

**JTI-rapport**  
Lantbruk & Industri

**312**

**Behandling av  
ventilationsluft från svininstall  
med ozon – en utvärdering**

Per-Anders Algerbo, Anders Ringmar  
Olle Norén och Anna Torén



JTI - Institutet för jordbruks- och miljöteknik

---

**2003**



# Behandling av ventilationsluft från svinstall med ozon – en utvärdering

*Treatment of ventilation air from swine buildings with ozone  
– an evaluation*

Per-Anders Algerbo, Anders Ringmar, Olle Norén och Anna Torén



# Innehåll

Förord.....	5
Sammanfattning.....	7
Summary.....	8
Bakgrund.....	9
Syfte.....	10
Metoder för utvärdering av lukt och hygien.....	10
Luktintensitet.....	10
Lukt kvalitet.....	11
Totaldammhalt och mikrobiologisk luftanalys.....	12
Genomförande.....	12
Luktpanel.....	12
Ozonhalt.....	12
Förberedande studier.....	12
Försöksuppställning.....	13
Försöksupplägg.....	15
Databearbetning.....	16
Resultat.....	17
Luktintensitet.....	17
Lukt kvalitet.....	18
Totaldammhalt och mikrobiologisk luftanalys.....	19
Diskussion.....	20
Litteratur.....	21
Bilaga 1. Beskrivning av luktlaboratorium och mätmetodik för luktintensitet, ur Pettersson (2001).....	25
Bilaga 2. Försökspersonernas normaliserade skattningar av pyridin- koncentrationerna och objektslufterna.....	29
Bilaga 3. Masterfunktion och referensfunktioner för obehandlad respektive behandlad luft.....	31



## Förord

Lukt har under senare år blivit ett ökande problem i samhället. För att medverka till att komma tillrätta med luktproblemen har JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik engagerat sig i frågan. För uppläggning av JTI:s satsning på luktområdet har forskningsledare Kjell Larsson och internkonsult Olle Norén svarat.

Det är av stor vikt att kunna mäta och bestämma luktstyrkan på ett vetenskapligt korrekt sätt. Därför har JTI valt att bygga ett mobilt luktlaboratorium i vilket luktstyrka kan bestämmas med hjälp av en luktpanel. Olfaktometerns konstruktion bygger på professor Thomas Lindvalls, Institutet för miljömedicin vid Karolinska institutet, och professor Birgitta Berglunds, Psykologiska institutionen vid Stockholms universitet, tidigare forskningsarbeten och erfarenheter. De har också medverkat med råd beträffande den översiktliga uppläggnings av JTI:s luktstyrkebestämningar.

Konstruktionen av luktlaboratoriet har utförts av Kjell Larsson, Olle Norén, forskningsledare Jim Greatorex och verkstadsmekaniker Torbjörn Morén, med bistånd av Thomas Lindvall och Birgitta Berglund samt Tekn Dr Ingegerd Johansson vid Institutet för miljömedicin vid Karolinska institutet. Elingenjör Staffan Johansson har konstruerat och utfört det elektriska systemet i olfaktometern.

Föreliggande rapport utgör en del i ett större projekt vid JTI, ”Användning av ozon för luktreducering och hygienisering av stalluft och flytgödsel i svinproduktionen”. Projektet har finansierats av Energimyndigheten, JTI, Swedish Meats och Sydkraft. I projektet medverkar Ozone Technology AB och Miljöteknologi i Sverige AB med utrustning och annan hjälp.

Arbetet i denna studie har utförts av forskningsledare Per-Anders Algerbo och forskningstekniker Anders Ringmar. Forskningsledare Anna Torén har fungerat som projektledare. Olle Norén, forskningschef Ola Palm och forskningsledare Andrew Dustan har fungerat som rådgivare. Vid planeringen av studien och bearbetning av resultaten har Fil Dr Mats Olsson, Psykologiska institutionen vid Uppsala universitet medverkat.

Ett stort tack riktas till alla som bidragit till projektet, deltagande försökspersoner och gården där försöken utfördes.

Uppsala i december 2002

*Lennart Nelson*

Chef för JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik





## Sammanfattning

Djurhållningen har alltid varit förenad med lukt från stallar och gödselanläggningar samt från fält där gödsel och urin spridits ut. Under senare år har antalet klagomål från närboende över besvärande lukt från svinstallar ökat markant. Frågeställningen i detta projekt var om tillsättning av ozon till luft skulle kunna användas för att förbättra hygien och reducera luktolägenheter i och utanför lokalerna i animalieproduktionen. Ozon har använts under många år för behandling av dricksvatten och avloppsvatten från industrier och hushåll. Ett antal studier har också visat att ozon kan vara användbart för luktreducering i luft.

Ytterligare vetenskapligt underlag bör tas fram gällande ozonets luktreducerande verkan i luft. På grund av ozonets toxiska egenskaper är det viktigt att vetenskapliga studier utförs med ozondosering som är ofarlig för människor och djur så att den kan användas i praktisk drift. Syftet med projektet var att fastställa om ozon har någon reducerande verkan på lukt och förbättrande verkan på hygien i ventilationsluft från svinstallar.

Ett svinstall utrustades med en 40 m lång behandlingskammare där ozon kunde tillsättas. Obehandlad och ozonbehandlad luft jämfördes i ett balanserat försök. Luktintensitet, luktkvalitet, totaldammhalt och mikrobiologisk luftanalys användes som mått på ozonets luktreducerande effekt och hygienisering. Luktintensitet mättes i en s.k. olfaktometer, där försökspersoner fick lukta på luften i relation till en referensgas, i det här fallet pyridin. Luktkvalitet mättes genom att försökspersonerna fick skatta lukten obehag/behag och illa/gott i relation till referensgasen i fria skattningsskalor. Totaldammhalten bestämdes med filtermetoden och den mikrobiologiska luftanalysen togs genom s.k. pumpad provtagning varefter totalantalet bakterier och svampar bestämdes.

Resultaten visade att obehandlad ventilationsluft uppfattades ha lägre luktstyrka än ozonbehandlad ventilationsluft. Skillnaden var dock inte statistiskt signifikant. Resultaten gällande luktkvaliteten visade på en tendens till bättre luktkvalitet, men inte heller här kunde någon statistisk signifikans påvisas. Totalinnehåll svampar och bakterier var lika mellan obehandlad och ozonbehandlad luft. En avdödande effekt på vissa problemorganismer vid ozonbehandling av luften påvisades varför denna klassades som något bättre.

I denna studie användes den högsta ozonhalten som var möjlig utan att försökspersonernas hälsa riskerades. Detta innebar en ozonhalt i behandlingskammaren på 2,4 mg/m<sup>3</sup> och 0,2 mg/m<sup>3</sup> i den luft som försökspersonerna luktade på. Uppehållstiden i behandlingskammaren var nära 2 minuter. Trots detta kunde ingen luktreducerande effekt påvisas. Det kan inte uteslutas att högre ozonhalt och längre uppehållstid har effekt. När det gäller den här typen av luktreducerande anläggning bedömdes dock en 40 m lång behandlingskammare vara på gränsen till vad en lantbrukare kan tänkas vilja investera i. Dessutom är risken mycket stor att ozonets lukt skulle kännas vid högre ozonhalter. Detta skulle medföra en parfymering av luften, vilket inte var syftet i denna studie.

## Summary

The keeping of livestock is usually associated with odour generation from stables and manure storage and also when manure or urine is spread on fields. In recent years, the number of complaints over unpleasant odours has increased drastically, particularly from people living close to pig farms. The main purpose of the project reported here was to investigate the potential use of ozone for reducing odour problems and improving hygiene levels inside and outside animal housing facilities. Ozone has been used for many years for the treatment of drinking water and industrial and domestic wastewater. A few studies have also indicated that ozone could be effective for the treatment of odour in air.

Before ozone treatment can be used in practical operation some scientific foundation needs to be established for its effectiveness. Due to the toxicity of ozone, it is important that studies on ozone treatment are carried out under conditions suitable for humans and animals, and which could thus be used in practical application. The aim of this project was to establish if ozone does indeed reduce odour, and improve hygiene, in the air ventilated from pig houses.

A pig house was equipped with a 40m long treatment chamber where ozone could be added to, and react with, ventilated (exhaust) air. In balanced tests, untreated air and ozone-treated air were compared with respect to odour intensity, odour character, dust concentration and airborne microbiology. Sensory (olfactometry) methods were used to characterise odour. Odour intensity was measured by an odour panel in relation to a reference gas – pyridine. Odour character was assessed, also in relation to pyridine, using a scale to describe the “discomfort/comfort” associated with the odour and another for how “unpleasant/pleasant” it was.

The results indicate that the untreated air had a lower odour intensity than the air treated with ozone. The difference was, however, not statistically significant. The odour character assessment showed a tendency toward improved odour quality with treatment, but here too, there was no statistically significant difference. Total concentrations of fungi and bacteria were about the same in treated and untreated air. Ozone treatment did, however, reduce the presence of certain undesirable organisms.

The tests used the maximum concentration of ozone allowable for safe exposure of the odour panel. Despite a residence time in the treatment chamber of nearly 2 minutes, no odour reducing effect of ozone could be measured. Longer residence times or higher ozone concentrations might lead to measurable effects. The conditions tested are, however, already considered to be on or over the limit of what could be implemented in full-scale operation. Additionally, higher ozone concentrations could interfere with the odour measurements since ozone itself has a characteristic odour.

## Bakgrund

Djurhållningen har alltid varit förenad med lukt från gödselhögar, urinbrunnar och från fält där gödsel och urin spritts ut. Under senare år har antalet klagomål från närboende över besvärande lukt från svinstallar ökat markant. Ökningen av klagomålen tros ha flera orsaker, t ex så har svinbesättningarnas storlek under en rad år ökat samtidigt som vi haft en övergång till att hantera gödseln i flytande form. Människor som idag bor i närheten av större svinstallar är inte på samma sätt som tidigare toleranta mot besvärande lukt. Luktemissionen som avges från svinstallar kan också tidvis vara mycket stor (Grennfelt et al., 1975). I samband med utökning av svinproduktionen och i samband med nybyggnationer kommer ofta frågan upp om vad förändringen i produktionen kan betyda för kringboende med hänsyn till luktbesvär. Luktreduceringsåtgärder kan i dessa fall vara avgörande för tillståndsgivning och därmed ha stor ekonomisk betydelse i det enskilda fallet. Det bör vara en strävan att luktbläggningen runt svinstallar är så låg som möjligt, inte endast med hänsyn till kringboende utan också med hänsyn till de som arbetar i svinstallarna.

