (Gustafsson 1988)	(von Wachenfelt and Gustafsson, 2001)
Slaktsvin	0,05-0,2	1-2		stationärt, forskningsstall	(Gustafsson, 1999)
Grisning		0,6-2,9		stationärt, torv som strö	(Larsson et al., 1999b)
Slaktsvin		1,6-10		2 stall, personburet	(Lindberg and Melin, 1998)
Slaktsvin	0,48 0,4	2,2 2,1		troligen stationär, 22 stallar i Norrland vintertid forskningsstallar	(Gustafsson, 1995)
Slaktsvin		1-2		troligen totaldamm stationärt, enstaka stall, vatten+olja	(Bergius, 1994)
Svin		2-35		exponering vid utfodring, skötsel och vägning	(Larsson, 1990)
Svin	0,34	6,8		20 stallar	(Donham et al., 1989)
Svin		2,5		personburet, flera tiotal mätningar, Norge	(Eduard et al., 2004)
Svin		3,1		personburet, 30 mätningar, Norge	(Melbostad and Eduard, 2001)
Svin	0,06-0,19		1,1-4,7	Irland, 5 stall, personburet	(Mc Donnell et al., 2008)
Svin			1-8	bred översikt, västerländskt jordbruk	(Hartung and Spindler, 2008)
Svin			2,6	personburet, Nederländerna, 6 mätningar	(Spaan et al., 2006)
Svin			1,3-5,2	Tyskland	(Lohmann, 2005)
Svin		3		Danmark, 31 stall, C_{tot} / C_{inh} ?, stationärt/personburet?	(Pedersen, 2005)
Svin			4-5	personburet, 140 stall, Danmark, Tyskland, skriver PM10 och total	(Radon et al., 2002)
Slaktsvin		0,4-1,1		frånluft, 2 stall, halter dag dubbelt så höga som halter natt	(Heber et al., 2006)
Svin			4 (1,1-14)	personburet, 40 stall, Danmark	(Radon et al., 2001)
Svin			2,0-3,5	personburet/stationärt?, Schweiz, 13 stall	(SUVA, 1999)
Slaktsvin			1-5	stationärt, 1 stall – 36 mån, Tyskland	(Hinz and Linke, 1998)
Svin	0,23		1,9-2,8	stationärt, Nordvästeuropa, 256 mätningar	(Takai et al., 1998)
”Indikation”	0,2	2	3,5		

Tabell 3a. Sammanställning av dammhalter i svinstall. Uppgifter avser svenska betingelser när inte annat anges.

Typ	Endotoxiner /m^3	bakterier 10^6 CFU/m^3	svamp-sporer 10^3 CFU/m^3	anm. (svenska uppgifter om inte annat anges)	referens
Rengöring stall	220–570 ng 20–100 ng			inh., personburet resp., personburet	(Palmberg, 2007, Hiel et al., 2009)
Vägning	7–220/ 8–23 ng			inhalerbart /respirabelt, stationärt	(Sundblad et al., 2006)
Vägning	800–1 900 ng			total, personburet	(Palmberg et al., 2002)
Rengöring stall	80 / 25 ng			inhalerbart /respirabelt, stationärt	(Larsson et al., 2002)
Slaktsvin	38 000 EU (1 000–240 000)	2,0 (0,01–17)	30 (0–700)	stationärt/personburet?, 44 danska stallar (Baekbo 1990)	(von Wachenfelt and Gustafsson, 2001)
Svin	74 000 EU	[16]	[3 400]	total, personburet, flera tiotal mätningar, Norge	(Eduard et al., 2004)
Svin	23 000 EU	[15]	[200]	total, personburet, 30 mätningar, Norge	(Melbostad and Eduard, 2001)
Svin	240 (20–1 100)	0,4 (0,2-0,6)	20 (1–300)	20 stall	(Donham et al., 1989)
Svin	<660/<166 EU			inh./resp., personburet, 5 stall, Irland,	(Mc Donnell et al., 2008)
Svin	1 500 EU			personburet, Nederländerna, 6 mätningar	(Spaan et al., 2006)
Svin		0,35–2,0		svin allmänt	(Hartung, 2005)
Svin Suggor	450–8 200 EU 190–2 400 EU	0,2–50 0,5	2–50 0-2	allmänt, Tyskland	(Lohmann, 2005)
Svin	58 ng 76 ng	5,8	400	inh., Danmark, 40 stall, personburet, inh., Tyskland, 100 stall, personburet,	(Radon et al., 2002)
Svin		[420]	[8 700]	inh., Danmark, 40 stall, personburet,	(Radon et al., 2001)
Svin		0,9(0,4–2,4)	20	personburet/stationärt?, Schweiz, 13 stall	(SUVA, 1999)
Svin	142 ng	0,12	50	stationärt, 110 mätningar, Nordvästeuropa	(Seedorf et al., 1998)
Svin	80 /110 ng			sommar/vinter, personburet, inhalerbart, 200 grisfarmare, 8 h/dag, Holland	(Preller et al., 1995)

