

IL RISCALDAMENTO DELLE ZONE SUINETTI NELLE GABBIE DA PARTO: VALUTAZIONI TECNICO-ECONOMICHE

HEATING OF SUCKLING PIG SPACE IN FARROWING CAGE: TECHNICAL AND ECONOMIC EVALUATIONS

CARLO BIBBIANI ⁽¹⁾

RIASSUNTO

Il riscaldamento localizzato e differenziato della zona lattonzoli è una soluzione tecnica irrinunciabile per non incorrere in problemi di sopravvivenza dei piccoli appena nati. Esso rappresenta sempre un costo ed una complicazione tecnica. Lo scopo di questa ricerca è la formulazione di alcuni modelli matematici di simulazione dei fenomeni fisici implicati nei diversi sistemi di riscaldamento. Attraverso l'impiego di questi modelli, è stato possibile valutare i bilanci energetici ed i costi di esercizio relativi a tre soluzioni impiantistiche, sulla base delle tariffe vigenti dei combustibili.

Si è così confermata la non economicità dei sistemi di riscaldamento con impiego di energia elettrica, mentre si possono ritenere equivalenti il sistema a radiazioni infrarosse e quello a pavimento caldo se alimentati a gas.

Parole chiave: impianti per riscaldamento lattonzoli; modelli matematici dei sistemi di riscaldamento; valutazione dei costi di gestione.

SUMMARY

Controlled heating of suckling pig space is necessary to reduce the mortality rate of suckling pigs. Heating systems are expensive and may restrict changes in rearrangement of facilities once installed. This study created models of the physical processes involved in various heating systems. These models allowed for the comparison of energy balance and management costs in relation to three different plant solutions with current fuel costs. The electric powered heating system proved to be the most expensive while being the least expensive; gas generated radiant heating was the least expensive; floor heating systems were, as affordable as gas, but had the greatest arrangement limitations.

Key words: suckling pig heating systems; model of energy balance; management cost evaluation.

⁽¹⁾ Dipartimento di Produzioni Animali, Università di Pisa - Direttore Prof. Dario Cianci.

INTRODUZIONE

Come è noto, nelle sale da parto delle scrofe, l'area che pone i maggiori e più delicati problemi di gestione è quella destinata ad ospitare i lattonzoli nei loro primi giorni di vita.

Tra i diversi problemi tecnici, il controllo delle condizioni termoi-grometriche è, senza dubbio, quello che maggiormente influenza la sopravvivenza di questi piccoli animali e di conseguenza anche la redditività dell'impresa.

Avendo di fatto separato, infatti, la madre dai piccoli per i noti motivi, allorché i lattonzoli non sono a contatto col corpo della scrofa durante l'allattamento, si vengono a trovare in un ambiente in cui i parametri termoigrometrici, senza ausilio di energia artificiale, difficilmente e raramente sono idonei per questi animali.

La letteratura tecnica, al riguardo, consiglia, nei primi giorni di vita di lattonzoli, di mantenere la temperatura dell'aria al di sopra dei 32°C (Chiumenti, 1999). Tali valori sono sensibilmente alti e difficili da raggiungere e mantenere l'arco delle 24 ore, anche nelle stagioni calde su gran parte del territorio italiano.

Inoltre, considerato il modesto peso che hanno i lattonzoli, non si può nemmeno contare sulla loro produzione di calore che è talmente modesta da poterla considerare pressoché ininfluyente a modificare l'ambiente, per cui il ricorso all'immissione di energia artificiale è inevitabile.

Osservando, però, i valori della temperatura che l'aria dovrebbe avere in queste aree per assicurare il benessere di questi piccoli animali, emerge in modo evidente che questi valori sono decisamente eccessivi per il benessere della scrofa, per la quale vengono consigliati valori della temperatura dell'aria oscillanti tra un minimo di 15 ed un massimo di 20°C (Chiumenti, 1999).

Allora la soluzione più semplice e più pratica e quella di adottare il riscaldamento localizzato e differenziato della zona lattonzoli in maniera tale da mantenere le aree della scrofa e quelle dei suinetti a temperatura diversa.

Comunque il riscaldamento mediante impiego di energia artificiale, sia pure di aree limitate, rappresenta sempre un costo ed una complicazione tecnica.