Omfattande studier med avsikten att minska lukten vid hantering av gödsel från olika djurslag har utförts (Lindvall et al., 1972, 1973; Norén, 1986; Cumby, 1987; Smith & Watts, 1994; Burton & Sneath, 1995; Burton et al., 1998). Försök att med biofilter minska lukten från själva svinstallarna har också utförts. Resultaten har varit goda, men biofilter kräver relativt omfattande investeringar och kräver dessutom löpande skötsel och underhåll (Rodhe et al., 1986; Martinec et al., 2000).

Ozon har använts under många år för behandling av dricksvatten och avloppsvatten från industrier och hushåll och har för dessa ändamål ansetts som effektivt och säkert för den omgivande miljön (Masten & Davies, 1994). Dess starkt oxiderande egenskaper innebär att ozon neutraliserar de luktande komponenter som ofta uppstår vid anaerob lagring av organiskt material. Ozon har t ex visats oxidera de illaluktande metaboliter som uppstår i svingödsel (Watkins et al., 1997; Wu et al., 1999). Dess oxiderande egenskaper innebär också att cellväggar och membran hos mikroorganismer förstörs, med reducerad aktivitet som följd. Detta innebär att ozon verkar på två sätt, både genom att reagera med de luktande substanserna och genom att reducera antalet mikroorganismer som producerar illaluktande ämnen. Emedan de flesta studierna har dokumenterat effekten av ozon i vätskor, visade Moore et al. (2000) att mikroorganismernas livsduglighet kraftigt reducerades vid exponering i luft (dos: 4 mg/m<sup>3</sup> ozon i 4 timmar). Priem (1977) utgick i sitt arbete från det faktum att oxidation av luktande komponenter vid höga temperaturer med hjälp av syre var den mest använda metoden för att kontrollera lukt. Eftersom ozon är en starkare oxidant än syre användes ozon för att studera luktreduktionen i ventilationsluften från svinstall vid normal omgivningstemperatur. Författaren konstaterade en minskning av ammoniak och andra ”grundläggande gaser” vid mätning med Drägerrör.

Ozon är dock farligt för växter och djur. Det hygieniska nivågränsvärdet (exponering under åtta timmar) är 0,2 mg/m<sup>3</sup> och takgränsvärdet (exponering under 15 minuter) är 0,6 mg/m<sup>3</sup> (Arbetskyddsstyrelsen, 2000a). Ozons karakteristiska lukt uppfattas redan vid mycket låga halter, 0,02-0,04 mg/m<sup>3</sup>. Dock försvinner luktintrycket snabbt och man kan sedan utsättas för farlig dos utan att vara medveten om det. Akuttoxiska symtom är hosta, smärta vid djup inandning, tryck-

känsla över bröstet, torr strupe, pipande andningsljud och andnöd (Walding, 2000). Vid arbete med ozon ska hanterings- och skyddsinstruktioner finnas enligt AFS 2000:4 (Arbetskyddsstyrelsen, 2000b).

Lukt är en subjektiv upplevelse och kan bestämmas med sensoriska metoder. Olfaktometri innebär sensoriska analyser av lukt med hjälp av försökspersoner. De sensoriska metoderna brukar delas in i två grupper, mätning av lukttröskel respektive mätning av luktintensitet. Luktintensitet ger en relation mellan lukt-koncentration och förmimelse och är den metod som använts i föreliggande rapport.

Vad som idag kan bestämmas med instrument är förekomst och koncentration av olika ämnen (Börjesson et al., 1996; Lundström et al., 1994; Winquist et al., 1993). Men lukt från svinstallar har visats vara sammansatt av upp till 150 olika ämnen (Spoelstra, 1978; Miner, 1980; Hartung & Phillips, 1994). Utöver koldioxid, ammoniak, metan och svavelväte har man funnit t.ex. 3-aminopyridin, organiska syror, dimetylsulfid, dietylsulfid och propylacetat, trimetylamin, merkaptan, indol, skatol etc. Tyvärr har man inte funnit att något eller några av alla dessa ämnen är så dominerande att man genom att bestämma koncentrationen av dem kan uttala sig om hur lukten kommer att upplevas.

Av det ovanstående framgår att tillsättning av ozon till luft skulle kunna användas för att förbättra hygien och reducera luktolägenheter i och utanför lokalerna i animalieproduktionen. Men det vetenskapliga underlaget är otillräckligt. På grund av ozonets toxiska egenskaper är det viktigt att vetenskapliga studier utförs med ozondosering som är ofarlig för människor och djur så den är möjlig att använda i praktisk drift. Det är mot denna bakgrund som den i föreliggande rapport beskrivna vetenskapliga studien genomförts.

## Syfte

Syftet med projektet är att fastställa om ozon har någon reducerande verkan på lukt och förbättrande verkan på hygien i ventilationsluft från svinstallar.

## Metoder för utvärdering av lukt och hygien

### Luktintensitet

Lukt är en subjektiv upplevelse och kan inte fullt ut bestämmas med instrument (Hobbs et al., 1995). Därför används sensoriska analyser av lukt med hjälp av försökspersoner och s. k. olfaktometri. Olfaktometrimetoderna syftar till att minimera de subjektiva störningarna från individer i luktpanelen för att kunna erhålla ett mer objektiva mått på luktstyrkan. Den metod som användes i denna studie var en metod för masterskalning, som med pyridin i några olika koncentrationer som referensämne (Berglund, 1991; Berglund, 1995; Berglund et al., 1983), användes för att jämföra upplevd luktstyrka från behandlad respektive obehandlad ventilationsluft.

Luktmätningarna utfördes med luktpanelen i ett mobilt luktlaboratorium där objektluft, dvs. där obehandlad respektive ozonbehandlad ventilationsluft från ett svinstall, presenterades i en exponeringshuv och jämfördes med gasen pyridin i en

annan exponeringshuv, Figur 1. Laboratoriet är utrustat med två s.k. olfaktometrar som används för att dosera in lämpliga förhållanden av gasblandningar till exponeringshuvorna. Den ena olfaktometern används för dosering av objektluft och den andra för dosering av referensgas (pyridin). Luktlaboratoriet inklusive mätmetodiken har ingående beskrivits i Pettersson (2001). Beskrivningen återges i denna rapport i Bilaga 1.

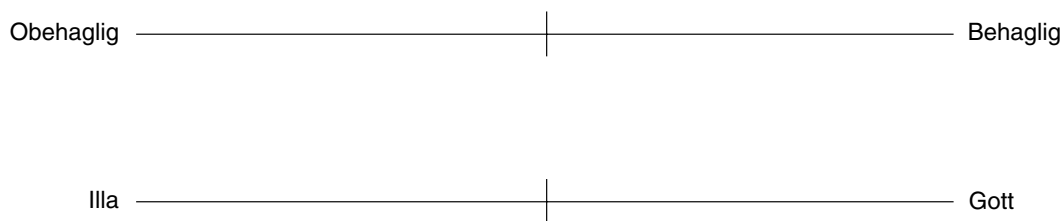


Figur 1. Försöksperson luktar i en av de två exponeringshuvorna (efter Pettersson, 2001).

Spädningen av ventilationsluften i olfaktometern bestämdes utifrån luktstyrkan på objektluften i förhållande till pyridinskalen. Önskvärt var att luktstyrkan för objektluften vid presentationen för paneldeltagarna låg inom luktstyrkan för pyridinskalen. Detta avgjordes genom prov där försökspersonalen luktade på de olika spädningförhållandena. Detta resulterade i att spädningen av objektluften i olfaktometern bestämdes till 10 % objektluft och 90 % ren spädluft.

## Lukt kvalitet

Då det vid en tidigare studie (Algerbo et al., 2002) framkom att lukt kvaliteten inverkar på hur man uppfattar en lukt som störande eller inte i kombination med intensiteten ville vi försöka fastställa paneldeltagarnas uppfattning om lukt kvaliteten. Deltagarna fick uppge vad de tyckte om ventilationsluften (behandlad respektive obehandlad) i fria skattningsskalor i jämförelse med högsta koncentrationen av pyridin (Figur 2). Valet av behaglig/obehaglig respektive illa/gott gjordes utifrån att vi ville ha två mått på kvaliteten som på olika sätt var kopplade till luktintensitet. En lukt, t ex en parfym, kan upplevas behaglig, men i för höga koncentrationer luktar den illa. Försökspersonen instruerades att bedöma var på skalan objektluften låg i jämförelse med pyridinlukten, som representerades av mittpunkten på skalan.



Figur 2. Skattningsskalor för upplevd luktkvalitet.

## Totaldammhalt och mikrobiologisk luftanalys

Som ett mått på den hygieniska kvaliteten på luften med och utan ozonbehandling gjordes en mätning av totaldammhalten och en mikrobiologisk luftanalys. Totaldammhalten bestämdes med filtermetoden och den mikrobiologiska luftanalysen togs genom s.k. pumpad provtagning och analyserades av Pegasus lab AB. Luftens temperatur och relativa luftfuktighet registrerades under provtagningen som en kontroll på att förhållandena var likartade vid de olika provtillfällena.

## Genomförande

### Luktpanel

Försökspersonerna som rekryterades till luktpanelen utgjordes av studenter vid Sveriges Lantbruksuniversitet (SLU) och anställda vid JTI i Uppsala. För medverkan i undersökningen ställdes ett antal givna krav. Kraven innebar att man inte nyttjade någon form av tobak, inte hade nedsatt luktförmåga eller var förkyld under provtillfället, inte var parfymrad, inte ätit vitlök eller annan starkt kryddad mat 24 timmar före provtillfället samt att man var under 45 år. Dessutom var det ett krav att försökspersonerna inte kände till metodiken eller luktlaboratoriets uppbyggnad, då detta kunde påverka utfallet.