Tabell 3b. Sammanställning halter av endotoxiner samt koloniformande bakterier och svampsporer i svinstallar. När totalantal bakterier och sporer avses omsluts värdet med hakparentes, [00]. Uppgifter avser svenska betingelser när inte annat anges.

Typ	C_{resp} mg/m³	C_{tot} mg/m³	C_{inh} mg/m³	anm. (svenska uppgifter om inte annat anges)	referens
Häst		0,8–1,1		stationärt, 1 stall, varav organiskt 0,4-0,8 mg/m³	(Elfman et al., 2009b)
Häst	0,3–0,5			personburet, 1 stall	
Häst	0,04–0,4	0,1–0,8		stationärt , 1 stall personburet, 1 stall, skriver C_{inh} men menar C_{resp}	(Elfman et al., 2009a)
Häst		0,7–1,3		stationärt , 1 stall	(Riihimaeki et al., 2008)
Häst	0,2–0,54			personburet, 1 stall	
Mjölkkor	<0,3	<0,3		stationärt, 5 lösdriftsstallar	(Jeppsson et al., 2006)
Mjölkkor o ungdjur		0,3–4	1–14	personburet	(Lindberg and Melin, 1998)
Mjölkkor		<1		troligen stationärt	(Cambra-López et al., 2010)
Nötboskap	0,1	0,6	0,6	C_{inh} eller C_{tot}?, Tyskland	(Hartung and Spindler, 2008)
Mjölkkor			0,4–2,3	personburet, 8 stall, Nederländerna	(Spaan et al., 2006)
Mjölk- och biffkor			0,7–2,7	personburet, 4 stall, Nederländerna	
Nötboskap	0,07(0–0,19)		0,51(0,13-1,6)	personburet, 39 stallar, Tyskland	(Baur, 2005)
Nötboskap		2,1		personburet, Norge	(Eduard et al., 2004)
Nötboskap		1,2		personburet, 35 mätningar, Norge	(Melbostad and Eduard, 2001)
Nötboskap	0,07		0,38	stationärt, 230 stallar, Västeuropa	(Takai et al., 1998)
Biffdjur			0,21–1,0	stationärt, Tyskland	
Kalvar			0,15–0,55	stationärt, Tyskland	
Häst		upp till 2,4	upp till 2,4	C_{inh} eller C_{tot}?, Tyskland	(Hartung and Spindler, 2008)
Häst	0,04–0,05		0,3–0,5	1 stall, Tyskland	(Seedorf et al., 2007)
Häst	0,02–0,1			stationärt, 1 stall, Storbritannien	(Clements and Pirie, 2007)
Får och get		1,4		personburet, 30 mätningar, Norge	(Melbostad and Eduard, 2001)
”Indikation”	runt 0,1	0,5–1	drygt 0,5		

Tabell 4a. Sammanställning dammhalter vid nötkreaturhållning samt av hästar. Uppgifter avser svenska betingelser när inte annat anges.