I mezzi ed i modi, infatti, per controllare la temperatura dell'aria

nella zona dei suinetti sono diversi, ognuno dei quali presenta aspetti sia positivi che negativi in termini di efficienza e di costo.

Con questa ricerca si è cercato di mettere a punto alcuni modelli matematici di simulazione dei fenomeni fisici (irraggiamento, conduzione e convezione) che vengono utilizzati dai diversi sistemi di riscaldamento.

Attraverso l'impiego di questi modelli, è stato possibile valutare i singoli bilanci energetici ed i costi sulla base delle tariffe vigenti dei combustibili.

DESCRIZIONE DEI MODELLI

Il sistema più utilizzato per il riscaldamento della zona destinata ai lattonzoli è senza dubbio quello per irraggiamento con lampade a infrarosso lungo.

In alternativa si può effettuare il riscaldamento mediante tappeti "caldi" o pavimento "caldo", quindi coinvolgendo i meccanismi di trasmissione del calore per conduzione e convezione.

La ricerca è stata svolta assumendo per la zona dei lattonzoli due configurazioni geometriche tipiche, quella rettangolare e quella triangolare.

La configurazione geometrica rettangolare ha generalmente dimensioni 0,60 x 1,00 adiacente ad un'altra zona equivalente disposta in continuità ma non riscaldata. In alternativa essa ha una forma triangolare determinata dalla disposizione a raggiera delle gabbie parto. L'angolo da riscaldare ha lati di lunghezze analoghe alle precedenti.

La zona è delimitata da una pavimentazione in cemento eventualmente piastrellata e da pareti di altezza di circa 60-70 cm su due lati, eventualmente da una parete divisoria, ed infine dalla zona destinata alla scrofa.

1) Sistema di riscaldamento a lampade infrarosse. Fonte energetica: elettricità o gas

Il riscaldamento si effettua tramite semplici lampade a infrarosso che possono essere regolate in potenza o eventualmente nella distanza da terra in modo da controllare il flusso termico superficiale desiderato.

Data la geometria della postazione parto-allattamento si può schematizzare il flusso termico scambiato fra la lampada a raggi infrarossi e l'area di pavimento riscaldata mediante la formula valida per i corpi grigi (il significato di tutte le variabili è riportato in appendice per non appesantire troppo l'esposizione).

Quando i suinetti riposano essi saranno investiti direttamente dalla radiazioni infrarosse che riscalderanno la cute della parte superiore del corpo, mentre quella inferiore sarà a contatto con il pavimento non più investito dal flusso termico.

Si deve tenere conto anche di un'altra fonte di produzione di calore che è quella metabolica dell'animale. Come già detto, per i lattonzoli tale energia prodotta è molto bassa poiché il loro peso corporeo è basso, variando da uno a $6 \div 7$ Kg. Ad ogni buon conto, essa si può valutare mediante la formula empirica:

$$P_{ter} = 29(2 + m)^{0,5} - 40 \quad \text{W/capo}$$

$$P_{ter_{sens}} = P_{ter} [0,8 - 1,85 \cdot 10^{-7}(10 + t)^4] \cdot [1 + 4 \cdot 10^{-5}(20 - t)^3]$$

Dove "m" è il peso espresso in Kg dell'animale e $P_{ter_{sens}}$ è la frazione di calore sensibile del totale prodotto. Per valutare la potenza per unità di superficie basta dividere per l'area occupata dal lattonzolo:

$$p_{sens} = \frac{P_{sens}}{A_{corpo}}$$

L'animale mantiene una temperatura costante pari a 39°C a contatto col pavimento a causa dei meccanismi di regolazione termica, mentre la cute superiore assume una temperatura tale da bilanciare i flussi di energia entrante ed uscente. Si può scrivere l'equazione di bilancio in termini di flusso per unità di superficie, dove:

$$q_1 + q_{conv} + q_{cond} = q_{iric} + p_{ter_{sens}}$$

Si può così ricavare la temperatura della cute nella parte superiore del lattonzolo, mantenendo invariati i parametri della lampada, verificando che essa non sia troppo elevata.

