

# **Emissioni di ammoniaca, metano e protossido di azoto e concentrazione di polveri in due differenti allevamenti di suini all'ingrasso**

*Claudio Fabbri<sup>1</sup>, Marcella Guarino<sup>2</sup>, Laura Valli<sup>1</sup>, Pierluigi Navarotto<sup>2</sup> e Annamaria Costa<sup>2</sup>*

## **Riassunto**

Le concentrazioni di ammoniaca, metano, protossido di azoto e polveri, intese come polveri sottili (PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>10</sub>) sono state monitorate in due differenti allevamenti per suini all'ingrasso. In entrambi gli allevamenti era presente una pavimentazione totalmente fessurata, ma la prima unità possedeva una fossa di raccolta delle deiezioni al di sotto della pavimentazione, con una soglia di trascinamento (FT), fossa in cui una parte delle deiezioni viene accumulata per tutto il periodo dell'ingrasso (tecnica convenzionale), mentre nella seconda unità si aveva un sistema di rimozione frequente delle deiezioni chiamato Vacuum System (VS)

I gas e le polveri sono state misurate in sei periodi di osservazione di circa una settimana ognuno, in modo, così, da poter rappresentare le stagioni dell'anno. È stato utilizzato un rivelatore foto acustico (Brüel&Kjær) per misurare le concentrazioni di NH<sub>3</sub>, CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O, e uno strumento di nuova concezione, l'“Haz-Dust EPAM-5000”, per misurare il particolato (PM). La portata dell'aria è stata anch'essa misurata in continuo, così da valutare le emissioni all'esterno dei ricoveri.

Per la tecnica convenzionale (FT), l'emissione di ammoniaca è stata di 2.6 kg a<sup>-1</sup>·posto suino<sup>-1</sup> mentre per il sistema VS di 1.7 kg a<sup>-1</sup>·posto suino<sup>-1</sup>.

Entrambi i valori si sono mostrati inferiori rispetto a quelli consigliati dall' IPPC-Tecnical Working Group per gli allevamenti intensivi. Tuttavia, l'efficienza di riduzione della tecnica VS, paragonata al sistema di riferimento FT, risultata pari al 35%, non si è mostrata così lontana dal livello di riduzione valutato all'interno del documento IPPC-Bref per gli allevamenti (25%).

## **INTRODUZIONE**

La direttiva EU 96/61/EC, conosciuta anche come IPPC (Integrated Prevention Pollution Control) che l'Italia ha recepito sotto forma di Decreto n. 372 del 04/09/99 per gli allevamenti intensivi, ha lo scopo di disciplinare in modo rigoroso tutte le forme di emissione nell'atmosfera, nell'acqua e nel suolo, e di obbligare gli allevatori a dichiarare la destinazione finale di ogni scarico prodotto.

Sulla base di questa direttiva è nato il concetto di Best Available Technique (BAT), o Miglior Tecnologia Disponibile (MTD), secondo la quale gli allevatori possono scegliere di adottare tra le tecnologie disponibili sul mercato una tecnologia in grado non solo di prevenire o limitare le emissioni, ma che sia anche “sostenibile” dal punto di vista economico per l'allevatore.

L'ammoniaca negli allevamenti suini proviene sostanzialmente dalle deiezioni presenti nella fossa sottostante la pavimentazione e dalle deiezioni che si accumulano sul pavimento che può essere pieno o fessurato. Le tecniche per ridurre le emissioni possono consistere nella

---

<sup>1</sup> Centro Ricerche Produzioni Animali, CRPA SpA, Reggio Emilia

<sup>2</sup> Università degli Studi di Milano, Dipartimento di Scienze e Tecnologie Veterinarie per la Sicurezza Alimentare

riduzione del fessurato del recinto e/o dalla rapida rimozione delle deiezioni verso una vasca esterna.

Al fine di valutare l'efficacia di una delle tecniche candidate ad essere "BAT" per gli allevamenti suini che ha riscosso un notevole successo tra gli allevatori nel nostro paese, è stato condotto un programma di monitoraggio a lungo termine all'interno di un progetto dell'ENEA (Ente Nazionale per le nuove tecnologie, Energia ed Ambiente), finanziato dal Ministero dell'Ambiente.

In questo studio sono stati raccolti i dati relativi al monitoraggio condotto in un anno in un allevamento di suini all'ingrasso, da 60 a 160 kg, con lo scopo di confrontare l'efficienza di una tecnica atta a ridurre l'emissione di agenti inquinanti (gas e polveri) con una tecnica tradizionale. A tale scopo sono state utilizzate due sale con simili strutture.

