TI SKIN

BENESSERE ANIMALE NEGLI ALLEVAMENTI

Il controllo termico passivo con materiali a cambiamento di fase: l'equilibrio termico per il benessere degli animali e l'efficienza dell'allevamento. Lo studio di validazione svizzero, estate e inverno, su ciclo di crescita completo.

BY PURE ORGANICA CORP.
PARTNER SYNDEGO ITALIA S.R.L.

01 · IL PROBLEMA: LO STRESS TERMICO

Il paradosso biologico del suino e le sue conseguenze economiche

IL PARADOSSO BIOLOGICO

I suini sono animali omeotermi: mantengono una temperatura corporea stabile di 39 °C, ma **non possono sudare efficacemente** per raffreddarsi — da qui l'elevata sensibilità allo stress da caldo. La **zona termoneutrale** (comfort termico) è compresa tra **18 e 25 °C**: sopra i 25 °C l'animale entra in stress da caldo, sotto i 18 °C subisce stress da freddo, particolarmente pericoloso per i suinetti. Lo stress termico compromette salute, crescita, fertilità e redditività dell'allevamento.

< 18 °C	18 - 25 °C	> 25 °C
Stress da freddo impatto severo, specialmente sui suinetti	**Zona termoneutrale** crescita e comfort ottimali	**Stress da caldo** pericolo immediato per salute e redditività

L'EFFETTO DOMINO DELLO STRESS TERMICO

1

Fattore scatenante

Temperatura ambiente oltre 25 °C: aumento della frequenza respiratoria e perdita di elettroliti.

2

Collasso fisiologico

Compromissione dell'integrità intestinale (leaky gut): aumentata permeabilità delle giunzioni serrate, ingresso di endotossine nel sangue, infezioni batteriche e risposta infiammatoria sistemica.

3

Risposta comportamentale

Drastica riduzione dell'assunzione di mangime (**–95,5 g/giorno per ogni °C sopra i 26 °C**) e aumento del consumo d'acqua; sopra i 26 °C gli animali si rotolano nelle deiezioni per raffreddarsi.

4

Danno economico

Crollo della crescita media giornaliera (ADG), peggioramento dell'indice di conversione alimentare (FCR), ridotta fertilità e minore produzione di latte nelle scrofe.

L'IMPATTO DELLA TEMPERATURA SULLA CRESCITA (SUINI 23–57 KG)

Parametro	Freddo (10,0 °C)	Comfort ottimale (22,5 °C)	Caldo (35,0 °C)
ADG — accrescimento medio giornaliero	0,77 kg	**0,80 kg**	0,64 kg
ADFI — consumo giornaliero di mangime	2,20 kg	**1,91 kg**	1,60 kg
Feed/Gain — indice FCR	2,91	**2,41**	2,52

Dati accademici derivati da Stahly & Cromwell (1979, 1981), studio comparativo su 3 sessioni sperimentali controllate. Sotto la soglia di comfort i nutrienti servono a produrre calore interno anziché massa corporea; la penalizzazione di crescita arriva a **–35 ÷ –57 g/giorno per ogni °C** sopra il limite critico — e i suini più pesanti risentono del caldo prima di quelli piccoli.

02 · LA SOLUZIONE: LA BATTERIA TERMICA PASSIVA

I materiali a cambiamento di fase applicati alla stalla

COME FUNZIONA

I PCM assorbono e rilasciano grandi quantità di energia termica durante la transizione di stato solido-liquido, mantenendo la temperatura costante mentre l'energia viene immagazzinata. **L'analogia con l'acqua**: 1 BTU modifica 1 libbra d'acqua di 1 °F, ma ne servono **143** per il solo passaggio di stato a 32 °F. TI-SKIN® sfrutta questo fenomeno per il controllo termico intelligente: nella **fase di assorbimento** il PCM assorbe l'eccesso termico diurno rompendo i legami molecolari (solido → liquido) e la temperatura massima viene fisicamente bloccata al punto di fusione del materiale (25 °C); nella **fase di rilascio**, quando la temperatura scende, il materiale si solidifica restituendo l'energia accumulata.

