Convegno di Medio Termine dell'Associazione Italiana di Ingegneria Agraria
Belgirate, 22-24 settembre 2011
memoria n.

ALCUNE SOLUZIONI PER LA RIDUZIONE DELLE EMISSIONI DI AMMONIACA DALLO STOCCAGGIO DEI LIQUAMI ZOOTECNICI

E. Dinuccio[1], P.Balsari[1]

(1) Dipartimento di Economia e Ingegneria Agraria, Forestale e Ambientale, Università degli Studi di Torino

SOMMARIO

Nel presente lavoro sono stati oggetto di valutazione quattro diversi sistemi (uno strato di 10 cm di Leca® balls, tappetini galleggianti di polietilene espanso Ecomembrane®, Hexa Cover® tile, una copertura galleggiante con sistema di recupero del biogas Ecomembrane®) in grado di contenere le emissioni di ammoniaca durante lo stoccaggio dei liquami zootecnici. Nel complesso, tutte le soluzioni esaminate hanno fornito delle prestazioni soddisfacenti. In particolare, la copertura del liquame con tappetini galleggianti ha consentito di ridurre del 99% le emissioni di ammoniaca, mentre la copertura con Hexa Cover® e con il Leca® si è tradotta, complessivamente, in una riduzione delle emissioni pari all'80% e al 76% rispettivamente. La copertura galleggiante con sistema di recupero del biogas è risultata la soluzione tecnologica più interessante, grazie alla possibilità di azzerare le emissioni gassose durante lo stoccaggio e, allo stesso tempo, di valorizzare da un punto di vista energetico il liquame prodotto in azienda. Sulla base dei risultati ottenuti è possibile stimare dal liquame prodotto da un allevamento di suini da ingrasso di medie dimensioni (2000 capi allevati) un potenziale energetico pari a circa 600000 MJ/anno, che consentirebbe un tempo di ritorno dell'investimento (pay-back time) necessario per la realizzazione della copertura della vasca con recupero del biogas inferiore a 4 anni.

Parole chiave: liquami, vasche, ammoniaca, biogas.

1 INTRODUZIONE

Le diverse fasi di gestione dei reflui zootecnici (raccolta, trattamento, stoccaggio, distribuzione in campo) sono accompagnate da emissioni di odori e dispersioni in atmosfera di ingenti quantità di ammoniaca (NH_3), protossidido di azoto (N_2O) e metano (CH_4) (*FAO,* 2006). Con la recente applicazione della direttiva Europea 96/61, nota anche come direttiva IPPC (Integrated Pollution Prevention and Control), le aziende suinicole dedite all'allevamento intensivo sono obbligate ad intraprendere azioni mirate a contenere tali emissioni. Per ridurre le emissioni gassose dagli stoccaggi dei liquami zootecnici sono state proposte diverse soluzioni tecniche (*Guarino et al.,* 2004), la più promettente delle quali appare la copertura delle vasche con materiali flottanti di varia natura (vegetale, minerale o sintetica). La validità di tali coperture e i criteri da adottare per effettuare una loro scelta oculata sono riconducibili

principalmente alla loro efficienza di contenimento delle emissioni, durata, costo e gestibilità. Per poter effettuare una valutazione in merito a questi parametri, nell'ambito del progetto SIREMA (valutazione di Soluzioni Innovative per la Riduzione delle EMissioni di Ammoniaca dallo stoccaggio dei liquami di origine zootecnica), finanziato dalla Regione Piemonte, sono state effettuate una serie di prove su quattro tipi di coperture delle vasche. In particolare, sono state oggetto di valutazione (Tabella 1):

- tre coperture (uno strato di 10 cm di Leca® balls, tappetini galleggianti di polietilene espanso Ecomembrane®, Hexa Cover® tile) in grado di contenere le emissioni di ammoniaca durante lo stoccaggio dei liquami;
- una copertura flottante (Ecomembrane®) in grado di recuperare anche il biogas prodotto durante lo stoccaggio dei liquami.

Tipo di copertura	Principali caratteristiche*	Durata* (anni)
Leca® balls	- Granuli di argilla espansa impermeabilizzata - Diametro: 8-20 mm - Densità: ~330 kg/m^3 - Costo: 9,50 €/m^2	10
Tappetini galleggianti (Ecomembrane®)	- Lastre flessibili di polietilene espanso a celle chiuse - Altezza: ~15 mm - Densità: 60-90 kg/m^3 - Costo: 37,5 €/m^2	10
Hexa Cover® tile	- Elementi autoassemblanti di forma esagonale - Materiale: polipropilene espanso a celle chiuse - Diametro: 220 mm - Densità: 500 kg/m^3 - Costo: 32,0 €/m^2	25
Copertura con recupero del biogas (Ecomembrane®)	- Struttura periferica galleggiante - Telo in poliestere a doppia spalmatura PVC - Costo: 60,0 €/m^2	10
*Dati forniti dalle ditte fornitrici		

Tabella 1. Principali caratteristiche delle coperture oggetto di valutazione.