## MATERIALI E METODI

### Descrizione dei ricoveri

Le misurazioni sono state fatte in due sale che ospitano circa 200 suini all'ingrasso. Le tecniche monitorate sono state:

- **Pavimento totalmente fessurato con fossa sottostante a soglia di trascinamento (FT)**, con estrazione dell'aria da sotto al fessurato. La fossa delle deiezioni al di sotto del fessurato aveva una soglia di trascinamento di 50 cm, per cui la frazione più leggera delle deiezioni "fresche" fluisce in modo continuo al di fuori del ricovero, mentre solo la frazione solida sedimenta sul fondo della fossa. In paragone alla "tecnica di riferimento", considerata nell'ambito del documento IPPC-Bref per gli allevamenti intensivi, per stimare l'efficienza di riduzione nella classificazione delle tecnologie BAT per i ricoveri, che è il "pavimento totalmente fessurato con fossa di raccolta delle deiezioni", questo sistema differisce nel fatto che le deiezioni non vengono rimosse alla fine del ciclo di ingrasso, ma la frazione solida si deposita nella fossa mentre le urine e la frazione liquida trascinano di fuori. La tecnica monitorata, viene ampiamente utilizzata negli allevamenti per suini all'ingrasso in Italia, ed è stata considerata in questo studio come il riferimento per stimare la riduzione della tecnica a bassa emissione.
- **Pavimento totalmente fessurato con sistema "vacuum" di frequente rimozione delle deiezioni (VS)**. Le deiezioni vengono allontanate dalla fossa aprendo una valvola nella condotta principale, sviluppando un leggero vuoto. La sala ha un sistema di aerazione forzata a camino.

Nella sala dotata di pavimento totalmente fessurato e di fossa sottostante, la ventilazione è assicurata da due gruppi di due ventilatori ciascuno, controllati da un sensore per il rilevamento della temperatura (*Figura 1*). Il gruppo primario di ventilatori estrae l'aria da sotto il grigliato, il gruppo secondario estrae l'aria da sopra il grigliato, dal centro della sala. Il gruppo primario provvede al ricambio d'aria per tutto il periodo di ingrasso, mentre il gruppo secondario viene utilizzato solo nei momenti di maggiore necessità (periodo estivo).

La sala dotata del sistema VS comprende un numero di fori di scarico sul pavimento della fossa che sono connessi al sistema fognario aziendale per mezzo di una serie di condutture di drenaggio. L'allontanamento, delle deiezioni avviene in seguito all'apertura di valvole situate al di sotto del fessurato. La depressione creata dal flusso delle deiezioni nella condotta risucchia il materiale sedimentato sul fondo della vasca consentendo così una pulizia ottimale. La facilità di esecuzione di questa operazione, permette il frequente svuotamento della fossa dalle deiezioni (in media ogni 7 giorni) e riduce in maniera significativa l'emissione di gas inquinanti. Uno strato di 5-10 cm di deiezioni permette la dissoluzione delle feci prima dell'operazione di svuotamento. Il pavimento della fossa ha una leggera pendenza in direzione

dei fori per favorire la completa rimozione della frazione solida sedimentata. Ciò ha lo scopo di prevenire la formazione di incrostazioni sul pavimento. La ventilazione della sala è fornita da due gruppi di ventilatori assiali con estrazione verticale. Entrambi i gruppi di ventilatori aspirano l'aria al di sopra del pavimento fessurato e sono posizionati in linea sull'asse trasversale della sala (**Figura 2**).