### Ozonhalt

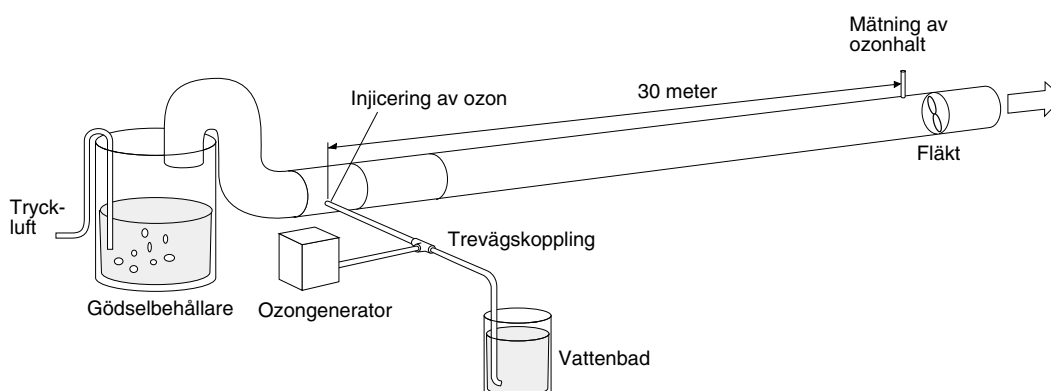
Särskild vikt lades vid säkerhetsaspekterna för människor, djur och omgivning. Riktvärdet för de maximala koncentrationer som pannedeltagarna skulle få utsättas för sattes till nivågränsvärdet, dvs.  $0,2 \text{ mg/m}^3$ . I studien var den totala inandningstiden av behandlad ventilationsluft 40 sek. uppdelat på 10 ggr.

### Förberedande studier

I och med riktvärdet för ozonkoncentration i objektsluften i kombination med kravet att erhålla luktstyrkor inom pyridinskalan vid försöken krävdes en kalibrering av systemet. Därför genomfördes förberedande studier på JTI genom att montera upp behandlingsrör som motsvarade ventilationsröret i stallet.

Ett 30 m långt ventilationsrör (behandlingskammare) monterades upp i en hall i JTI:s lokaler enligt Figur 3. Gödsellukt skapades genom luftning av gödsel varvid luften sögs genom ventilationsröret med en invändigt monterad fläkt i utloppet. Ozongeneratoren (OT 20 från Ozone Technology AB) kunde ställas in på 0-100 %

kapacitet. Kapaciteten vid 100 % var 20 g/h och flödet genom generatoren var  $2,2 \text{ dm}^3/\text{min}$ , vilket innebär att ozongeneratoren gav  $151\,515 \text{ mg/m}^3$  vid 100 % kapacitet. Reläet med vilket kapaciteten ställdes in var tidsstyrt, vilket innebär att ozongeneratoren gav ”puffar” med 100 % kapacitet i allt längre tidsintervall när reläet stod på mindre än 100%. Detta var oacceptabelt i vårt fall då en jämn inblandning av ozon i luften önskades. Därför monterades en trevägskoppling, en luftflödesmätare med reglerventil, efter ozongeneratoren före injiceringspunkten där ozonmängden till behandlingskammaren kunde ställas. Överflödigt ozonmängd leddes till ett vattenbad där den fick reagera för att inte släppas ut direkt i luften, samtidigt som ett erforderligt mottryck till systemet erhöles. Ozonhalten mättes med en ozonhaltsmätare (ATI B12 från Nova Kemi AB) vid utloppet innan fläkten. Mätområdet var 0-1 ppm (0-2  $\text{mg/m}^3$ ), alternativt 0-5 ppm (0-10  $\text{mg/m}^3$ ).



Figur 3. Uppställning vid de förberedande studierna på JTI.

Vid dessa förberedande studier visade det sig att ozonhalten i behandlingskammaren inte förbrukades i den omfattning som förväntades varför behandlingskammaren förlängdes med 11 m inför försöken.

## Försöksuppställning

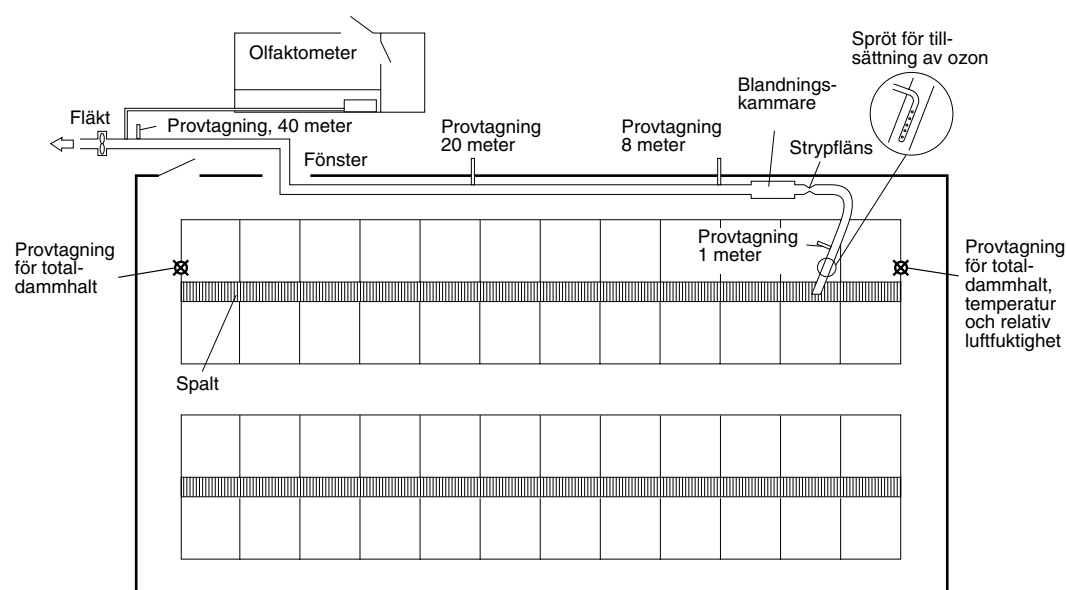
Försöken genomfördes på en gård i Uppsalatrakten. Gården bedriver traditionell växtodling och svinproduktion. Totalt finns 5 stallar med sammanlagt 1800 slaktsvinplatser. Stallet i vilket luktstudien genomfördes mäter  $60 * 15$  meter och är delat i två avdelningar, avskilda med en hel mellanvägg. Varje avdelning rymmer 44 boxar med 9 platser. Stallet har blötutfodring och spån används som strömateriale i boxarna. Ventilationen består av fyra fläktar per avdelning. En av fläktarna har fast varvtal och suger luften under spaltgolvet med kapaciteten  $3\,600 \text{ m}^3/\text{h}$ . De andra tre fläktarna är varvtalsstyrda och placerade i taket. De har en maximal kapacitet på sammanlagt  $36\,000 \text{ m}^3/\text{h}$ , dvs.  $12\,000 \text{ m}^3/\text{h}$  vardera. Under försöken arbetade de med en sammanlagd kapacitet på  $5\,400\text{-}9\,000 \text{ m}^3/\text{h}$ . Friskluftsinloppen mynnar i fyra rader i takhöjd. Totalt finns där 30 friskluftsinlopp med arean  $0,14 \text{ m}^2$ .

Behandlingskammaren, ett rör med dimensionerna  $41 * \text{Ø}0,25$  m, placerades utmed en långsida i stallet och leddes ut genom ett fönster (Figur 4). Insuget låg 1,7 m ovanför en boxplats och på maximalt avstånd från friskluftsinloppen. En strypfläns användes för att få ner luft hastigheten i behandlingskammaren som vid

försöken var 0,35 m/s. Efter strypflänsen satt en särskild blandningskammare för att åstadkomma bättre inblandning av ozonet i ventilationsluften. Blandningskammaren var invändigt försedd med i olika riktningar snedställda, hålförsedda, plåtar. Olfaktometern ställdes upp utanför stallet och anslöts till behandlingskammaren med en sugslang. Exponeringstiden i behandlingskammaren från injiceringspunkten till olfaktometerns anslutning var ca 117 s, dvs. nära 2 minuter.

Ozongeneratoren var uppställd utanför stallet och via en slang ledde ozonet dels in i stallet där det injicerades i behandlingskammaren med ett spröt, dels iväg längs kortsidan utanför stallet där vattenbadet var uppställt för överflödigt ozon att reagera. Flödena i behandlingskammaren kalibrerades bakvägen, dvs. ozonhalten efter passagen genom behandlingskammaren fick avgöra hur mycket ozon som skulle doseras. Eftersom spädförhållandet 10 % objektsluft och 90 % ren luft valts i olfaktometern innebar det att möjlig ozonhalt efter behandlingskammaren kunde vara 10 gånger högre än nivågränsvärdet för ozon. Genom att lukta på utluften från behandlingskammaren studerades dessutom vilka nivåer ozon som krävdes för att från svinstallsluft övergå till neutral eller ozonliknande lukt. Helt neutral befanns aldrig ventilationsluften bli, men svindoften ”försvann” då ozondoften tog vid. Ozonet kan alltså ha maskerat objektsluftens lukt, som kan ha varit lika stark före som efter ozonbehandlingen.

Provtagning av ozonhalten i behandlingskammaren gjordes vid 1, 8, 20 och 41 m från injiceringspunkten. Ingen mätbar skillnad i ozonhalt kunde konstateras mellan de olika provtagningspunkterna (Tabell 1). Provtagningarna gjordes dels med ozonhaltsmätaren (ATI B12 från Nova Kemi AB), dels med ”Kittagawa/Dräger”-rör. Denna ozonkoncentration bedömdes vara den högsta där det inte luktade ozon av objektsluften när den presenterades i lukthuvorna. Högre ozonkoncentrationer skulle dessutom medfört överskridande av det hygieniska gränsvärdet vid presentation för försökspersonerna. Men eftersom ingen förbrukning av ozon i behandlingskammaren kunde påvisas beslutades att vid försöken endast använda en koncentration av ozon, den högsta möjliga inom de ramar som ovan beskrivits, vilket i dessa försök var  $2,4 \text{ mg/m}^3$ .



Figur 4. Uppställning av olfaktometer och behandlingskammare vid svinstallet.