Typ	Endotoxiner /m^3	bakterier 10^6 CFU/m^3	svamp-sporer 10^3 CFU/m^3	anm. (svenska uppgifter om inte annat anges)	referens
Häst	5–100 ng	[2–5]	[1200–1500]	stationärt, 1 stall, endotoxiner ~5 ggr högre endotoxin vid stängda stalldörrar, 1,3- β-glucan 20-30 ng/m^3, hästallergen 10000-90000 U/m^3	(Elfman et al., 2009b)
Häst	130 EU (85–270)	0,09(,003–7) [0,7]	9 (3–400) [290]	stationärt , 1 stall	(Elfman et al., 2009a)
Häst	2–16 ng			stationärt , 1 stall 1,3- β-glucan 20-120 ng/m	(Riihimaeki et al., 2008)
Mjölkkor Mjölk- och biffkor	560 EU (60–2 200) 1 600 EU (440–3 900)			inh, personburet, 8 stall, Nederländerna inh, personburet, 4 stall, Nederländerna	(Spaan et al., 2006)
Nötboskap		0,06-0,2		allmänt, Tyskland	(Hartung, 2005)
Nötboskap	495EU (6-6000)		3 (1–22)	personburet, 39 stallar, Tyskland	(Baur, 2005)
Nötboskap	46 000 EU	[11]	[2 800]	total, personburet, även döda bakterier o sporer, flera tiotal mätningar, Norge	(Eduard et al., 2004)
Nötboskap	2 200 EU	[2,8]	[40]	personburet, 35 mätningar, Norge	(Melbostad and Eduard, 2001)
Nötboskap	21 ng	0,02	6	stationärt Nordvästeuropa, 67 mätningar	(Seedorf et al., 1998)
Kalvar Kor	130 EU (44–260) 170 EU (36–760)	0,097 (,022-,7) 0,031 (,02-,13)		2 stall Tyskland 3 stall	(Zucker and Müller, 1998)
Häst		0,01–0,1		1 stall, Tyskland	(Seedorf et al., 2007)
Får och get	4 900 EU	[3,6]	[200]	totaldamm, personburet, 30 mätningar, Norge	(Melbostad and Eduard, 2001)

Tabell 4b. Sammanställning halter av endotoxiner samt koloniformande bakterier och svampsporer i nötkreaturhållning samt av hästar.
När totalantal bakterier och sporer avses omsluts värdet med hakparentes, [00]. Uppgifter avser svenska betingelser när inte annat anges.

Typ	C_{resp} mg/m³	C_{tot} mg/m³	C_{inh} mg/m³	anm. (svenska uppgifter om inte annat anges)		referens
Spannmålsficka Spannmål tömning Spannmål tömning Spannmål	0,5	330 9,3 3-8 20-25		stationärt vid kant stationärt personburet, DataRAM, 1h personburet, DataRAM; enskilda, kortvariga arb.moment		(Geng et al., 2007)
Skördetröskning		några		personburet, DataRAM, enstaka korta toppar 10-50		(Geng, 2007)
Tippning, tröskning		5,5 0,1-7	9,7 0,4-12	Personburet stationärt, olika moment		(Arbetarskyddsstyrelsen, 1995)
Utfodring		6		stationärt		(Larsson, 1982)
Skörd Lagring			13-43 4-70	personburet, 5 gårdar, Storbritannien		(Swan et al., 2007)
Skördetröskning			0,3-1,2	Nederländerna		(Spaan et al., 2006)
Skörd Lagring Tömning			1,2 (0,2-15) 5,9 (1,1-32) 7,5 (1-110)	personburet, Norge, 88 gårdar		(Halstensen et al., 2004)
Spannmål Hö&halm		5,1 2,4		personburet, 23 mätningar, Norge personburet, 36 mätningar, Norge		(Melbostad and Eduard, 2001)
Ta in hö Lasta ut hö	0,32 2,4		5,5 30	under 4 h/dag, 6 mätningar under 15 min/dag, 13 mätningar	personburet/stationärt?, Schweiz	(SUVA, 1999)
skördetröskning		20-60	20-60	C_{inh} eller C_{tot}?		(SBV, 1998)
Skördetröskning Lagring (grain carting) Torkning malning&blandning		18-41 1-40 4-57 0,1-11	18-41 1-40 4-57 0,1-11	C_{inh} eller C_{tot}?, halter vid olika processer enligt infomationsblad, Health and Safety Executive, Storbritannien		(HSE, 1997)
Torkning Malning Utfodring		1,1 (0,04-1,7) 16 (0,9-81) 1,4 (0,5-3,4)		stationärt, totaldamm (HighVolume), 8 gårdar, Finland		(Lappalainen et al., 1996)
”Indikation”	runt 0,5	5-10	10-15			

Tabell 5a. Sammanställning dammhalter vid hantering av spannmål samt halm och hö. Uppgifter avser svenska betingelser när inte annat anges.