$$\begin{aligned}
 q_i &= \varepsilon_{\text{suin}} \sigma (T_{\text{pelle}}^4 - T_{\text{pareti}}^4) && \text{W/m}^2 \\
 q_{\text{conv}} &= h_a (T_{\text{pelle}} - T_{\text{aria}}) && \text{''} \\
 q_{\text{cond}} &= K_t (T_{\text{corpo}} - T_{\text{terreno}}) && \text{''} \\
 q_{\text{iric}} &= \varepsilon_{\text{suin}} \sigma (T_{\text{lamp}}^4 - T_{\text{pelle}}^4) && \text{''}
 \end{aligned}$$

Per valutare la conduttanza termica K_t si fa riferimento alle Norme UNI 7357/74 che assegnano una conduttanza al terreno variabile tra $1,13 \div 2,26 \text{ W/m}^2\text{C}$ e ricavano:

$$K_t = \frac{1}{\frac{1}{K_{\text{pav}}} + \frac{1}{C}} \quad \text{W/m}^2\text{C}$$

A sua volta il K_{pavim} può essere composto da vari strati, per cui:

$$K_{\text{pavim}} = \frac{1}{\frac{s_{\text{pav}}}{\lambda_{\text{pav}}} + \frac{s_{\text{isol}}}{\lambda_{\text{isol}}}} \quad \text{W/m}^2\text{C}$$

nel caso in cui si interponga uno strato di isolante.

Assegnando i valori delle caratteristiche fisiche dei materiali ed alle seguenti variabili:

$$T_{\text{pav}}; T_{\text{terreno}}; T_{\text{aria}}; T_{\text{pareti}}$$

si può calcolare la T_{pelle} degli animali.

2) Sistema di riscaldamento ad effetto Joule. Fonte energetica: elettricità

La seconda tipologia di riscaldamento si opera mediante un tappeto riscaldato da resistenze elettriche interne. Il tappeto è composto da due strati, uno inferiore isolante, ed uno superiore conduttore al fine di indirizzare il flusso termico maggiormente verso l'alto e disperderne il meno possibile verso il terreno.

Se il sistema esposto precedentemente viene coperto dai corpi dei lattonzoli e la potenza termica non viene variata, si assisterà ad un fenomeno di incremento di temperatura del tappeto fino a valori incompatibili con le esigenze fisiologiche degli animali.

Infatti il calore generato può essere disperso verso il basso e verso l'alto solamente per conduzione: la temperatura della superficie del

tappeto deve salire di molto al di sopra della temperatura corporea del lattonzolo schematizzando l'animale come un solido di materiale conduttore generico.

Si deve allora pensare ad una regolazione della fornitura di energia diminuendo la potenza fornita oppure alternando periodi di accensione a periodi di spegnimento. Seguendo quest'ultima soluzione il sistema sarà in regime transitorio. La durata dei transitori di riscaldamento e raffreddamento dipenderà, oltre che dalle proprietà fisiche dei materiali, dalla potenza termica immessa, così come da quest'ultima dipenderà la temperatura di equilibrio a regime sia nella zona occupata dai lattonzoli, sia in quella libera.

L'equazione descrivente il sistema sarà la seguente:

$$-c\rho VdT = K_{2\text{ tapp}} A_{\text{tapp}} (T - T_{\text{terreno}})d\theta + K_{2\text{ suini}} A_{\text{tapp}} (T - T_{\text{corpo}})d\theta + [A_{\text{suini}} \varepsilon_{\text{suini}} \sigma (T_{\text{pelle}}^4 - T_{\text{pareti}}^4) - p A_{\text{tapp}}]d\theta$$

dove al primo membro figura la variazione dell'energia interna del tappeto per un incremento di temperatura dT , mentre a secondo membro sta il flusso termico uscente e quello fornito " pA_{tapp} " internamente al tappeto nel tempo $d\theta$ (Kreith, 1993).

3) Sistema di riscaldamento a pavimento radiante. Vettore energetico: acqua

Il sistema presenta analogie con quello descritto al punto 2) ma variando il vettore energetico, ovvero acqua calda circolante in tubazioni annegate nel pavimento, si ha una "autoregolazione" della potenza ceduta alla zona occupata dai lattonzoli. Inoltre c'è da notare che l'inerzia termica del sistema è enormemente più alta rispetto al caso del tappeto riscaldato, poiché sia la massa che la capacità termica del pavimento sono di gran lunga superiori. Per questo motivo è inutile studiare il comportamento del sistema in regime transitorio. Si può allora riscrivere l'equazione di bilancio termico:

$$q_i + q_{\text{conv}} = q_{\text{trasmcond}} + p_{\text{ter}}_{\text{sens}}$$

dove

$$q_i = \varepsilon_{suin} \sigma (T_{pelle}^4 - T_{pareti}^4) \quad \text{W / m}^2$$

$$q_{conv} = h_a (T_{pelle} - T_{aria}) \quad \text{W / m}^2$$

$$q_{trascond} = K_{suino} (T_{sup_{pav}} - T_{corpo}) = \\ = K_{sup_{pav}} (T_{fluido} - T_{sup_{pav}})$$

$$K_{suino} = \frac{\lambda_{suino}}{s_{suino}} \quad \text{W / m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$K_{sup_{pav}} = \frac{\lambda_{pav}}{s_{sup_{pav}}} \quad \text{W / m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Assegnando un valore limite alla $T_{sup_{pav}}$, si può determinare il valore della T_{pelle} nella parte superiore dell'animale e la potenza da trasmettere al corpo del lattinzolo.

RISULTATI

Al fine di confrontare i tre sistemi di riscaldamento sono stati assegnati dei valori alle variabili introdotte, ottenendo così dei valori di potenza termica da fornire ai vari sistemi.

Dopodiché, dividendo per il rendimento correlato ad ogni fonte energetica usufruibile e conoscendo il costo del MJoule (oppure del KWh) dell'energia utilizzando le tariffe ed i prezzi vigenti riportate in Tabella I, sono stati ricavati i costi di riscaldamento per metro quadrato.

Tab. I. Costi dell'energia.			
	GPL	Metano	Energia elettrica
Euro/KWh	0,04	0,04	0,08

Tali costi sono riportati in Tabella II.

Tab. II. Costi di riscaldamento ($T_{pav} = 32^{\circ}\text{C}$, $T_{aria} = 15^{\circ}\text{C}$; $T_{pareti} = 10^{\circ}\text{C}$).

	Sistema 1 Radiazioni infrarosse senza isolante sotto il pavimento	Sistema 2 Pannello riscaldato elettricamente con isolante incorporato	Sistema 3 Pavimento caldo (tubazioni acqua) con isolante
	Euro/m ² die	Euro/m ² die	Euro/m ² die
Elettricità	0,66	0,54	
Gas		0,35	0.40

DISCUSSIONE

Analizzando i risultati ottenuti è possibile esprimere un giudizio relativamente alla semplicità dell'impianto ed al costo di gestione dei tre sistemi.

1) Sistema di riscaldamento a raggi infrarossi (*Lampade elettriche o a gas*)

Questo tipo di impianto possiede una grande versatilità, facilità di montaggio ed abbisogna di scarsa manutenzione. L'alimentazione può essere effettuata, a seconda del tipo di lampade radianti utilizzate, sia con corrente elettrica, sia con gas combustibile. Confrontando la tabella II si può desumere che l'alimentazione a gas è più conveniente di quella elettrica essenzialmente a causa del suo minor costo, ma l'impianto è più complesso e costoso.

Le temperature cutanee dei suinetti rappresentano il problema principale da controllare attraverso un corretto posizionamento della lampada correlato alla potenza da esso emessa.

È consigliabile inoltre posizionare nell'area lattonzoli uno strato isolante per migliorare le condizioni e le temperature della parte inferiore del corpo dei suinetti.

2) Sistema di riscaldamento a tappetini con resistenze elettriche interne

Logisticamente questa soluzione presenta una grande versatilità di impiego, considerato che il posizionamento dei tappeti non richiede particolari attenzioni. Inoltre la superficie dei tappeti è costituita da mate-

riale antiscivolo facilmente pulibile, mentre la parte inferiore è costituita da materiale isolante che consente un certo risparmio energetico.

C'è da notare che il rendimento di conversione della energia elettrica è superiore rispetto al caso delle lampade radianti, il che conduce a costi di riscaldamento più bassi (vedi Tabella II) ma sempre superiore alle fonti combustibili fossili.

Diversa però è la ricezione da parte degli animali del calore fornito dal sistema riscaldante. Infatti la parte calda è situata sotto l'animale, mentre la sua parte superiore deve assumere una temperatura inferiore, al fine di limitare l'emissione termica

3) *Sistema di riscaldamento a pavimento radiante*

La soluzione a pavimento radiante è quella che necessita dei maggiori costi di installazione (tubazioni annegate, impianto di riscaldamento, isolante sotto il pavimento) e minore flessibilità gestionale degli spazi progettati che non potranno più subire variazioni.