2 MATERIALI E METODI

2.1 Valutazione dell'efficacia delle coperture in termini di contenimento delle emissioni di ammoniaca dalle vasche di stoccaggio dei liquami di suini

Complessivamente sono state effettuate 3 prove (Tabella 2), utilizzando una vasca di stoccaggio di liquami suini in scala pilota (diametro 9 m, volume complessivo pari a 250 m^3). Ciascuna prova è stata condotta impiegando circa 220 m^3 di liquame suino fresco proveniente da un allevamento da ingrasso, in condizioni di stoccaggio statico, ovvero senza la periodica immissione di liquame nella vasca di stoccaggio. Il disegno sperimentale adottato, ha consentito di confrontare, a parità di condizioni ambientali e tipologia di effluente, le emissioni di NH_3 generate dalla superficie del liquame senza

copertura (testimone) e quelle generate dalla superficie di liquame coperta con i materiali oggetto di valutazione. In particolare, all'inizio della prova 1 (Tabella 2), la vasca pilota è stata suddivisa in quattro settori mediante un dispositivo di materiale plastico: tre settori della vasca sono stati coperti con i materiali oggetto di valutazione, mentre il liquame contenuto nel restante quarto settore non è stato coperto ed è stato utilizzato come testimone. Nelle prove 2 e 3, il liquame contenuto in una metà della vasca è stato coperto con il sistema flottante per il recupero del biogas (Ecomembrane®), mentre quello contenuto nella seconda metà non è stato coperto ed è stato utilizzato come testimone.

Prova (n)	Materiali esaminati	Condizioni di prova	Durata delle prove (giorni)
1	-Leca® balls -Tappetini galleggianti (Ecomembrane®) -Hexa Cover® tile	Estive	180
2	Copertura con recupero del biogas (Ecomembrane®)	Estive	90
3	Copertura con recupero del biogas (Ecomembrane®)	Invernali	60

Tabella 2. Le prove effettuate per verificare l'efficacia delle coperture indagate in termini di contenimento delle emissioni di ammoniaca dalle vasche di stoccaggio dei liquami di suini.

Nel corso della sperimentazione sono state determinate: le principali caratteristiche fisico-chimiche (pH; solidi totali, ST; solidi volatili, SV; azoto totale, $N_{tot.}$; azoto ammoniacale, $N_{amm.}$) del liquame presente nella vasca di stoccaggio, la temperatura dei primi 10 cm del liquame e del fondo della vasca, le emissioni di NH_3, la produzione di biogas, la temperatura del biogas, il contenuto di CH_4 nel biogas. In particolare, i parametri fisico-chimici del liquame sono stati analizzati in accordo con le metodologie standard *AOAC* (2000). La temperatura del liquame è stata misurata in continuo per mezzo di una sonda di temperatura collegata ad un sistema di acquisizione dati (Onset® Hobo U12). Il confronto delle emissioni di ammoniaca tra le diverse tesi è stato effettuato, con tre ripetizioni, impiegando il sistema funnel (*Balsari et al.,* 2007). Poiché il sistema funnel fornisce valori di emissione relativi e in assenza di vento sulla superficie di misura, esso - al fine di ottenere dei valori di emissioni ammoniacali anche in presenza di una corrente d'aria sulla superficie del liquame – nel settore di vasca non coperto è stato affiancato da un attrezzatura wind tunnel (*Balsari et al.,* 2007) regolata in modo da ottenere una velocità dell'aria sulla superficie di misura pari a circa 0,6 m/s. Il volume di biogas raccolto dal sistema di captazione Ecomembrane® è stato misurato in continuo mediante un sistema costituito da una pompa centrifuga, un misuratore di volume, un'elettrovalvola, un pressostato e un timer. Le analisi del contenuto di CH_4 nel biogas sono state effettuate utilizzando uno strumento dotato di sensori ad infrarossi (Draeger X-am 7000). I dati cosi raccolti sono stati normalizzati a 0 °C e 1013 hPa in funzione della temperatura e della pressione del biogas rilevate al momento della misura.