Tabell 1. Ozonhalt i behandlingskammaren vid de olika provtagningspunkterna.

Provtagningspunkt (m)	Ozonhalt (mg/m <sup>3</sup> )
1	2,4
8	2,4
20	2,4
40	2,4

Temperaturen och luftens relativa fuktighet i stallet registrerades med dataloggers, typ Tinytag. Temperaturen och relativa luftfuktigheten mättes på en höjd av 1,5 meter över stallgolvet och cirka 1 meter ifrån inloppet till behandlingskammaren (Figur 4).

Vid mätningen av totaldammhalt var luftflödet genom utrustningen 1,8 lit/min och mätningarna pågick under 5 timmar. Mätningarna gjordes på två ställen i stallet, vid båda kortsidorna (Figur 4). Dammfiltren placerades på ca 1,5 meters höjd över golvet.

Luftflödet genom pumpen för den mikrobiologiska luftanalysen var 1,5 l/min. Provet togs vid punkten för provtagning 40 m (Figur 4). Luften sögs genom pumpen en timme/filter och upprepades tre gånger direkt efter varandra. Därefter transporterades filtren direkt till Pegasus lab AB för analys.

## Försöksupplägg

Förberedande studier genomfördes under perioden i september till oktober. Målet med tidpunkten för luktförsöken var att genomföra försöken ca två veckor före påbörjad utslaktning av svinen. Då är det hög beläggning i stallet och luktintensiteten bedömdes vara som störst. Uppställning och kalibrering av utrustningen vid aktuellt stall påbörjades i december för att vara klar för mätningar i slutet av januari. På grund av tidsperiodens längd hann utslaktning av svinen ske i den stallhalva där kalibreringen genomfördes. Svinen i den andra stallhalvan befanns dock vid tiden för försöken vara slakt mogna, varför försöket genomfördes i den andra halvan.

Luktförsöken gick till så att försökspersonerna i varje luktpanelgrupp kördes ut till gården för en dags försök. Samtliga började med masterskalning under förmiddagen. Efter ett uppehåll där försöksuppställningen startades upp och trimmades in fick de genomföra nästa försöksserie. Efter ytterligare ett uppehåll var det så dags för den sista försöksserien. Försöksseriernas inbördes ordning för respektive luktpanelgrupp visas i Tabell 2. Varje försöksserie började med att en person luktade på hälften av försöksserien medan de båda andra personerna vilade. Sedan bytte de av så alla försökspersonerna fick lukta på första hälften av försöksserien. Efter det gjordes proceduren om med andra hälften av försöksserien. Försöksserierna var slumpade med samma slumpordning för samtliga försökspersoner. Ordningen på försökspersonerna var densamma genom hela försöket.

Skattning av luktkvalitet genomfördes med åtta försökspersoner, två ur grupp 1, tre ur grupp 2 och tre ur grupp 3. Varje försöksperson ombads direkt efter varje genomförd försöksserie med objektluft att fylla i skattningsskalan för luktkvalitet. Försökspersonen fick formuläret med skattningsskalan med sig in i

rummet med exponeringsshuvarna. Först presenterades den högsta koncentrationen pyridin och sedan objektsluften. Därefter fick försökspersonen själv fylla i skattningsskalan.

Tabell 2. Försöksupplägg vid luktförsöken.

Luktpanel	Antal försöks-pers.	Datum	Luktbestämning		
			försöksserie 1	försöksserie 2	försöksserie 3
Grupp 1	2	25 jan	masterskalning	ozonbeh. luft	obeh. luft
Grupp 2	3	29 jan	masterskalning	obeh. luft	ozonbeh. luft
Grupp 3	3	31 jan	masterskalning	ozonbeh. luft	obeh. luft
Grupp 4	3	4 feb	masterskalning	obeh. luft	ozonbeh. luft
Grupp 5	2	5 feb	masterskalning	obeh. luft	ozonbeh. luft

Provtagning för totaldamnhalt och mikrobiologisk luftanalys utfördes vid två separata tillfällen, den 30 augusti för obehandlad luft och den 2 september för ozonbehandlad luft. Provtagningarna utfördes vid samma tidpunkter båda dagarna, mellan kl. 8.30 och 13.00. Under tiden för provtagningen pågick ingen utfodring eller andra aktiviteter i stallet. Provtagningarna utfördes under relativt varma förhållanden i stallet, temperaturen varierade mellan 20-22° och relativa luftfuktigheten var 55-60%. Ventilationsfläktarna arbetade med 100 % effekt under provtagningarna.

## Databearbetning

Databearbetningen genomfördes i enlighet med Pettersson (2001) enligt följande steg:

1. Ett aritmetiskt medelvärde togs fram för varje persons skattning av pyridinkoncentrationerna vid masterskalningen, vid försöken med obehandlad luft respektive försöken med behandlad luft. Detta medförde att tre personliga skattningsskalor erhöles för varje försöksperson.
2. Var och en av de tre skattningsskalorna från varje försöksperson normaliserades med en omräkningsfaktor så att det aritmetiska medelvärdet motsvarade siffran 100. Detta gjordes för att de fria skattningsskalorna från de olika försökspersonerna skulle bli jämförbara med varandra.
3. Ur dessa normaliserade skattningsskalor beräknades sedan ett aritmetiskt medelvärde över hela luktpanelen för varje koncentration pyridin. Detta gjordes för masterskalningen, försöken med obehandlad luft respektive försöken med behandlad luft för sig. Värdena logaritmerades och en rät linje anpassades till värdena. Det innebär att vi nu beräknat en s.k. masterfunktion och två s.k. referensfunktioner för hela luktpanelen.
4. Varje försökspersons skattning av objektsluften (obehandlad respektive behandlad luft) normaliserades med samma omräkningsfaktor som använts för att normalisera motsvarande fria skattning av pyridinkoncentrationerna (obehandlad respektive behandlad luft).

5. Det aritmetiska medelvärdet av varje persons normaliserade skattningar av objektsluften beräknades sedan och sattes i logaritmerad form in i respektive referensfunktion (obehandlad – behandlad luft). Detta gav värdena för varje person på objektsluften i motsvarande pyridinkoncentration enligt referensfunktionerna.
6. Sedan sattes dessa värden på motsvarande pyridinkoncentration in i panelens gemensamma masterfunktion. Därmed kunde de upplevda luktstyrkorna i logaritmerad form avläsas. Ur dessa beräknades sedan ett aritmetiskt medelvärde för hela gruppen och värdena transformerades tillbaka till linjär form.

Luktens kvalitet bedömdes av åtta personer ur luktpanelen. Mittlinjen på skalan sattes till 0 och avståndet i mm till försökspersonens kryss på skalan mättes upp. Kryss till vänster om mittstrecket fick negativa tal och kryss till höger om mittstrecket fick positiva tal. Varje försökspersons skattning av ozonbehandlad ventilationsluft subtraherades från försökspersonens skattning av obehandlad ventilationsluft varpå medelvärde och standardavvikelse beräknades för gruppen och respektive faktor (obehaglig/behaglig respektive illa/gott).

Totaldammhalten erhöles genom att filtren vägdes före och efter provtagning. För mikrobiologisk luftkvalitet använder Pegasus lab AB gränserna enligt Tabell 3 för bedömning av luftens kvalitet i svinstallar. Dessa gränser användes även vid bedömningen i detta projekt.

Tabell 3. Utvärderingstabell för bedömning av luft i svinstallmiljö, bakgrundsnivåer (Pegasus lab AB).

Totalantal mikroorganismer/m <sup>3</sup> luft	Bedömning för svinstallmiljö
<math> < 2 \times 10^6 </math>	Bra luft med avseende på mikrobiella partiklar
<math> 2 \times 10^6 - 5 \times 10^6 </math>	Ganska bra luft
<math> 5 \times 10^6 - 1 \times 10^7 </math>	Dålig luft, känsliga personer kan uppleva problem
<math> 1 \times 10^7 - 1 \times 10^8 </math>	Dålig luft, vid övre gräns nära alveolitgräns
<math> 1 \times 10^8 - 1 \times 10^{10} </math>	Akut alveolit risk

## Resultat

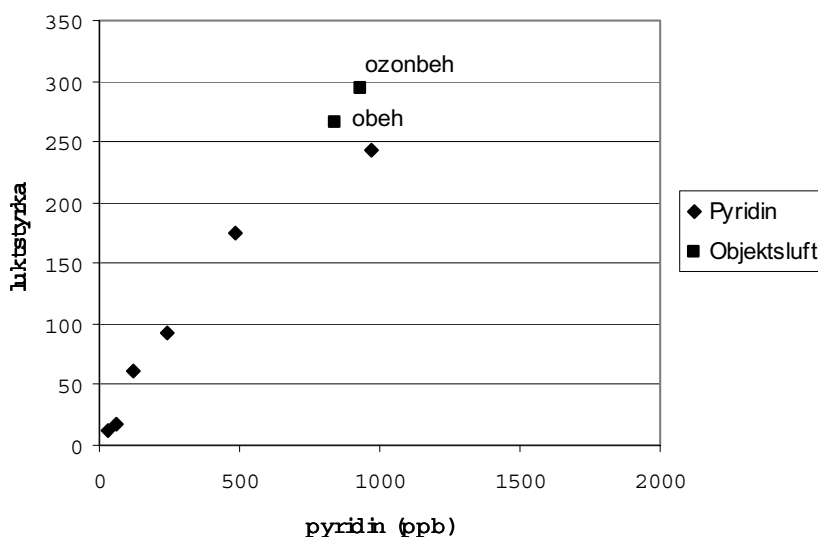
### Luktintensitet

I Bilaga 2 visas de normaliserade medelvärdena för varje persons skattning av de olika pyridinkoncentrationerna och objektslufterna (beräkningarna utförda enligt steg 2 respektive 4 i databearbetningen ovan).

Masterfunktionen beräknades utifrån 10 av de 12 paneldeltagarna. Den erhållna masterfunktionen, referensfunktionen för obehandlad ventilationsluft och referensfunktionen för ozonbehandlad ventilationsluft visas i Bilaga 3.