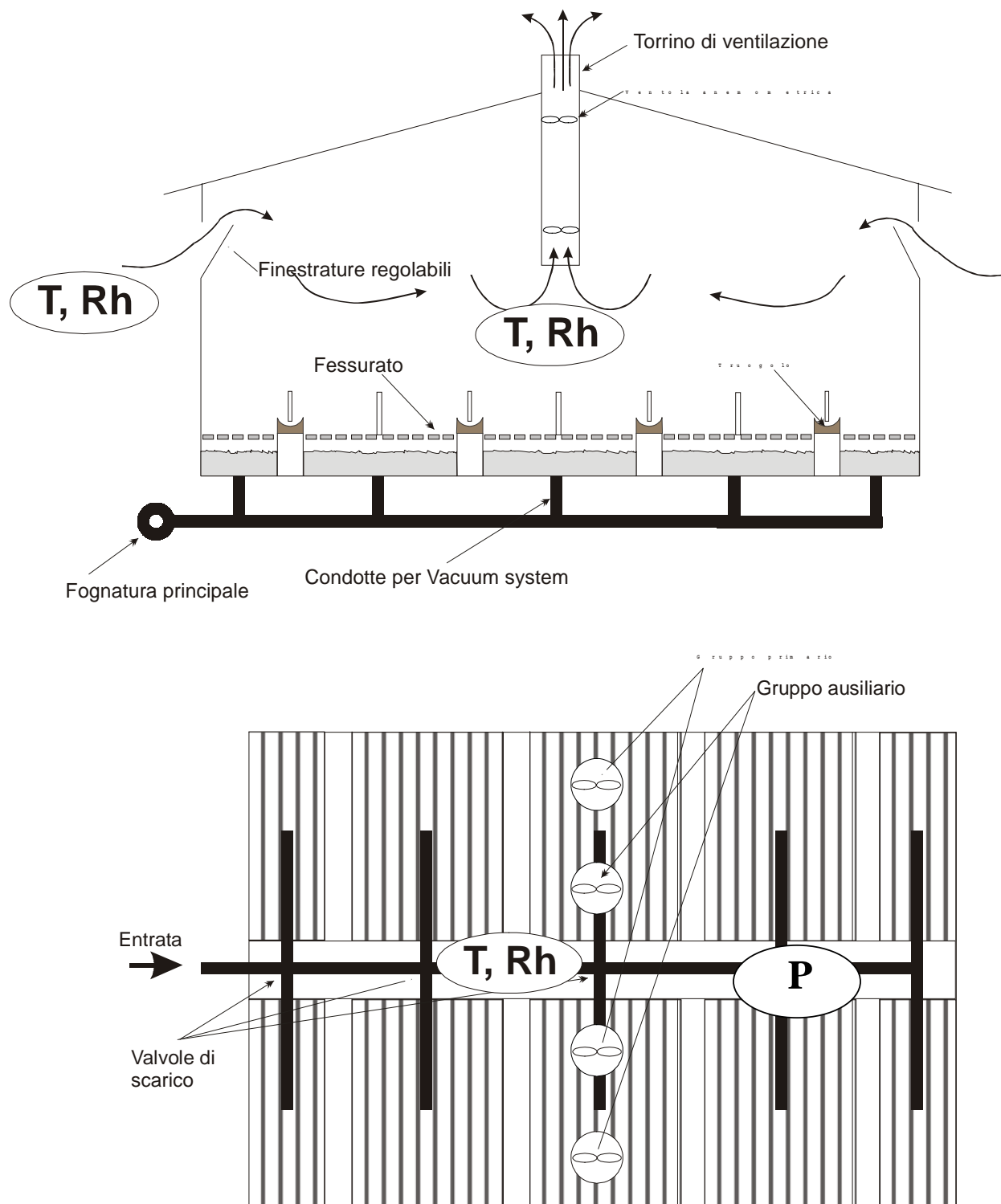
### **Parametri ambientali**

La portata dell'aria estratta è stata rilevata in continuo, misurando la velocità di rotazione di un anemometro accoppiato ai ventilatori in estrazione dell'aria dei ricoveri. La temperatura e l'umidità relativa dell'aria sono state registrate in continuo, sia all'interno che all'esterno dei due settori.