2.2 Valutazioni di tipo operativo gestionali delle soluzioni esaminate e prime valutazioni economiche

Queste valutazioni sono state condotte presso un allevamento di suini da ingrasso della Provincia di Cuneo, che ha messo a disposizione per le prove le tre vasche aziendali utilizzate per lo stoccaggio dei liquami. In particolare è stato monitorato il comportamento dei diversi materiali: a) nella fase di montaggio delle coperture, b) in differenti condizioni climatiche, c) nelle fasi di carico/scarico dei liquami al fine di individuare i punti di forza e debolezza di ciascuna copertura nella gestione ordinaria aziendale. Successivamente, sulla base dei dati raccolti nell'ambito del progetto, è stata effettuata una prima analisi di larga massima di carattere tecnico-economico delle soluzioni esaminate. La valutazione economica degli investimenti relativi alle coperture esaminate è stata effettuata mediante l'analisi dei flussi di cassa attualizzati, prendendo in esame i benefici (ricavi) e i costi relativi alla durata economica (Tabella 1) delle coperture stesse. Nei benefici sono stati inclusi le seguenti voci:

- i minori costi (risparmio) per l'acquisto di concimi azotati di sintesi a seguito della riduzione delle perdite di azoto nella forma ammoniacale;
- la riduzione della spesa energetica aziendale a seguito dell'utilizzazione del biogas recuperato.

In particolare, per le valutazioni relative a queste ultime voci è stato considerato un valore dell'unità azotata di 0,72 €/kg e un valore del metano di 0,70 €/m^3. I benefici e i costi annui individuati per ogni copertura oggetto di valutazione, sono stati attualizzati utilizzando un tasso di interesse del 3,5%. Sulla base dei valori ottenuti, sono stati, quindi, determinati:

- il valore attuale netto (VAN), dato dalla differenza tra la sommatoria dei benefici (Bo) e quella dei costi (Co) attualizzati;
- il rapporto Bo/Co.

3 RISULTATI OTTENUTI

Le emissioni di ammoniaca misurate nel settore di vasca non coperto, sono risultate più elevate nel corso della stagione estiva e in condizioni di velocità del vento pari a 0,6 m/s (Tabella 3).

Condizioni di prova	Temp.media del liquame (°C)	Emissione media di ammoniaca (gNH_3/m^2/giorno)		Produzione specifica di biogas	Produzione specifica di metano
		(~0,6 m/s)	(~0 m/s)	NL/kgSV	NL/kgSV
Estive	22,8 (12,4-27,1)	10,9 (2,31-27,2)	0,95 (0,69-2,61)	181	125
Invernali	5,73 (3,37-9,76)	4,94 (0,61-8,24)	0,19 (0,07-0,36)	69,0	47,0

Tabella 3. Emissioni medie giornaliere di ammoniaca dalla superficie della vasca non coperta in presenza (~0,6 m/s; wind tunnel) e in assenza (~0 m/s; funnel) di vento e produzioni specifiche di biogas rilevate nel corso delle prove.

In particolare, le emissioni complessive di NH_3 misurate nel corso della prova estiva

ed invernale con il wind tunnel sono risultate, rispettivamente, pari a circa il 13% e il 6% dell'$N_{tot.}$ contenuto nella vasca di stoccaggio. Considerando pari a 100 le emissioni complessive di NH_3 ottenute nel corso della sperimentazione dallo stoccaggio di controllo (senza alcuna copertura) (Figura 1), la copertura del liquame con tappetini galleggianti (Ecomembrane®) ha consentito di ridurre del 99% le emissioni di ammoniaca, mentre la copertura con Hexa Cover® e con il Leca® si è tradotta, complessivamente, in una riduzione delle emissioni pari all'80% e al 76% rispettivamente.

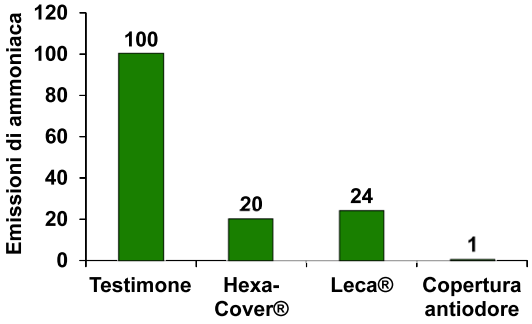

Figura 1. Valori indice delle perdite di ammoniaca riscontrate nelle tesi messe a confronto.

La copertura galleggiante con sistema di recupero del biogas è risultata la soluzione tecnologica in grado di azzerare le emissioni di ammoniaca e, allo stesso tempo, di evitare l'immissione in atmosfera del biogas che viene prodotto dal liquame durante il suo stoccaggio prima dell'utilizzazione agronomica. In particolare, i risultati ottenuti hanno evidenziato la possibilità di recuperare, a seconda delle condizioni ambientali (estate, inverno), una quantità di biogas variabile tra 181 e 69 NL/kgSV (Tabella 3) corrispondente, rispettivamente, a 54 e 22 kg di anidride carbonica equivalente (CO_2eq.) per metro cubo di liquame suino stoccato. Sotto l'aspetto gestionale, nel complesso (Tabella 4), tutte le soluzioni esaminate hanno fornito delle prestazioni soddisfacenti.