ELETTRICITÀ
Zero
processo fisico completamente passivo

MANUTENZIONE
Nessuna
materiale sigillato, non si degrada

CICLO
Reversibile
fonde e solidifica indefinitamente

PUNTI DI FUSIONE
Su misura
selezionati in base all'analisi climatica locale

OLTRE LA CLIMATIZZAZIONE TRADIZIONALE

Aspetto	Approccio HVAC tradizionale	Approccio TI-SKIN® PCM
Meccanismo d'azione	Reattivo: combatte la temperatura a posteriori	**Proattivo**: tampona il differenziale termico in tempo reale
Consumo energetico	Elevato (kW continui, runtime elevato)	**Zero** (processo fisico passivo)
Manutenzione	Costante (filtri, guasti meccanici)	**Nessuna** (materiale sigillato)
Impatto biologico	Fluttuazioni termiche improvvise (aria forzata)	**Stabilità termica** radiante e naturale

Il dimensionamento conta. Il tempo di sfasamento (time shift) è funzione della massa di PCM attiva, del differenziale di temperatura esterna e del coefficiente convettivo dell'aria locale. Un corretto dimensionamento assicura che lo sfasamento ottimale (t_{ott}) superi la durata effettiva della perturbazione termica solare (t_1), annullando del tutto il picco convettivo: $t_{ott} > t_1$.

Validazione scientifica – Politecnico di Torino

Lo studio è stato presentato al Dipartimento Energia «Galileo Ferraris» del Politecnico di Torino, nel seminario «Controllo ambientale ed efficienza energetica negli allevamenti zootecnici» (21-22 febbraio 2019).

03 · LO STUDIO DI VALIDAZIONE SVIZZERO

Due porcilaie identiche, un ciclo di crescita completo, estate e inverno

IL CAMPO DI SPERIMENTAZIONE

L'impianto

- **2 porcilaie identiche** da 76 m² ciascuna, in un allevamento zootecnico in Svizzera
- **80 suini** alloggiati e monitorati per singolo box
- Un box **senza PCM** (NoPCM, baseline) e un box **con TI-SKIN® PCM** installato a soffitto

Il materiale

- Temperatura di transizione (fusione): **25 °C**
- Capacità termica latente: **85 Wh/m²**
- Capacità totale installata nel box PCM: **6,8 kWh**

I CICLI E L'OBIETTIVO

Due cicli di crescita completi da **97 giorni** ciascuno, da 40 kg fino a 100–105 kg per capo. **Stagione estiva** (1 maggio – 2 settembre 2016): nessun impianto di raffrescamento, solo ventilazione. **Stagione invernale** (18 settembre 2016 – 22 gennaio 2017): riscaldamento ad aria calda. Obiettivo: misurare il delta di temperatura tra i due box e la riduzione reale dei giorni di stress termico estivo e invernale.

COSA HANNO MOSTRATO I PROFILI GIORNALIERI

Box senza PCM

Estate: temperature molto variabili, frequenti picchi oltre i 30 °C, giornate estreme fino a 34 °C, maggior parte dei giorni fuori dalla zona termoneutrale. **Inverno:** frequenti giornate sotto i 18 °C, picchi di freddo fino a 14 °C, riscaldamento costantemente necessario.

Box con TI-SKIN® PCM

Estate: temperature stabili, picchi nettamente abbattuti, maggior parte dei giorni dentro la zona termoneutrale (18–25 °C). **Inverno:** escursioni verso il basso ridotte, temperature più alte e stabili, con interi periodi in cui il riscaldamento non è stato necessario («no heat needed»).