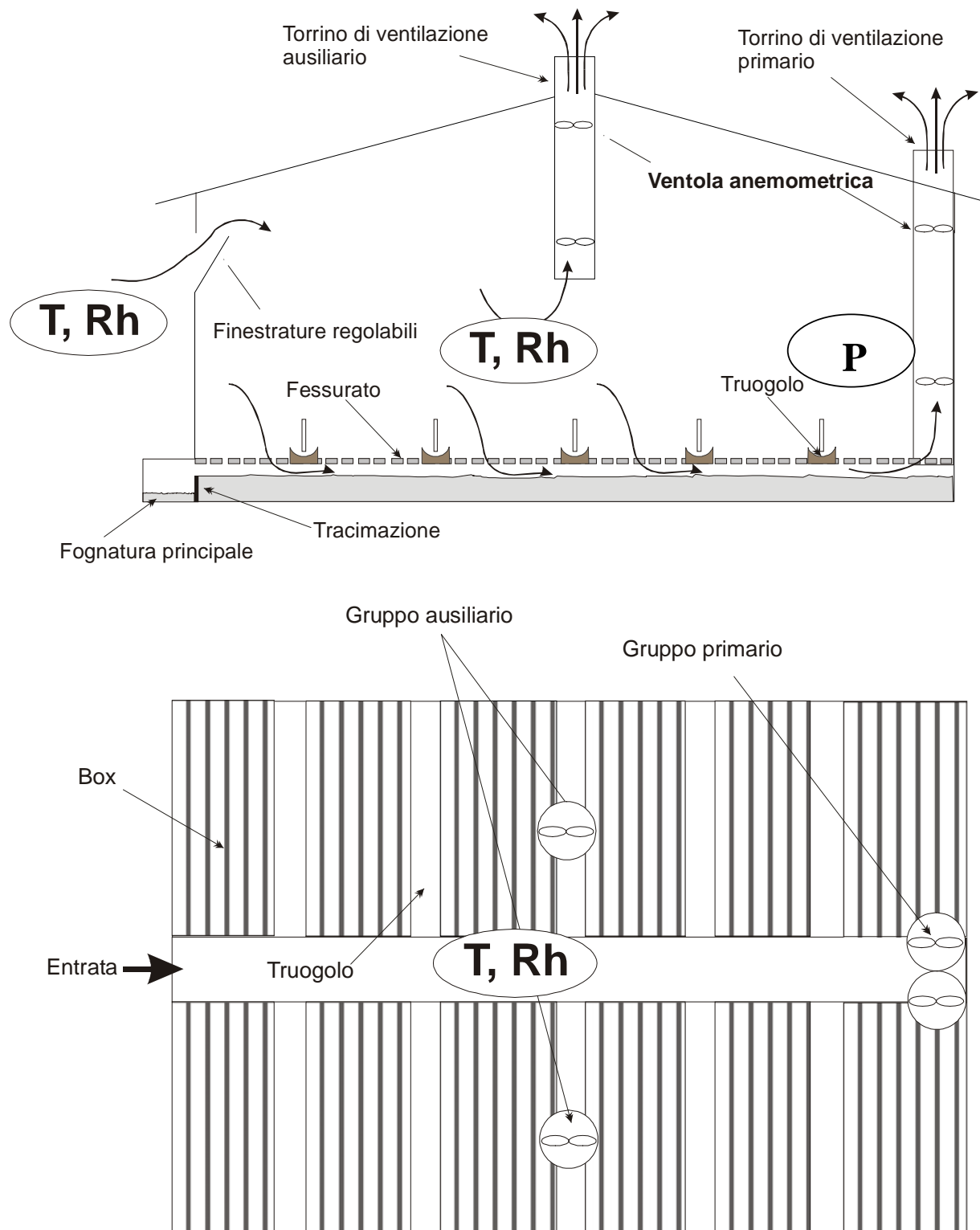
### **Ammoniaca, gas serra e polveri**

I gas e la concentrazione di polveri sono state misurate in continuo per sei periodi di circa una settimana, durante un intero anno, utilizzando un rivelatore foto acustico (Briel&Kjaer, Multi-gas Monitor Type 1302) per misurare le concentrazioni di NH<sub>3</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O e CO<sub>2</sub>, e uno strumento di nuova concezione, l' "Haz-Dust EPAM-5000", per misurare il particolato (PM<sub>2.5</sub> e PM<sub>10</sub>). La velocità dell'aria è stata anch'essa misurata in continuo così da valutare le emissioni all'esterno dello stabile.

L'emissione di ammoniaca e di gas serra, determinati alla fine di ogni ciclo di monitoraggio, sono stati ottenuti moltiplicando la portata dell'aria estratta dal ricovero per la differenza di concentrazione tra il punto di emissione e quello di immissione.



**Figura 1** – Schema del ricovero suino con tecnica di riferimento (*fossa a tracimazione*) con pianta e sezione. Sono messi in evidenza i punti di campionamento e i relativi parametri monitorati (T= temperatura; Rh= umidità relativa; P= polverosità).



**Figura 2** – Schema del ricovero suino con tecnica di riduzione (*vacuum system*) con pianta e sezione. Sono messi in evidenza i punti di campionamento e i relativi parametri monitorati. (T= temperatura; Rh= umidità relativa; P= polverosità).

## RISULTATI E DISCUSSIONE

### Parametri ambientali e riproduttivi

Nella sala FT il numero medio di suini durante i sei periodi di monitoraggio è stato di 195 capi con un peso vivo medio di 109 kg, mentre nella sala VS è stato di 217 capi con un peso vivo medio di 120 kg.

I parametri climatici sono riportati nella **Tabella 1** per il sistema FT e in **Tabella 2** per il sistema VS.

I parametri ambientali esterni sono risultati sostanzialmente simili per entrambi i sistemi, con temperature leggermente più alte nel caso della sala VS (13.8°C per FT vs. 15.4°C per VS). In relazione con questa temperatura più alta e con il peso medio più elevato presente nella sala, la portata dell'aria estratta durante il periodo di monitoraggio si è rivelata anch'essa più elevata per il sistema VS (65 m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup> suino posto<sup>-1</sup> per FT vs. 110 m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup> suino posto<sup>-1</sup> per VS), anche facendo riferimento all'unità di peso vivo presente (547 m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup> t<sub>pv</sub><sup>-1</sup> per FT vs. 884 m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup> t<sub>pv</sub><sup>-1</sup> per VS).