Obehandlad ventilationsluft uppfattades av luktpanelen ha lägre luktstyrka än ozonbehandlad ventilationsluft. Medelvärdet för skattningen av obehandlad ventilationsluft beräknades till 267 (SD 108) och medelvärdet för skattningen av ozonbehandlad ventilationsluft beräknades till 293 (SD 166). På denna s.k. subjektiva skala var skillnaden 10 %. När den upplevda luktintensiteten sattes

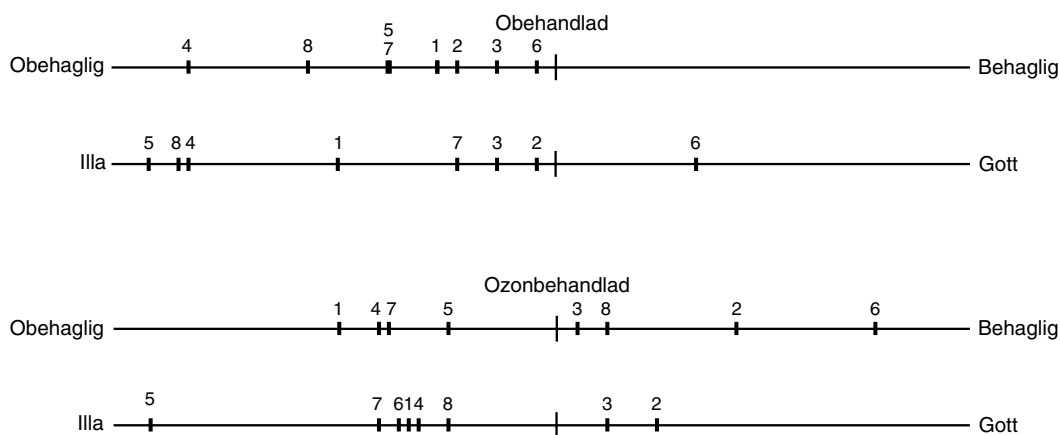
in i masterfunktionen uppfattades luktintensiteten hos obehandlad ventilationsluft till 843 ppb pyridin, och luktstyrkan hos ozonbehandlad ventilationsluft till 932 ppb pyridin (Figur 5). Detta innebar att skillnaden mellan behandlad och obehandlad luft beräknades till 11 % s.k. objektiv ökning av lukten. Skillnaderna kunde dock inte verifieras med statistik signifikans.



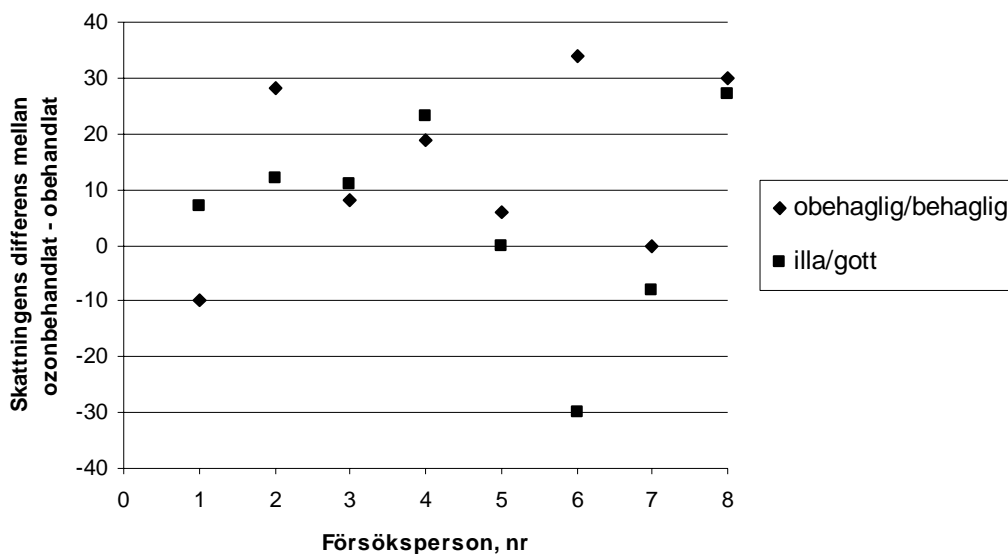
Figur 5. Masterskala med obehandlad respektive ozonbehandlad ventilationsluft.

## Lukt kvalitet

De enskilda försökspersonernas skattning av luktupplevelsen visas i Figur 6. Differensen mellan ozonbehandlad och obehandlad ventilationsluft hos respektive försöksperson visas i Figur 7. Fler försökspersoner skattade den ozonbehandlade luften som luktande mer behaglig och gott än obehaglig och illa. Medelvärde för differensen för obehaglig/behaglig var 14 med en spridning mellan 34 och  $-10$ . Medelvärdet för differensen för illa/gott var 5,2 med en spridning mellan 27 och  $-30$ .



Figur 6. Luktupplevelse hos åtta försökspersoner för obehandlad respektive ozonbehandlad luft.



Figur 7. Differensen i försökspersonernas skattning mellan ozonbehandlad och obehandlad ventilationsluft för de två måtten på luktqualitet.

## Totaldammhalt och mikrobiologisk luftanalys

Totaldammhalten i för de fyra proven tagna i stallet var i medeltal  $0,85 \text{ mg/m}^3$  ( $0,74 - 0,95 \text{ mg/m}^3$ ). Ingen skillnad i totaldammhalt mellan de två provtagnings-tillfällena kunde påvisas. Total mängd bakterier och svampar i luften visas i Tabell 4. Påvisade grupper bakterier och svampar i de olika proven visas i Tabell 5. Enligt bedömningstabellen klassades både den obehandlade och den ozonbehandlade luften som ”ganska bra luft”. I den obehandlade luften påvisades dock några grupper av bakterier och svampar som inte fanns i den ozonbehandlade luften. Det var *Aspergillus versicolor*, *Streptomyces* och *Acremonium*. Detta innebar att den obehandlade luften bedömdes som mindre bra, vilket inte förelåg för den ozonbehandlade luften.

Tabell 4. Total mängd bakterier och svampar i luften. Enskilda prov inom kategori åtskiljs genom kommatecken.

Grupp	obehandlad luft	ozonbehandlad luft
Bakterier		
totalantal per $\text{m}^3$	$5,8 \times 10^4$ , $2,9 \times 10^5$ , $2,3 \times 10^6$	$1,0 \times 10^6$ (2 prov), $2,6 \times 10^6$
odlingsbart antal per $\text{m}^3$	$1,2 \times 10^4$ , $3,9 \times 10^3$ , $7,8 \times 10^3$	$<5,6 \times 10^2$ (2 prov), $1,7 \times 10^3$
odlingsbar andel, %	21, 1, 0	ej applicerbar (2 prov), 0
Termofila bakterier		
odlingsbart antal per $\text{m}^3$	$<5,6 \times 10^2$ (3 prov)	$<5,6 \times 10^2$ (3 prov)
Svampar		
totalantal per $\text{m}^3$	$1,2 \times 10^5$ , $1,7 \times 10^5$ (2 prov)	$7,0 \times 10^5$ , $6,4 \times 10^3$ , $1,0 \times 10^6$
odlingsbart antal per $\text{m}^3$	$1,1 \times 10^4$ , $2,8 \times 10^3$ , $2,2 \times 10^4$	$5,6 \times 10^2$ (2 prov), $5,0 \times 10^3$
odlingsbar andel, %	10, 2, 13	0 (2 prov), 1
Termofila svampar		
odlingsbart antal per $\text{m}^3$	$<5,6 \times 10^2$ (3 prov)	$<5,6 \times 10^2$ (3 prov)

Tabell 5. Påvisade grupper av bakterier och svampar i de olika proven. Enskilda prov inom kategori åtskiljs genom kometecknen.

Grupp	Obehandlad luft	Ozonbehandlad luft
Tillväxt vid låg RF	<i>Eurotium</i>	<i>Eurotium</i>
Toxinproducenter	<i>Aspergillus versicolor</i> , <i>Eurotium</i>	<i>Eurotium</i>
Respiratoriska problem-organismer	<i>Streptomyces</i> (6 %, 7 %)	
Blånadssvampar	<i>Cladosporium</i> (2 prov)	<i>Cladosporium</i> (3 prov)
Övriga luktproducenter	<i>Aspergillus versicolor</i>	
Övriga mögelsvampar	<i>Penicillium spp</i> (2 prov), <i>Acremonium</i>	<i>Penicillium spp</i>
Övriga bakterier	<i>Blandflora</i> (2 prov)	<i>Blandflora</i>

## Diskussion

I denna studie kunde inte någon statistiskt säkerställd skillnad i luktintensitet mellan obehandlad och ozonbehandlad luft visas. Ur resultaten från lukt kvaliteten kunde en positiv tendens till ökning av lukt kvaliteten skönjas, men inte heller dessa data kunde verifieras statistiskt. Däremot påvisades en avdödande effekt på vissa mikroorganismer (*Acremonium*, *Aspergillus versicolor* och *Streptomyces*) från ozonbehandling av luften.

Totaldammhalten i svinstallar varierar, och nivåer upp till 4,1 mg/m<sup>3</sup> har påvisats i tidigare studier (Gustafsson, 1995; Larsson et al., 1999). Det hygieniska nivågränsvärdet för organiskt damm är 5 mg/m<sup>3</sup> (Arbetskyddsstyrelsen, 2000a). Den i denna studie uppmätta totaldammhalten underskred dessa värden och kan därför sägas vara låg. Detta kan dock ha samband med att provtagningarna gjordes under förhållanden då inga aktiviteter pågick i stallet samt att provtagningstiden var något kort.