ESTATE · DIFFERENZIALE

fino a −9 °C

il box PCM più fresco del box NoPCM nei picchi

INVERNO · DIFFERENZIALE

fino a +7 °C

il box PCM più caldo nei momenti più freddi, passivamente

GIORNI CRITICI ESTIVI

57%

dei giorni in stress da caldo senza PCM: quasi azzerati con PCM

04 · I RISULTATI MISURATI

Estate: abbattimento dello stress da caldo · Inverno: scudo contro il freddo

STAGIONE ESTIVA (SOLO VENTILAZIONE)

Temperatura stalla	NoPCM	PCM	Riduzione
T ≥ 26 °C	55 gg	20 gg	**–64%**
T ≥ 27 °C	42 gg	10 gg	**–76%**
T ≥ 28 °C	32 gg	4 gg	**–88%**
T ≥ 29 °C	19 gg	0 gg	**–100%**

Zona termoneutrale (19–24 °C): da 33 a 57 giorni → **+24 giorni (+42%)** di benessere termico ottimale. Il PCM ha agito da ammortizzatore termico, eliminando completamente i picchi di calore estremo potenzialmente letali.

STAGIONE INVERNALE (ARIA CALDA)

Temperatura stalla	NoPCM	PCM	Riduzione
T ≤ 17 °C	16 gg	3 gg	**–81%**
T ≤ 16 °C	6 gg	0 gg	**–100%**
Zona comfort 19–24 °C	57 gg	86 gg	**+34%**

Nota: risultati ottenuti nonostante il riscaldamento ad aria calda fosse presente in entrambi i box — il PCM ha colmato i gap termici notturni rilasciando l'energia accumulata di giorno, con interi periodi senza necessità di accendere i riscaldatori e un notevole risparmio di combustibile.

LA DISTRIBUZIONE DELLE TEMPERATURE

Estate: senza PCM la distribuzione mostra una lunga coda di temperature dannose fino a 34 °C (57% dei giorni in stress); con PCM le temperature si concentrano tra 21 e 25 °C, dentro la zona di comfort. **Inverno:** senza PCM il 24% dei giorni cade nella zona critica inferiore e il 16% in pieno stress da freddo (coda fino a 14 °C); con PCM la distribuzione si ricentra tra 20 e 23 °C. In entrambe le stagioni il PCM «riallinea la gaussiana termica» sul comfort.

Stress da caldo azzerato dai 29 °C, stress da freddo azzerato sotto i 16 °C

Un solo materiale passivo, nessun consumo elettrico aggiuntivo: la stalla passa da contenitore passivo a guardiano biologico attivo.

05 · IL VALORE: UN TRIPLO RITORNO

Biologia, operatività, sostenibilità

Biologia & benessere – l'animale

- Crescita (ADG) regolare e prevedibile
- Ottimizzazione della conversione alimentare (FCR)
- Migliore assunzione di mangime, protezione della barriera intestinale
- Drastica riduzione delle patologie secondarie da stress

Operatività & finanza – l'azienda

- Riduzione immediata dei costi di climatizzazione e riscaldamento
- Minore carico (runtime) sui sistemi HVAC esistenti
- Zero costi di manutenzione ricorrenti
- ROI ottimizzato sul ciclo di vita

Sostenibilità – l'ambiente

- Riduzione del carico termico del 40–60% (dati validati NREL)
- 6,8 litri d'acqua risparmiati per ogni kWh abbattuto
- Materiali bio-based, sicuri per animali e operatori, resistenti ai parassiti, privi di tossine
- Compatibile LEED, allineato agli obiettivi ESG

INFRASTRUTTURA ETICA CON GARANZIA VENTENNALE

Il settore edilizio genera il 39% delle emissioni globali di CO_2: TI-SKIN® aggredisce direttamente questa metrica riducendo i consumi per riscaldamento e raffrescamento. Il ciclo fisico è reversibile all'infinito, senza degradazione: **20 anni di prestazioni garantite**. Punti di fusione personalizzabili sulle condizioni climatiche locali, installazione semplice, nessun prodotto chimico tossico.

CARICO TERMICO	ACQUA	GARANZIA	STANDARD
–40/60%	**6,8 l**	**20 anni**	**LEED • ESG**
riduzione validata NREL	risparmiati per kWh ridotto	ciclo reversibile, nessuna degradazione	etica del benessere animale nell'agroalimentare

«L'energia più intelligente, pulita, economica e green è quella che non usiamo.»

Per approfondimenti, sopralluoghi e dimensionamento su misura del vostro allevamento: info@pureorganica.us · www.pureorganica.us