**Tabella 1 – Condizioni climatiche durante il periodo sperimentale per l'allevamento FT**

Statistiche	Temperatura interna	Umidità relativa interna	Temperatura esterna	Umidità relativa esterna	Velocità dell'aria		
	[°C]	[%]	[°C]	[%]	[m <sup>3</sup> h <sup>-1</sup> ]	[m <sup>3</sup> h <sup>-1</sup> posto suino <sup>-1</sup> ]	[m <sup>3</sup> h <sup>-1</sup> t <sub>pv</sub> <sup>-1</sup> ]
<b>Media</b>	<b>22.1</b>	<b>63.5</b>	<b>13.8</b>	<b>77.4</b>	<b>12591</b>	<b>65</b>	<b>575</b>
<i>Minimo</i>	18.0	40.4	3.9	37.3	3775	18	259
<i>Massimo</i>	32.7	87.6	33.4	96.8	27495	151	1169

**Tabella 2 – Condizioni climatiche durante il periodo sperimentale per l'allevamento VS**

Statistiche	Temperatura interna	Umidità relativa interna	Temperatura esterna	Umidità relativa esterna	Velocità dell'aria		
	[°C]	[%]	[°C]	[%]	[m <sup>3</sup> h <sup>-1</sup> ]	[m <sup>3</sup> h <sup>-1</sup> posto suino <sup>-1</sup> ]	[m <sup>3</sup> h <sup>-1</sup> t <sub>pv</sub> <sup>-1</sup> ]
<b>Media</b>	<b>20.5</b>	<b>61.5</b>	<b>15.4</b>	<b>73.5</b>	<b>23919</b>	<b>110</b>	<b>884</b>
<i>Minimo</i>	14.6	45.3	-0.4	50.0	6490	27	196
<i>Massimo</i>	31.0	80.8	32.6	98.0	59718	278	1895

### Emissione di ammoniacca e di gas serra

La **Tabella 3** riporta una sintesi dei fattori di emissione medi annui determinati per NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub> e CH<sub>4</sub> (espressi per posto suino e per unità di peso vivo).

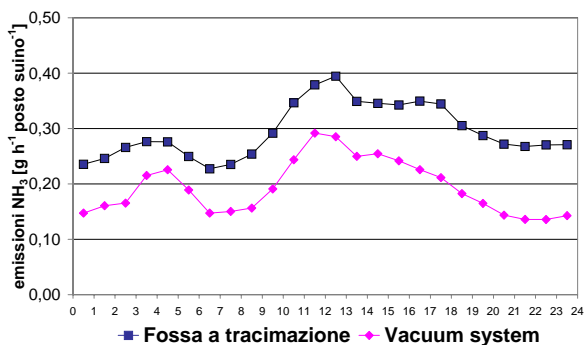
**Tabella 3 – Ricoveri suini: fattori di emissione medi**

Fattori di emissione				
Gas	NH <sub>3</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub>
<b>FT Pavimento totalmente fessurato</b>				
kg a <sup>-1</sup> posto suino <sup>-1</sup>	2.6 ± 1.3	15.7 ± 7.0	0.07 ± 0.30	992 ± 263
kg a <sup>-1</sup> UBA <sup>-1</sup> (*)	11.4 ± 2.5	69.1 ± 13.8	0.17 ± 1.29	4573 ± 428
g h <sup>-1</sup> UBA <sup>-1</sup> (*)	1.3 ± 0.3	7.9 ± 1.6	0.02 ± 0.15	522 ± 49
<b>VS sistema Vacuum</b>				
kg a <sup>-1</sup> posto suino <sup>-1</sup>	1.7 ± 0.9	13.4 ± 5.4	0.07 ± 0.07	1096 ± 300
kg a <sup>-1</sup> UBA <sup>-1</sup> (*)	7.1 ± 2.6	55.9 ± 17.2	0.33 ± 0.28	4547 ± 406
g h <sup>-1</sup> UBA <sup>-1</sup> (*)	0.8 ± 0.3	6.4 ± 2.0	0.05 ± 0.03	519 ± 46

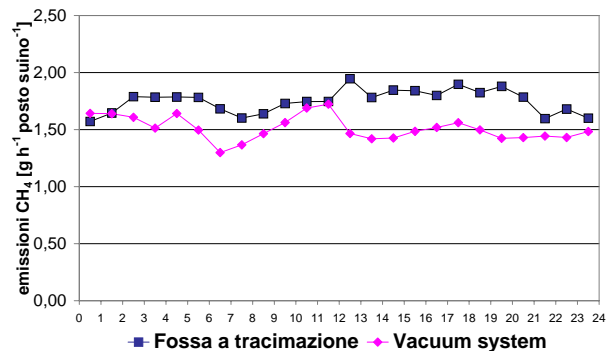
(\*) UBA = Unità Bovino Adulto = 500 kg peso vivo

La **Figura 3** e la **Figura 4** riportano l'andamento del "giorno medio", calcolato sulla base di tutti i dati raccolti nei diversi cicli, per l'emissione di ammoniaca e metano per le due tecniche.