	Tappetini galleggianti (Ecomembrane®)	Leca® balls	Hexa Cover® tile	Copertura con recupero del biogas
Operazioni di montaggio	☹☹	☺	😐	☺
Percentuale di copertura	☺☺	😐	☺	☺☺
Comportamento con il gelo	☺	☹	☺	☺
Comportamento con il caldo	😐	😐	☹	☺
Fase di carico/scarico dei liquami	😐	😐	☺	☺
Usura	☺	😐	☺	☺
VAN (€)	-8927	3414	4167	77574
B_o/C_o	0,6	1,7	1,3	3,4
☺☺= molto soddisfacente ☺= soddisfacente 😐= sufficiente ☹= insoddisfacente ☹☹= molto insoddisfacente				

Tabella 4. Valutazione complessiva delle coperture esaminate.

I principali parametri discriminanti sono risultati le operazioni di montaggio (con particolare riferimento alla presenza di crosta), il comportamento delle coperture in presenza di gelo e di elevate temperature. In particolare, la presenza di crosta sulla superficie del liquame può impedire il corretto posizionamento degli elementi galleggianti Hexa covers® riducendo notevolmente la loro copertura della vasca e, quindi, l'efficienza di abbattimento delle emissioni di ammoniaca. L'analisi economica effettuata (Tabella 4), si è tradotta in un giudizio di convenienza positivo per tutte le coperture esaminate ad eccezione per quella realizzata con i tappetini galleggianti di polietilene espanso. Infatti, per quest'ultima è stato calcolato un VAN negativo e pari a circa -8900 €. La copertura galleggiante con sistema di recupero del biogas è la soluzione tecnologica che ha fornito il risultato economico più interessante, facendo registrare un VAN di poco inferiore a 80000 € e un Bo/Co pari a 3,4.

4 CONCLUSIONI

L'attività di ricerca svolta ha consentito di evidenziare i vantaggi ambientali e i limiti di impiego, dal punto di vista economico e gestionale, di alcune soluzioni oggi disponibili per ridurre le emissioni gassose dalle vasche di stoccaggio dei liquami.

Le prove di efficienza di contenimento delle emissioni di ammoniaca dallo stoccaggio del liquame di suino hanno fornito dei risultati più che soddisfacenti per tutte le coperture oggetto di valutazione. In particolare, l'impiego delle coperture realizzate con i materiali Leca® balls, Hexa Covers® e tappetini galleggianti (Ecomembrane®) ha permesso di ridurre in media dell'85% le emissioni di ammoniaca. Tra queste ultime, la copertura del liquame con tappetini galleggianti (Ecomembrane®) è risultata la più efficiente, con una percentuale di riduzione delle emissioni di ammoniaca del 99% rispetto al testimone (liquame senza copertura). Quest'ultima copertura, tuttavia, ha fornito dei risultati economici negativi, a causa degli elevati costi di investimento.

La copertura galleggiante con sistema di recupero del biogas è risultata la soluzione tecnologica in assoluto più interessante, grazie alla possibilità di azzerare tutte le emissioni gassose durante lo stoccaggio e, allo stesso tempo, di valorizzare da un punto di vista energetico il liquame prodotto in azienda. In particolare, nel caso di un allevamento di suini da ingrasso di medie dimensioni (2000 capi allevati), l'impiego di tale sistema di copertura delle vasca di stoccaggio del liquame consentirebbe di recuperare una quantità di biogas equivalente ad un valore energetico di circa 600000 MJ/anno, la cui utilizzazione si tradurrebbe in un tempo di ritorno dell'investimento (pay-back time) inferiore a 4 anni.

BIBLIOGRAFIA

AOAC Official Methods of Analysis, 15th ed. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA, USA, 2000.

FAO. Livestock's Long Shadow: Environmental Issues and Options. Rome, Italy, 2006.

Balsari, P., Airoldi, G., Dinuccio, E., Gioelli, F. Ammonia emissions from farmyard manure heaps and slurry stores - effect of environmental conditions and measuring methods. *Biosystems Engineering*, 2007, 97, 456-463.

Guarino, M., Fabbri, C., Navarotto, P., Valli, L., Sonzogni, A. Valutazione di sistemi di copertura semplificati nella riduzione di emissioni gassose da stoccaggi di liquami suini e bovini. *Rivista di Ingegneria Agraria*, 2004, 3, 63-70.