Ett stort problem i studien rörde ozonhalten varmed ventilationsluften skulle behandlas. Trots den höga ozonhalten och den långa exponeringstiden kunde ingen förbrukning av ozon påvisas och resultaten visade inte heller på någon reduktion av luktstyrkan. Det kan naturligtvis inte uteslutas att en ännu högre ozonhalt och en längre exponeringstid skulle ha kunnat ge en luktreduktion. Ur praktisk synpunkt (lantbrukares intresse och möjligheter att investera i en anläggning av detta slag) var emellertid den använda behandlingskammaren redan för stor. Högre ozonhalter skulle även sannolikt medfört att lukten hade maskerats av ozon. Utsläpp av ozon till omgivande utomhusluft regleras genom gränsvärden för halten marknära ozon. Denna halt får inte överskrida 0,065 mg/m<sup>3</sup> (dygnsmedelvärde) eller 0,11 mg/m<sup>3</sup> p g a risk för hälsoeffekter. Om utsläppet av ozon från ventilationsluften till omgivningen innehåller för höga halter och inte kan tillåtas, måste ozonet brytas ned före utsläppet i omgivningen. Detta kan ske med t.ex. aktivt kol. Men aktivt kol adsorberar illaluktande ämnen (Sabo, 2000) och då behövs sannolikt ingen ozonbehandling. Ett annat sätt är att liksom Priem (1977) tillsätta ozon till luften inne i svinstallet. Författaren jämförde två svinstallar där en ozonkoncentration på mellan 5 och 21 mg/m<sup>3</sup> tillsattes luften inne i det ena svinstallet. Ozonkoncentrationer inne i svinstallet uppmättes som normalt låg mellan 0,1-0,3 mg/m<sup>3</sup>. Ozonhalterna precis framför ozongeneratoren kunde dock uppgå till 1,6 mg/m<sup>3</sup>. Författaren konstaterade att ozonbehandlingen förändrade lukten

så att den typiska lukten av flytgödsel och svin ”blev svårare att upptäcka”. Författaren angav dock inte vilken metod som användes för att göra detta konstaterande. Någon inverkan på djurens hälsotillstånd kunde inte upptäckas, vid den ozonkoncentration som användes. Däremot konstaterades en liten förbättring i daglig tillväxt och foderutnyttjande. Tillsättning av ozon inne i svinstallar bör dock ytterligare studeras innan det bör komma till praktisk användning. Ozonet måste ovillkorligen förbrukas i den utsträckning det tillsätts för att undvika för höga ozonkoncentrationer vilket skulle medföra hälsorisker för både människor och djur.

Denna studie visar på stora variationer i indata både för luktintensitet och lukt-kvalitet. Det indikerar ett av de stora problemen med studien. I försök av den här arten har vi variation i alla led: lukten i svinstallet varierar under dygnet (Martinez et al., 1998), försökspersonernas uppfattning av lukten är olika och varierar dessutom under dygnet.

Den variation i lukt från ventilationsluften som i den här studien sannolikt förekommit torde ha balanserats i och med att försöken var balanserade och de olika försöksserierna utfördes vid ungefär samma tidpunkter under dagen. Just vid utfodring kan dock luktintensiteten ha förändrats radikalt, men inga försöksserier pågick under samma tid som den automatiska blötutfodringen var igång i stallet.

Att för en människa kunna kvantifiera luktstyrkan i objektiva tal är mycket svårt. Även om försökspersonerna instruerats att enbart jämföra luktintensitet kan man inte bortse från att de påverkats av luktens karaktär. En viss tillvänjning hos försökspersonerna kan inte heller uteslutas. Mätmetoden är dock, med sin uppdelning i master- och referensfunktioner, anpassad för att minska dessa effekter.

Trots att metoden är anpassad för stora variationer i indata har vi inte här kunnat påvisa någon reduktion i luktintensitet eller luktkvalitet. Det måste konstateras att lukt är oerhört svårt att mäta. Det kan tänkas att ozon har en viss luktreducerande verkan under de förhållanden som här studerades, men det har inte kunnat verifieras i denna studie med den här använda metoden. Men nyttan med att registrera en liten luktreducering kan i detta sammanhang starkt ifrågasättas då syftet med ozonbehandlingen är att reducera lukten till en nivå så människor inte besväras av den. Så sett ur det perspektivet var det i denna studie korrekt att använda den föreliggande metoden med sensorisk mätning av lukt.

## Litteratur

- Algerbo P-A., Ringmar A. & Torén A., 2002. Luktreducering av gödsel med hjälp av ozon – kompletterande mätningar. Appendix till JTI-rapport *Lantbruk & Industri* nr 286. JTI - Institutet för jordbruks- och miljöteknik, Uppsala.
- Arbetskyddsstyrelsen, 2000a. Hygieniska gränsvärden och åtgärder mot luftföroreningar. AFS 2000:3. Arbetskyddsstyrelsen, Solna.
- Arbetskyddsstyrelsen, 2000b. Kemiska arbetsmiljörisker. AFS 2000:4. Arbetskyddsstyrelsen, Solna.
- Berglund B., 1991. Quality assurance in environmental psychophysics. In S. J. Bolanowski & G. A. Gescheider (eds.), *Ratio scaling of psychological magnitudes – in honor of the memory of S. S. Stevens*. pp 140-162. Hillsdale, NJ, USA: Erlbaum.

- Berglund B., 1995. Utilizing intersubjectivity in perceptual measurement. In G. Neely (Ed.), *Perception and psychophysics in theory and application*. pp 27-37. Stockholm: Stockholm University.
- Berglund B., Berglund, U. & Lindberg, S., 1983. Master scaling of environmental loudness. Reports from the Department of Psychology, The Stockholm University, No 610. Stockholm: Department of Psychology, Stockholm university.
- Burton C.H. & Sneath W., 1995. Continuous farm aeration plant for reducing offensive odours from piggery slurry: Control and optimisation of the process. *J Agric Engng Res*. Vol 60, No 4, pp 271-279.
- Burton C.H., Sneath R.W., Misselbrook T.H. & Pain B.F., 1998. The effect of farm scale aerobic treatment of piggery slurry on odour concentration, intensity and offensiveness. *J Agric Engng Res*. Vol 71, pp 203-211.
- Börjesson T., Eklöv T., Jonsson A., Sundgren H. & Schnürer J., 1996. Electronic nose for odour classification of grains. *Cereal Chemistry*, Vol. 73, pp. 457-461.
- Cumby T. R., 1987. A review of slurry aeration. 1. Factors affecting oxygen transfer. *J Agric Engng Res*. Vol 36, No 3, pp 141-156.
- Grennfelt P., Lindvall T., Norén O., Rosén G. & Thyselius L., 1975. Luktutsläpp och luktspridning från svinstallar. JTI-rapport 13. JTI - Institutet för jordbruks- och miljöteknik, Uppsala.
- Gustafsson G., 1995. Damm i svinstallar. Rapport 104. Institutionen för jordbrukets biosystem och teknologi, Sveriges lantbruksuniversitet, Alnarp. ISSN 1104-7313.
- Hartung J. & Phillips V.R., 1994. Control of Gaseous Emissions from Livestock Buildings and Manure Stores. *J. agric. Eng Res*. 57 (3), pp. 173-189.
- Hobbs P.J., Misselbrook T.H. & Pain B.F., 1995. Assessment of odours from livestock wastes by a photoionization detector, an electronic nose, olfactometry and gas chromatography – mass spectrometry. *J Ag Engng Res*, Vol 60, No 2, pp 137-144.
- Larsson K., Rodhe L., Jakobsson K-G., Johansson G. & Svensson L. 1999. Torv som strö i smågrisproduktionen – effekt på miljö och djurhälsa. JTI-rapport *Lantbruk & Industri* nr 257. JTI - Institutet för jordbruks- och miljöteknik, Uppsala.
- Lindvall T., Norén O. & Thyselius L., 1972. Luktreducerande åtgärder vid flytgödselhantering. Specialmeddelande 22, Swedish Institute of Agricultural Engineering, Uppsala.
- Lindvall T., Norén O. & Thyselius L., 1973. On the Abatement of Animal Manure Odours. In: Proc. 3rd Intern. Clean Air Congress, Düsseldorf.
- Lundström I., Ederth T., Kariis H., Sundgren H., Spetz A. & Winquist F., 1994. Recent developments in field-effect gas sensors. *Sensors and Actuators B23*, 1995. 127-133 Elsevier Science S.A. Amsterdam.
- Martinec M., Brose G. & Hartung E., 1998. Course of the day of odour release from livestock buildings and odour reduction with biofilters. Paper no: 98-E-037 AgEng International Conference on Agricultural Engineering, Oslo, 24-27 August.
- Martinec M., Hartung E., Jungbluth T., Martens W., Böhm R., Schneider F., Stark M., Wieser P.H., Zapirain R. & Palmgren U., 2000. Reduction of odour and bioaerosol emissions from swine facilities with biofilters. paper no: 00-AP-027. AgEng International Conference on Agricultural Engineering into the Third Millennium, Warwick, UK, 2-7 July.



- Masten S. J. & Davies S. H., 1994. The use of ozonation to degrade organic contaminants in wastewater. *Environmental Science and Technology*, 28:4:181A-185A.
- Miner J.R., 1980. Controlling Odours from Livestock Production Facilities: State-of-the-Art. In: *Livestock Waste: A Renewable Resource*. Proc. 4th Intern. Symp. Livestock Wastes 1980. ASAE. Michigan.
- Moore G., Griffith C. & Peters A., 2000. Bactericidal properties of ozone and its potential application as a terminal disinfectant. *Journal of Food Protection*, 63, 8, 1100-1106.
- Norén O., 1986. Swedish experiences with soil injection. In: V.C. Nielsen, J.H. Voorburg and P. L'Hermite (Eds.). *Odour Prevention and Control of Organic Sludge and Livestock Farming*. Elsevier Applied Science Publishers, London and New York.
- Pettersson A., 2001. Luktreducering av gödsel med hjälp av ozon. Metodutveckling och mätningar. JTI-rapport *Lantbruk & Industri* nr 286. JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik, Uppsala.
- Priem R., 1977. Deodorization by means of ozone. *Agriculture and Environment* 3, 227-237. Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam.
- Rodhe L., Thyselius L. & Berglund U., 1986. Biofilter för luktreducering. Installation och utvärdering. JTI-rapport 76, JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik, Uppsala.
- Sabo F., 2000. Techniken zur Geruchsminderung: Abluftmanagement, Abluftreinigungsverfahren, kombinierte systeme. In: *Handbuch Gerüche in der aussenluft*. Mannheim, 29-30 november. VDI Bildungswerk GmbH, Düsseldorf.
- Smith R.J. & Watts P.J., 1994. Determination of Odour Emission Rates from Cattle Feedlots: Part 1, A Review. *J. Agric. Engng Res.* 57 pp. 145-155.
- Spoelstra S.F., 1978. Microbial Aspects of the Formation of Malodorous Compounds in Anaerobically Stored Piggery Wastes. Laboratory of Microbiology, Agricultural University. Wageningen.
- Walding, 2000. Ozonhalter vid aktiv användning. Rapport 2000:1. Arbetskyddsstyrelsen, Solna.
- Watkins B. D., Hengemuehle S. M.; Person H. L., Yokoyama M. T. & Masten S. J., 1997. Ozonation of swine manure wastes to control odours and reduce the concentrations of pathogens and toxic fermentation metabolites. *Ozone Science and Engineering*, 19, 425-438.
- Winqvist F., Hörnsten E.G., Sundgren H. & Lundström I., 1993. Performance of an electronic nose for quality estimation of ground meat. *Meas. Sci. Technol.* 4, pp. 1493-1500.
- Wu J. J., Park S., Hengemuehle S. M., Yokoyama M. T., Person H. L., Gerrish J.B. & Masters, S. J. 1999. The use of ozone to reduce the concentration of malodorous metabolites in swine manure slurry. *J. Agric. Engng. Res.* 72, 317-327.