Si può notare che l'emissione di ammoniaca durante le 24h è simile per entrambe le sale, con un incremento delle emissioni durante la giornata fino ad arrivare ad un picco nel pomeriggio (somministrazione dell'alimento). Altri picchi di emissione si sono verificati alle 4:00 del mattino e (in maniera meno evidente) alle 6:00 del pomeriggio, momenti corrispondenti alle altre due somministrazioni del pasto. I valori medi di emissione durante la giornata (dalle 8:00 del mattino alle 7:00 di sera) sono risultati il 29% e il 37% più alti rispetto ai valori registrati durante la notte, per il sistema FT e per il sistema VS, rispettivamente. Il calo di emissioni registrato alle 6:00 a.m. è probabilmente dovuto alla riduzione della portata di ventilazione conseguente alla temperatura minima esterna.



**Figura 3 – Ricoveri suinicoli: andamento giornaliero medio delle emissioni di ammoniaca**



**Figure 4 - Ricoveri suinicoli: andamento giornaliero medio delle emissioni di metano**

I fattori relativi all'emissione di ammoniaca sono risultati  $2.6 \text{ kg a}^{-1} \text{ posto suino}^{-1}$  per la tecnica convenzionale (FT) e di  $1.7 \text{ kg a}^{-1} \text{ posto suino}^{-1}$  per la tecnica di riduzione (VS).

Entrambi i fattori di emissione si sono rivelati inferiori rispetto a quelli indicati per le tecniche corrispondenti nel documento BREF (European Commission, 2002) relativo agli allevamenti zootecnici intensivi.

Nel caso della tecnica convenzionale questo risultato può essere spiegato dal fatto che il sistema di riferimento considerato nel BREF (pavimentazione totalmente fessurata con fossa di stoccaggio prolungato sottostante) è simile, ma non uguale al sistema FT nel quale, come menzionato in precedenza, lo strato superficiale delle deiezioni traccina al di fuori in modo continuo mentre, la materia organica più solida sedimenta sul fondo. Tuttavia i risultati ottenuti in questa sperimentazione sono assai simili ai fattori di emissione ottenuti, con una simile metodologia di misura, da Osada *et al.* (1998) in ricoveri per suini all'ingrasso (da  $11.0$  a  $11.8 \text{ kg a}^{-1} \text{ UBA}^{-1}$ ).

Il fattore di riduzione mostrato dalla tecnica VS, paragonato al sistema di riferimento, è risultato pari al 35%, non così lontano dal livello di riduzione stabilito nel IPPC-BREF (25%). Questo risultato conferma l'efficienza di riduzione ottenuta in studi precedenti (Navarotto *et al.*, 2002).

I fattori di emissione del **metano** sono risultati  $15.7 \text{ kg a}^{-1} \text{ posto suino}^{-1}$  per la tecnica convenzionale (FT) e di  $13.4 \text{ kg a}^{-1} \text{ posto suino}^{-1}$  per la tecnica di riduzione (VS), il che corrisponde ad una riduzione del 15%. Questa bassa riduzione può essere spiegata dalle stesse ragioni illustrate nel caso dell'ammoniaca. Nel caso del sistema FT, la materia organica più facilmente degradabile è continuamente rimossa verso l'esterno così che le emissioni di metano risultano inferiori rispetto al caso in cui lo stoccaggio dei liquami è prolungato nel tempo, e non così differenti da quelle di un sistema di allontanamento frequente delle deiezioni, quale il sistema VS.

I fattori di emissione misurati in questa sperimentazione sono risultati significativamente più alti di alcuni valori riportati in letteratura (Jungbluth *et al.*, 2001) riguardo ai ricoveri per suini, che vanno da  $1.5$  a  $10 \text{ kg a}^{-1} \text{ posto suino}^{-1}$ , e dai primi risultati della sperimentazione condotta da Gallmann e Hartung (2000). Tali dati, comunque, non si discostano molto da dati Olandesi riferiti a suini all'ingrasso (Monteny *et al.*, 2001), che riportano emissioni di  $11.1 \text{ kg a}^{-1} \text{ posto suino}^{-1}$ , ovvero  $75 \text{ kg a}^{-1} \text{ UBA}^{-1}$ . È difficile individuare una chiara spiegazione per queste differenze, se non per l'alta temperatura ambientale tipica del nostro clima se paragonata alle temperature del Centro Europa, in cui si sono svolti tali esperimenti, ed anche per il peso medio superiore del suino pesante italiano.

Non sono state rilevate differenze significative per le emissioni di protossido di azoto, che sono risultate prossime allo zero per entrambe le tecniche.

### **Emissione di polveri.**

I risultati riportati nella Tabella 4 mostrano i valori di emissione di polveri durante l'intero periodo di osservazione, ma per meglio descrivere i risultati ottenuti, i periodi di campionamento sono stati suddivisi in tre stagioni differenti (estate, autunno e inverno). Nelle **Figure 5 e 6** sono riportati gli andamenti giornalieri delle concentrazioni di  $\text{PM}_{2.5}$  e  $\text{PM}_{10}$  nei due allevamenti.