Rispetto al caso 2) presenta analogie nella trasmissione di calore dal pavimento al corpo dei suinetti, ma differenze notevoli legate sia alla maggiore inerzia termica dello strato di pavimento caldo, sia alla emissione differenziata della potenza per la zona sgombra e per quella occupata dai suinetti. Infatti il fluido vettore circolante cede calore in funzione delle conduttanze e dei "salti termici" delle due zone, a differenza delle resistenze elettriche conglobate nei tappeti del caso 2) che cedono sempre la stessa energia in funzione della resistenza del circuito dissipante e della intensità della corrente circolante.

Al termine della procedura di calcolo si è riscontrato un costo di esercizio simile a quello ottenuto nel caso di lampade ad infrarossi alimentate a gas combustibile.

Dai risultati e dalle considerazioni sopra riportate, si può affermare, innanzitutto, che i modelli matematici di simulazione dei sistemi di riscaldamento della zona destinata ai lattonzoli nelle sale da parto, messi a punto con questa ricerca, sembrano offrire uno strumento valido e semplice per la valutazione comparativa dei diversi sistemi che si possono adottare.

Questo consente di poter eseguire una scelta in fase di progettazione di tali impianti, valutando in funzione delle risorse energetiche disponibili, la convenienza di un sistema rispetto ad un altro.

Il confronto tra i sistemi analizzati, sembra dare una risposta favorevole verso le soluzioni che non prevedono l'impiego di energia elettrica per l'elevato costo di questa forma di energia nel nostro Paese. Eppure i sistemi alimentati ad energia elettrica sono senza dubbio più semplici e più facili da regolare e controllare. Inoltre la tecnologia odierna consente di utilizzare questo sistema di alimentazione in piena sicurezza.

Si potrebbe riconsiderare la possibilità di produrre direttamente energia elettrica utilizzando altri fonti primarie di energia (solare, eolica, di recupero, ecc.) nelle località dove ciò è possibile.

Uno sforzo dovrebbe essere fatto da parte della ricerca per limitare, almeno nelle campagne, l'uso di combustibili fossili per il riscaldamento di ambienti e, comunque, per il controllo delle condizioni termo-igrometriche all'interno di locali ove si svolge un'attività biologica.

In questa ottica, l'impiego di modelli di simulazione matematici, come quelli messi a punto nel presente studio, possono costituire un valido aiuto ed uno stimolo verso soluzioni nuove.

Particolari ringraziamenti al Prof. Adolfo Gusman, Università della Tuscia, per i preziosi consigli forniti in fase di stesura e per la revisione del lavoro ultimato.

BIBLIOGRAFIA

CHIUMENTI R. (1999). Costruzioni rurali. Edagricole, 423-428.

KREITH F. (1993). Principi di trasmissione del calore. Liguori ed., 5^a ed., 139-143.

APPENDICE

ε = emissività del corpo grigio.

σ = Costante di Stefan-Boltzman.

T_{xx} = Temperatura del materiale xx in °K.

K_{xx} = Conduttanza termica del materiale xx.

C = Conduttanza del terreno.

s = Spessore del materiale xx.

λ_{xx} = Conducibilità termica del materiale xx.

h_a = Adduttanza liminare di una superficie orizzontale.

A_{xx} = Area del materiale xx.

c = Calore specifico del materiale.

ρ = Densità del materiale.

V = Volume del materiale.

p = Potenza fornita al tappeto riscaldato per unità di superficie.

q_{zzz} = Potenza fornita per unità di superficie.

$\eta_{1.1.}$ = Rendimento del sistema 1

$\eta_{1.2.}$ = Rendimento del sistema 2

$\eta_{1.3.}$ = Rendimento del sistema 3

q_i = Potenza scambiata per irraggiamento

q_{conv} = Potenza scambiata per convezione

q_{cond} = Potenza scambiata per conduzione

q_{iric} = Potenza ricevuta

$q_{trasmcond}$ = Potenza trasmessa per conduzione al corpo dell'animale.

$T_{sup_{pav}}$ = Temperatura della faccia superiore del pavimento.

s_{suino} = Spessore del corpo del suinetto.