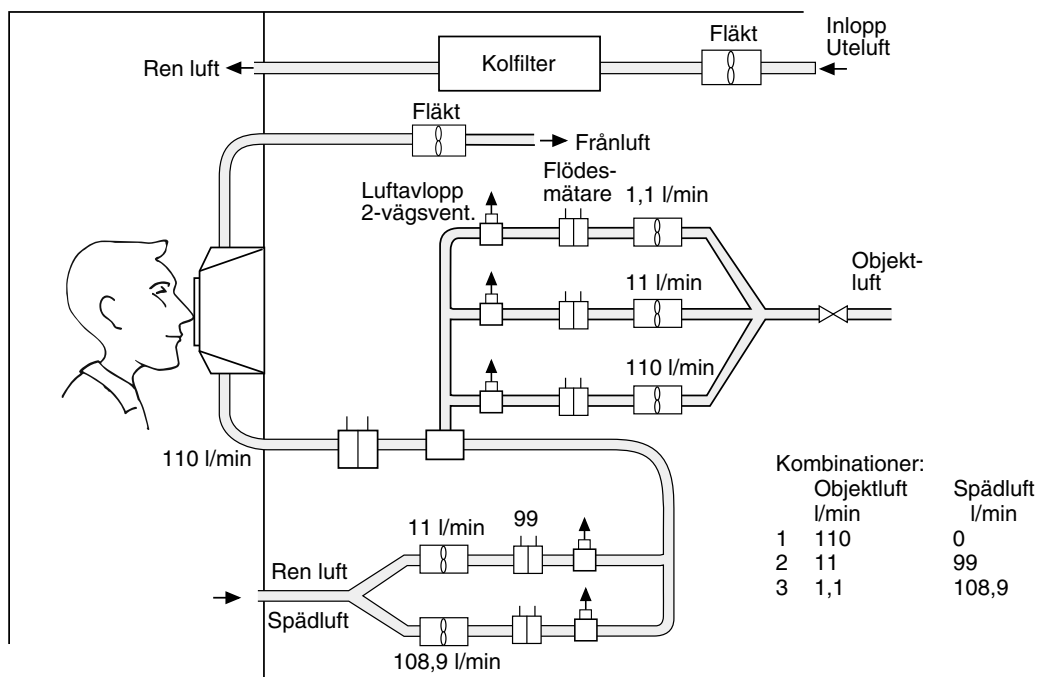


## Bilaga 1. Beskrivning av luktlaboratorium och mätmetodik för luktintensitet, ur Pettersson (2001)

### Luktlaboratorium

#### Dosering av objektluft

För att föra in erforderlig luftmängd i systemet användes fem stycken 24 V axialfläktar av typen D601T (Micronel). Tre av dessa användes för att suga in objektluften och två för att suga in spädluft i olfaktometern. Samtliga fläktar kunde regleras och flödena kunde mätas med hjälp av strypflänsar och manometrar vilka var kalibrerade för önskat flöde. Manometrarna var av typen 2000-125 Pa Magnehelic (Dwyer Instruments, Inc.). Flödena för objektluften var 1,1, 11 och 110 l/min och för spädluften 99 och 108,9 l/min. Då dessa flöden kombinerades kunde ett blandningsförhållande på 1, 10 och 100 % objektluft i ren luft erhållas samtidigt som det totala flödet in till lukthuvens var 110 l/min, Figur 1. För att spädluften skulle vara helt ren från lukter fick den passera ett filter av aktivt kol innan objektluften tillsattes.

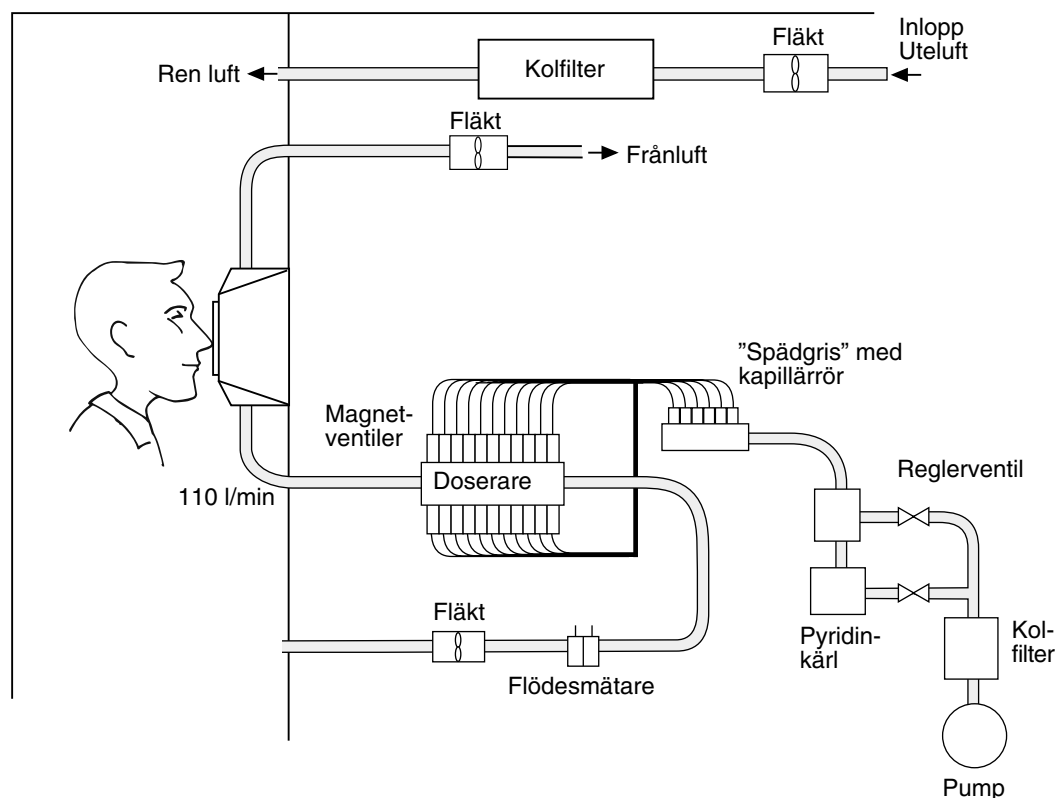


Figur 1. Principskiss av luktmätningar vid testning med objektluft.

#### Dosering av jämförelsegas

Som jämförelsegas användes pyridin. Pyridinbehållaren sattes i ett vattenbad av typen Precistern, vilket ställdes in på 28°C. En pump, av typen 107CD18 (Tomas Compressors & Vacuum Pumps) vilken gav ett flöde på 15 l/min, användes för att pumpa in ren luft till pyridinkärlet via en kolfilterstav. För att reglera luft- och pyridinflödena anslöts frireglerande nålventiler (L Series Metering Valve). Jämförelsegasen späddes sedan med hjälp av en s.k. spädgris där koncentrationen hölls på konstant nivå (ca 100 ppm) och övertrycket var 60 mm vp. Kapillärrör, vilka var kalibrerade för olika flöden, var anslutna till spädgrisen, Figur 2. Övertrycket gjorde sedan att önskat flöde kunde passera ut genom kapillärerna, som

var anslutna till magnetventiler (typ 2606 Nassmagnet). Flödet gick kontinuerligt genom ventilerna, och styrdes antingen in i luftströmmen till lukthuvens eller direkt ut i en frånluftskanal, beroende på ventilernas läge. Pyridinkoncentrationen i spädgrisen mättes med hjälp av en Organic Vapor Meter (OVM) av typen 580A (Thermo Environmental Instrument Inc.). Jämförelsegasen passerade in i en kontinuerlig och kolfilterrad luftström vilken hade ett flöde på 110 l/min. Luftströmmen genererades på samma sätt som luftströmmen i objektluftens olfaktometer, dvs. med hjälp av en 24 V axialfläkt och manometer. Koncentrationen jämförelsegas in till lukthuvens beräknades ur luftflöde och koncentration i spädgrisen.



Figur 2. Principskiss av luktmetningar med jämförelsegas (pyridin).

## Luktintensitet

Luktstyrkan hos de lukter som presenterades i de två huvorna (objektluft respektive jämförelsegas) bedömdes med fri magnitudskattning (se t.ex. Baird & Noma, 1978) och master scaling (se t.ex. Berglund et al., 1983). Fri magnitudskattning innebär att varje panelmedlem själv får bestämma vilken skala han eller hon vill använda, det kan vara hel-, decimal- eller bråktal och anger endast förhållandet mellan lukterna. Panelmedlemmen angav i en mikrofon den siffra som han eller hon ansåg korrespondera till den upplevda lukten och försöksledaren som satt med hörlurar på laboratoriesidan av vagnen antecknade värdet, Figur 3. De personer som väntade på sin tur i samma rum som försöksledaren kunde inte höra vilket värde som angivits.