Durante l'estate, si è registrato il valore più alto di emissione di polveri per il sistema BAT con  $140.3 \text{ mg h}^{-1} \text{ UBA}^{-1}$  vs.  $77.9 \text{ mg h}^{-1} \text{ UBA}^{-1}$  per il  $\text{PM}_{2.5}$  per il sistema tradizionale, e con  $244.4 \text{ mg h}^{-1} \text{ UBA}^{-1}$  vs.  $123.6 \text{ mg h}^{-1} \text{ UBA}^{-1}$  per il  $\text{PM}_{10}$ .



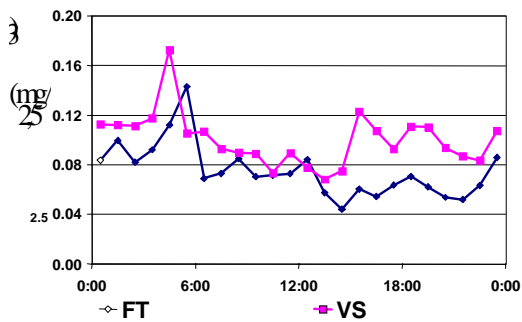
Durante la stagione autunnale, nel sistema BAT, per il  $PM_{2.5}$  abbiamo rilevato  $130.9 \text{ mg h}^{-1} \text{ UBA}^{-1}$  vs  $8.5 \text{ mg h}^{-1} \text{ UBA}^{-1}$  per il sistema tradizionale, e per il  $PM_{10}$  abbiamo rilevato  $309.7 \text{ mg h}^{-1} \text{ UBA}^{-1}$  vs  $36.9 \text{ mg h}^{-1} \text{ UBA}^{-1}$ .

Al contrario, durante l'inverno, il sistema BAT ha mostrato una migliore efficienza nella riduzione di polvere, con  $45.4 \text{ mg h}^{-1} \text{ UBA}^{-1}$  vs.  $90.5 \text{ mg h}^{-1} \text{ UBA}^{-1}$  per il  $PM_{2.5}$ , e  $177.8$  vs.  $286.0 \text{ mg h}^{-1} \text{ UBA}^{-1}$  per il  $PM_{10}$ .

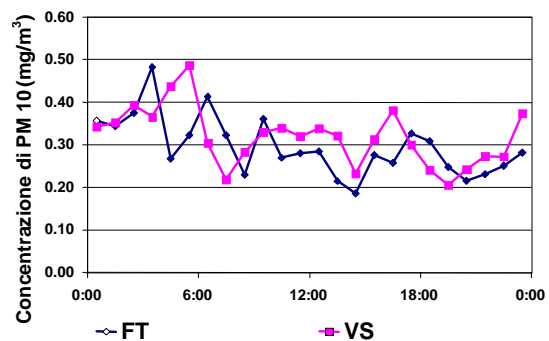
**Tabella 4 – Ricoveri suini: fattori di emissione media per il  $PM_{10}$  e il  $PM_{2.5}$**

Particolato	Estate		Autunno		Inverno	
	$PM_{10}$	$PM_{2.5}$	$PM_{10}$	$PM_{2.5}$	$PM_{10}$	$PM_{2.5}$
<b>Pavimento totalmente fessurato (FT)</b>						
$\text{mg h}^{-1} \text{ UBA}^{-1 (*)}$	123.6	77.9	36.9	8.5	286.0	90.5
<b>Sistema Vacuum</b>						
$\text{mg h}^{-1} \text{ UBA}^{-1 (*)}$	244.4	140.3	309.7	130.9	177.8	45.4

(\*) UBA = Unità Bovino Adulto = 500 kg peso vivo



**Figura 5 - Ricoveri suinicoli: andamento giornaliero medio delle concentrazioni di  $PM_{2.5}$**



**Figura 6 - Ricoveri suinicoli: andamento giornaliero medio delle concentrazioni di  $PM_{10}$**

## CONCLUSIONI

La tecnica convenzionale (sistema FT) monitorata in questa ricerca ha mostrato un fattore di emissione più basso rispetto a quello indicato per il sistema di riferimento (pavimento totalmente fessurato con fossa di raccolta prolungata delle deiezioni) del ILF-BREF ( $2.6 \text{ kg a}^{-1} \text{ posto suino}^{-1}$  vs  $3.0 \text{ kg a}^{-1} \text{ posto suino}^{-1}$ ). Ciò è dovuto principalmente al fatto che nel sistema FT la fossa è poco profonda e la frazione liquida (ricca in ammonio) fluisce di continuo fuori dal ricovero verso la vasca di stoccaggio.

La tecnica di riduzione nominata “Sistema Vacuum” (VS) con frequente rimozione delle deiezioni, ha permesso una significativa riduzione (35%) delle emissioni di ammoniaca, persino più alta del livello indicato dal ILF-BREF per questa tecnica.