Typ	endotoxin /m^3	bakterier 10^6 CFU/m^3	svamp-sporer 10^3 CFU/m^3	anm. (svenska uppgifter om inte annat anges)	referens
Skördetröskning och hantering	5 900 EU	[4]	[4 000]	personburet, 92 gårdar, Norge; $2 \cdot 10^5$/m^3 actinomycetes, 120 mg/m^3 β-(1/3)-glucans och $5 \cdot 10^5$ AU/m^3 svamphyfer	(Halstensen et al., 2007)
Skördetröskning och hantering	1 000 EU (0-40 000)	0,1 (,001-160)	50 (0,4-29 000)	inh., personburet, 17 gårdar, Storbritannien	(Swan et al., 2007)
Skördetröskning	2 100 EU			inh., personburet, 3 gårdar, Nederländerna	(Spaan et al., 2006)
Skördetröskning Hantering				ochratoxin 4 pg/m^3, personburet, Norge, 40-tal gårdar ochratoxin 40 pg/m^3, personburet, Norge, 40-tal gårdar	(Halstensen et al., 2004)
Spannmål hö & halm	28 000 EU 14 000 EU	[5,1] [2,4]	[2 000] [1 600]	total, personburet, 23 mätningar, Norge total, personburet, 36 mätningar, Norge	(Melbostad and Eduard, 2001)
Höhantering		0,14 (0,01-0,6)	300 (10-600)	personburet/stationärt?, 19 mätningar, Schweiz	(SUVA, 1999)
Torkning Malning Utfodring			21 (1,2-150) 133 (5-1 100) 190 (9-5 200)	stationärt, totaldamm (HighVolume), 8 gårdar, Finland	(Lappalainen et al., 1996)

Tabell 5b. Sammanställning halter av endotoxiner samt koloniformande bakterier och svampsporer vid hantering av spannmål samt halm och hö. När totalantal bakterier och sporer avses omsluts värdet med hakparentes, [00]. Uppgifter avser svenska betingelser när inte annat anges.

Bilaga B

Partikelstorleksanknutna uppgifter

Airborne particulate matter from livestock production systems (Cambra-López et al., 2010)

- "coarse PM of TSP exceeds 85 % for most livestock species"
- Cresp/Cinh: svin 4-14 %, boskap 17 %
- ofta massmedian för svin och fjäderfä 11-17 µm och för broilers "även högre"
- halter för broiler > halter för svin

Damm i svinstallar (Gustafsson, 1995)

- en analys av redovisade mängder sedimenterat damm jämfört med totaldammhalter och ventilationsflöden ger en sedimentationshastighet motsvarande partiklar med en aerodynamisk storlek av knappt 20 µm
- en analys av uppmätta totaldammhalters beroende av luftflöde pekar mot en partikelstorlek av drygt 20 µm
- från redovisade halter beräknar jag Cresp/Ctot till 15-20 %
- partikelräknardata visar att dammhaltens masstopp för partikelstorlek ligger över 5 µm, men inte hur mycket högre

Staubmessungen in landwirtschaftliche Betrieben bei der LBG Baden-Württemberg (Riedel, 2005)

- från ett exempel med löshöns beräknar jag Cresp/Cinh = 14 %, halterna ser ut att ha bestämts med ett ljusspridningsinstrument, varför den egentliga kvoten torde vara lägre

Ergebnisse von Stalluftmessungen in Baden-Württemberg (Baur, 2005)

- exponeringar med nötboskap
- från redovisade halter beräknar jag Cresp/Cinh till 14 %

Maßnahmen zur Minderung der Partikelbelastung in Ställen (Pedersen, 2005)

- höns PM10/"Gesamtstaub" ~45 %

An emission inventory of livestock-related bioaerosols for Lower Saxony, Germany (Seedorf, 2004)

- stationära halter för boskap, svin, höns
- från redovisade halter beräknar jag Cresp/Cinh till 5-15 %

Staub in der Landwirtschaft (SUVA, 1999)

- svin, höns och hö; stationärt och exponeringar
- från redovisade halter beräknar jag Cresp/Cinh till 5-10 %
- inga uppenbara skillnader mellan svin, höns och hö