Master scaling går ut på att mätskattningarna konverteras till en masterskala vilken används för att kalibrera panelmedlemmarna mot varandra och gör det möjligt att jämföra olika lukter. Masterskalan upprättades genom att varje panelmedlem

fick lukta på sex olika koncentrationer av jämförelsegasen pyridin i slumpvis ordning. Varje koncentration presenterades totalt tio gånger varefter ett medelvärde kunde räknas ut för respektive koncentration. För att göra det möjligt att jämföra objektluften med pyridinet upprättades en s.k. referensskala. Detta gjordes genom att presentera samma antal pyridinkoncentrationer tillsammans med objektluften (totalt 10 gånger) i slumpvis ordning. De sex koncentrationer pyridin som användes i försöket var: 32, 61, 122, 240, 485 samt 967 ppb.



*Figur 3. Interiörbild under pågående försök.*

## Litteratur

- Baird J. C. & Noma, E., 1978. Fundamentals of scaling and psychophysics. New York: Wiley Interscience.
- Berglund B., Berglund U. & Lindberg S., 1983. Master scaling of environmental loudness. Reports from the Department of Psychology, The Stockholm University, No 610. Stockholm: Department of Psychology, Stockholm university.



## Bilaga 2. Försökspersonernas normaliserade skattningar av pyridinkoncentrationerna och objektslufterna

Tabell 1. Medelvärden för försökspersonernas normaliserade skattningar av pyridinkoncentrationerna och obehandlad objektsluft.

Försöks- person, nr	Försöks- ordning	Pyridinkoncentration (ppb)						Objekts- luft
		32	61	122	240	485	967	
1	obeh-beh	6,7	15,3	69,7	124,2	160,5	223,6	229,3
2	obeh-beh	0,0	32,0	21,3	42,6	149,1	355,0	511,2
3	obeh-beh	4,6	27,5	66,4	100,8	153,4	247,3	210,7
4	beh-obeh	0,0	7,3	22,0	80,5	168,3	322,0	387,8
5	beh-obeh	2,4	9,7	29,1	70,4	191,9	296,4	257,5
6	beh-obeh	-21,7	17,4	60,9	134,8	173,9	234,8	150,0
7	beh-obeh	10,4	26,1	52,2	78,3	198,3	234,8	386,1
8	beh-obeh	0,0	16,2	37,8	91,9	183,8	270,3	308,1
9	obeh-beh	0,0	9,6	17,3	67,1	161,0	345,0	488,8
10	obeh-beh	0,0	3,2	20,5	112,1	173,7	290,5	214,7
11	obeh-beh	76,1	71,8	84,5	97,2	118,3	152,1	152,1
12	obeh-beh	4,3	12,9	90,0	115,7	154,3	222,9	188,6
13	obeh-beh	23,5	27,1	66,9	101,2	164,5	216,9	193,4
medel		8,17	21,23	49,12	93,60	165,46	262,42	282,95
SD		22,62	17,57	25,79	25,55	20,54	57,75	123,12

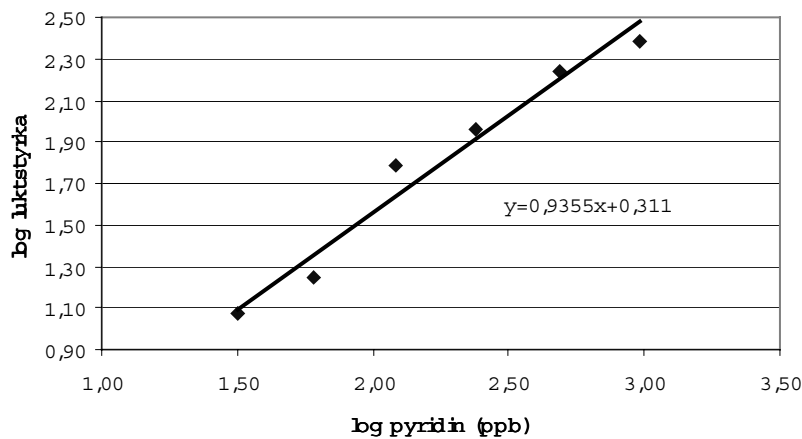
Tabell 2. Medelvärden för försökspersonernas normaliserade skattningar av pyridinkoncentrationerna och ozonbehandlad objektsluft.

Försöks- person, nr	Försöks- ordning	Pyridinkoncentration (ppb)						Objekts- luft
		32	61	122	240	485	967	
1	obeh-beh	15,4	14,4	76,9	96,4	144,6	252,3	222,6
2	obeh-beh	9,9	5,0	29,8	44,6	163,6	347,1	614,9
3	obeh-beh	0,0	19,4	45,2	74,2	187,1	274,2	190,3
4	beh-obeh	0,0	6,2	43,3	86,6	142,3	321,6	334,0
5	beh-obeh	4,1	14,7	52,8	96,5	179,2	252,7	245,8
6	beh-obeh	-3,0	20,9	116,2	125,4	149,3	191,2	140,4
7	beh-obeh	9,8	48,8	53,7	102,4	146,3	239,0	341,5
8	beh-obeh	0,0	17,3	60,4	120,9	168,3	233,1	185,6
9	obeh-beh	0,0	0,0	9,8	32,6	150,0	407,6	684,8
10	obeh-beh	0,0	7,8	47,1	51,0	156,9	337,3	254,9
11	obeh-beh	72,9	56,1	84,1	89,7	134,6	162,6	190,7
12	obeh-beh	13,6	22,7	59,1	109,1	163,6	231,8	159,1
13	obeh-beh	18,4	22,1	73,6	121,5	152,8	211,7	265,0
medel		10,86	19,63	57,84	88,53	156,82	266,32	294,58
SD		19,92	16,26	26,36	30,15	15,07	69,20	169,39

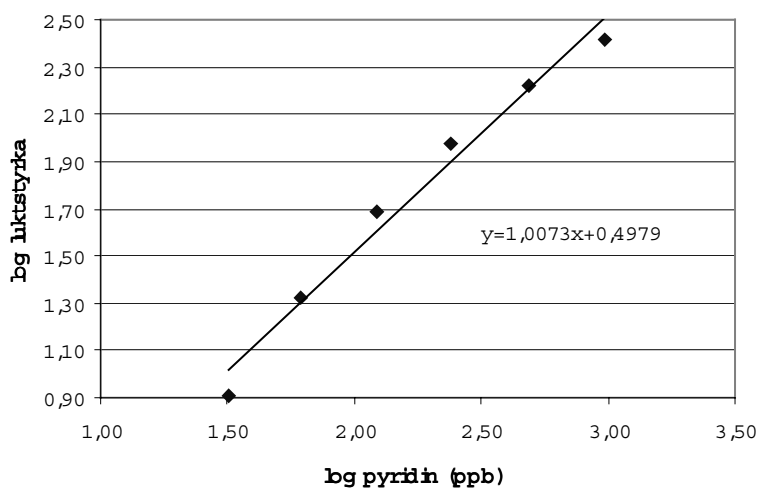




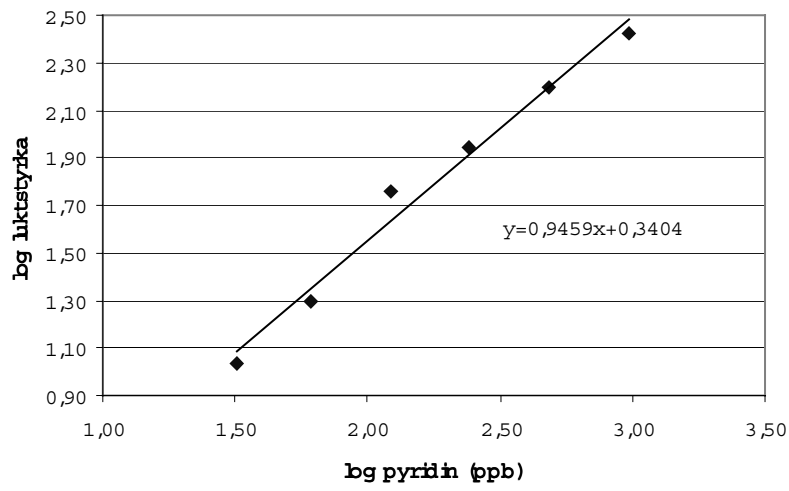
### Bilaga 3. Masterfunktion och referensfunktioner för obehandlad respektive behandlad luft



Figur 1. Masterfunktion för panelen.



Figur 2. Referensfunktion för obehandlad ventilationsluft.



Figur 3. Referensfunktion för ozonbehandlad ventilationsluft.



## JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik...

... är ett industriforskningsinstitut som forskar, utvecklar och informerar inom områdena jordbruks- och miljöteknik. Vårt arbete ska ge dig bättre beslutsunderlag, stärkt konkurrenskraft och klokare hushållning med naturresurserna.

Vill du få fortlöpande information om aktuell verksamhet och nya publikationer från JTI?

Varje vecka skickar vi ut aktuella *webbnotiser* om aktuell forskning och utveckling, gå in på [www.jti.slu.se](http://www.jti.slu.se) för att anmäla dig (tjänsten är gratis).

Det tryckta nyhetsbrevet *Axplock från JTI* tar främst upp ämnen som rör lantbruk och industri, kommer ut tre gånger per år och är gratis.

Du kan också prenumerera på *JTI-informerar*, som kortfattat beskriver ny teknik, nya rön och nya metoder inom jordbruk och miljö.

Vill du fördjupa dig ytterligare finns *JTI-rapporterna*, som är vetenskapliga sammanställningar över olika projekt.

*JTI-rapporterna* och *JTI-informerar* kan du beställa som lösnummer från JTI eller hämtar hem gratis som pdf-filer från vår webbplats. Där hittar du också aktuella prislistor m.m.

*För trycksaksbeställningar, prenumerationsärenden m.m.,  
kontakta vår publikationstjänst (SLU Service Publikationer):*

tfn 018 - 67 11 00, fax 018 - 67 35 00

e-post: [bestallning@jti.slu](mailto:bestallning@jti.slu)



**JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik**

JTI – Swedish Institute of Agricultural and Environmental Engineering

Box 7033, 750 07 UPPSALA      Telefon: 018 - 30 33 00

Besöksadress: Ultunaallén 4      Telefax: 018 - 30 09 56

Webbplats: [www.jti.slu.se](http://www.jti.slu.se)      E-post: [office@jti.slu.se](mailto:office@jti.slu.se)