Questo è un risultato importante che attesta come il sistema VS, una tecnica a basso costo gestionale che è anche apprezzata dagli allevatori per i benefici apportati alla salute e all'igiene degli animali, si sia confermata una tecnica BAT.

Per le emissioni di particolato, si è rilevato un migliore risultato con il sistema tradizionale in paragone al sistema BAT, Questo risultato può essere derivato dal differente sistema di ventilazione adottato nei due ricoveri. Nel ricovero “tradizionale”, l’aria viene aspirata all’esterno attraverso il pavimento fessurato, così che la polvere viene catturata dalla superficie umida delle deiezioni, e l’emissione di particolato è risultata inferiore.

## RINGRAZIAMENTI

Gli autori ringraziano i Sig. Sartori e Bianchi per la ospitalità concessa presso l’azienda S&B. Questo lavoro è stato finanziato dall’Ente Nazionale per le Nuove Tecnologie, Energia e Ambiente (ENEA) su fondi del Ministero Italiano per l’Ambiente, e dal F.I.R.S.T. 2002.

## BIBLIOGRAFIA

- Ballarini G, Navarotto P (1995) *Il “rischio polveri” negli allevamenti animali – Ruolo e compiti del veterinario*. Il progresso veterinario 16:529-531.
- Dahl P. J., Rom H. B. (1997). *Quantification of the ammonia balance in fattening pig units with totally slatted floors*. Proceedings of the fifth international symposium, Minnesota May 29-31, n. 1, p. 71-77.
- European Commission, Directorate-General JRC (2002), *Integrated Prevention Pollution Control (IPCC) Reference Document on Best Available Techniques for Intensive Rearing of Poultry and Pigs*, Seville, November 2002.
- Gallaman E., Hartung E. (2000). *Evaluation of the emission rates of ammonia and greenhouse gases from swine housing*. Proceedings of the 2nd ASAE International Conference "Air pollution from agricultural operations", 9-11 October Des Moines, Iowa (USA), n. , p. 92-99.
- 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., Hartung J., Seedorf J. (1998). *Concentrations and emissions of ammonia in livestock buildings in northern Europe*. Journal of Agricultural Engineering Research, n. 70, p. 79-95.
- Hartung J., Phillips V.R. (1994). *Control of gaseous emissions from livestock buildings and manure stores*. Journal of Agricultural Engineering Research, n. 57, p. 173-189.
- Hendricks H.J.M., Weerdhof M. v.d. (1999). *Dutch notes on BAT for pig and poultry intensive livestock farms*. Ede , National Reference Centre Agriculture.
- Jungbluth T, Hartung E., Brose G. (2001). *Greenhouse gas emissions from animal houses and manure stores*. Nutrient Cycling in Agroecosystems , n. 60, p. 133-145.
- Melhave L., Schneider T, Kjaergaard S K Larsen L, Norn S, Jorgensen O. (2000) *House dust in seven Danish offices*. Atmospheric Environment 34: 4767-4779.
- Monteny G.J., Groenestein C.M. Hilhorst M.A. (2001) *Interactions and coupling between emissions of methane and nitrous oxide from animal husbandry* Nutrient Cycling in Agroecosystems , n. 60, p. 123-132.
- Navarotto P., Bonazzi G., Fabbri C., Guarino M. (2000). *New systems of manure removal to reduce gas emissions in existing pig housing*. Proceedings of the 9<sup>th</sup> FAO Network International Conference "RAMIRAN 2000 ", 6-9 September Gargnano Brescia (I), p. 381-384.
- Navarotto P., Fabbri C., Guarino M., Rossetti M. (2002). *Effects of two innovative techniques in reducing ammonia emissions in growing-finishing pig housing*. Proceedings of the 10<sup>th</sup> FAO Network International Conference "RAMIRAN 2002 ", 14-18 May Strbske Pleso, High Tatras (Slovak Republic) p. 329-332.
- Osada T., Rom H.B., Dahl P. (1998). *Continuous measurement of nitrous oxide and methane emission in pig units by infrared photoacoustic detection*. Transaction of the ASAE, n. 41, p. 1109-1114.
- Svennerstedt B. (1999). *Drainage properties and ammonia emissions in slatted floor systems for animal buildings*. Journal of Agricultural Engineering Research, n. 72, p. 19-25.
- 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. (1998). *Concentrations and emissions of airborne dust in livestock buildings in northern Europe*. Journal of Agricultural Engineering Research, n. 70, p. 59-77.
- Wathes C.M., Phillips V.R., Holden M.R, Sneath R.W, Short J.L., White R.P., Hartung J., Seedorf J., Schroeder M., Linkert K.H. (1998). *Emission of aerial pollutants in Livestock building in northern Europe: overview of a multinational project*. Journal of Agricultural Engineering Research, n. 70, p. 3-9.