Concentrations and Emissions of Airborne Dust in Livestock Buildings in Northern Europe (Takai et al., 1998)

- från redovisade halter beräknar jag Cresp/Cinh till 20 % för boskap, knappt 10 % för svin och drygt 10 % för höns

Dammexponering i djurstallar (Lindberg and Melin, 1998)

- anger Ctot/Cinh: burhöns 50 %, löshöns 70 %, slaktkycklingar 36 %, slaktsvin 52 %, kostallar 22 %

Health hazards of storing, handling, and shipping grain (Brown, 1988)

- exponeringar, storskalig hantering
- från redovisade halter beräknar jag Cresp/Ctot till drygt 10 %

Bestämning av effektiviteten hos olika dammbegränsande åtgärder vid uppfödning av slaktsvin (Gustafsson et al., 2009)

- från redovisade halter beräknar jag Cresp/Ctot till 13 %

Evaluation of respiratory effects related to high-pressure cleaning in a piggery with and without robot pre-cleaning (Hiel et al., 2009)

- enstaka arbetsmoment, exponeringsmätningar
- från redovisade halter beräknar jag C_{resp}/C_{tot} till 40 %

Exposure assessment of airborne contaminants in the indoor environment of Irish swine farms (Mc Donnell et al., 2008)

- exponeringar
- från redovisade halter beräknar jag Cresp/Cinh till 4-7 %

Effect of respirators equipped with particle or particle-and-gas filters during exposure in a pig confinement building (Sundblad et al., 2006)

- exponering vid vägning av grisar
- från redovisade halter beräknar jag C_{resp}/C_{inh} till 7-8 %

Luftföroreningar i värphönsstallar (Kangro, 1993)

- från redovisade halter beräknar jag Cresp/Ctot höns Sverige, sommar 3 %, vinter 20 %; USA sommar 50 %, vinter 70 %.

Gaser och damm i fjäderfästallar (Gustafsson and Mårtensson, 1990)

- värphöns, från halter beräknar jag Cresp/Ctot ett par % sommar och drygt 10 % vinter
- anger en sedimentationshastighet av 29 m/h vilket motsvarar partiklar med aerodynamisk diameter av 16 µm.
- Vid utlastning blir totaldammhalter mycket höga och en analys av mätresultat med partikelräknare visar att antalshalterna under lastning är 50-100 gånger högre än halterna efter för >5 µm partiklar och enbart 5-10 gånger högre för >0,5 µm partiklar – innebär att det stora bidraget till totaldammhalter härrör sig från partiklar åtminstone större än 5 µm.
- Dessutom blir beräknad volym av >5 µm partiklar ett par tiopotenser högre än volymen av >0,5 µm partiklar.

Influence of horse stable environment on human airways och Markers of respiratory inflammation in horses (Riihimaeki et al., 2008, Elfman et al., 2009b)

- mätningar i ett stall vinter och sommar
- från redovisade halter beräknar jag Cresp/Ctot till ~40 %, men då respirabelt personburet och totaldamm stationärt

Hur påverkar inhalerbara partiklar i stallmiljön uppkomsten av luftvägsinflammationer (Elfman et al., 2009a)

- mätningar i ett stall vinter och sommar
- från redovisade halter beräknar jag Cresp/Ctot till knappt 50 %, men då respirabelt personburet och totaldamm stationärt

Personal Exposure to Airborne Dust and Microorganisms in Agricultural Environments (Lee et al., 2006)

- exponeringsmätningar i USA för gris och höns respektive skörd av majs och soja
- ur data kan uppskattas att massan av 10 µm partiklar var en tiopotens respektive drygt två tiopotenser högre än för 1 µm partiklar, det vill säga partiklar större än åtminstone 5 µm dominerar massmässigt

ARBETSMILJÖ VERKET

Arbetsmiljöverket
112 79 Stockholm
Besöksadress Lindhagensgatan 133
Telefon 010–730 90 00
Fax 08–730 19 67
E-post: arbetsmiljoverket@av.se
www.av.se

ISSN 1650-3171

This publication can be download from
www.av.se/publikationer/rapporter/

Vår vision: *Alla vill och kan skapa en bra arbetsmiljö*