



**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA**

**Dipartimento di Medicina Animale, Produzioni e Salute**

**Corso di Laurea Magistrale a ciclo unico in**

**MEDICINA VETERINARIA**

**STUDIO DELLE VARIAZIONI DI TEMPERATURA**

**CUTANEA VULVARE E GLUTEALE**

**NELLA SCROFA POST-SVEZZAMENTO**

**Relatore**

**Dott. Calogero Stelletta**

**Correlatore**

**Dott. Francesco Tonon**

**Laureando**

**Filippo Rigo**

**Matricola n. 579575**

**ANNO ACCADEMICO 2013 - 2014**



# INDICE

<b>RIASSUNTO</b> .....	1
<b>1. INTRODUZIONE</b> .....	3
1.1 Importanza produttiva della scrofa.....	3
1.2 Fisiologia riproduttiva della scrofa .....	5
1.3 Rilievo del calore .....	9
1.4 Relazione tra standing heat, ovulazione e miglior momento per la fecondazione .....	11
1.5 Temperatura rettale.....	13
1.6 Teoria dell'imaging termografico .....	15
1.7 Imaging termografico in fisiologia.....	17
1.8 Applicazioni termografiche in medicina veterinaria .....	19
1.9 Applicazioni termografiche nel rilievo dell'estro nella scrofa.....	21
<b>2. SCOPO</b> .....	25
<b>3. MATERIALI E METODI</b> .....	27
3.1 Ambiente.....	27
3.2 Animali .....	28
3.3 Raccolta dati.....	31
3.4 Elaborazione dei dati.....	33
3.5 Analisi statistica .....	37
<b>4. RISULTATI</b> .....	39
4.1 Intervallo svezzamento-estro (WEI).....	39
4.2 Temperature .....	40
4.3 Pattern di temperatura valutati in base alla suddivisione degli individui in classi e tempi di monitoraggio.....	40
4.4 Prolificità .....	51
4.5 Correlazioni .....	52

<b>5. DISCUSSIONE</b> .....	53
5.1 Intervallo svezzamento-estro (WEI) .....	53
5.2 Temperature.....	53
5.2.1 Temperatura rettale .....	55
5.2.2 Temperatura cutanea vulvare massima e media .....	55
5.2.3 Temperatura di glutei vulva e padiglione.....	56
5.2.4 Differenza di temperatura ( $\Delta T$ ) .....	57
5.3 Pattern di temperatura valutati in base alla suddivisione degli individui in classi e tempi di monitoraggio.....	59
5.3.1 Temperatura rettale (Trett).....	59
5.3.2 Temperatura cutanea vulvare massima (VSTmax).....	60
5.3.3 Temperatura cutanea vulvare media (VSTavg) .....	60
5.3.4 Temperatura cutanea gluteale (GST) .....	61
5.3.5 Differenza di temperatura ( $\Delta T$ ) .....	61
5.4 Prolificità.....	65
5.5 Correlazioni .....	66
<b>6. CONCLUSIONI</b> .....	67
<b>7. BIBLIOGRAFIA</b> .....	69
<b>APPENDICE I:</b> esempi di distribuzione di frequenza .....	78
<b>APPENDICE II:</b> realizzazione di un sistema integrato automatizzato.....	80
<b>APPENDICE III:</b> Acronimi ed abbreviazioni utilizzati .....	83

## RIASSUNTO

Il momento del rilievo dell'estro nella scrofa post-svezzamento rappresenta uno dei punti più critici in relazione alla produttività dell'allevamento suinicolo moderno. Alcune pubblicazioni hanno dimostrato la possibilità di impiego sperimentale della termografia su scrofe nel periodo periestrato. In questo lavoro sono state monitorate per 14 giorni le aree vulvari e gluteali di un gruppo di 44 scrofe mediante termografia digitale all'infrarosso, con lo scopo di verificare su un più ampio numero di animali i risultati già pubblicati in letteratura e verificare se la termografia può essere considerata uno strumento efficace per il rilievo dell'estro. Ogni individuo a partire dallo svezzamento è stato oggetto di due rilievi al giorno e le immagini sono state poi elaborate per ottenere i valori di temperatura di area vulvare ed aree gluteali. È stata inoltre misurata la temperatura alla base del padiglione auricolare e la temperatura rettale. Al termine della gestazione sono stati raccolti i risultati produttivi di ogni scrofa in termini di suinetti nati totali. I risultati più importanti sono stati ottenuti descrivendo le variazioni che compie la differenza di temperatura tra la temperatura cutanea vulvare e gluteale. È stato rilevato un incremento significativo ( $P < 0,05$ ) pari a  $+0,30^{\circ}\text{C}$  tra 48 e 36 ore prima della prevista ovulazione, in corrispondenza con l'inizio della positività al test di riflesso di immobilità, il mantenimento del valore nelle successive 12 ore, ed un decremento significativo ( $P < 0,05$ ) pari a  $-0,35^{\circ}\text{C}$  a 12 ore dall'ovulazione. In questo modo sono state evidenziate delle variazioni che potrebbero essere utilizzate in sostituzione al rilievo manuale dell'estro per individuare il miglior momento in cui fecondare la scrofa. A seguito della suddivisione degli animali in classi di ordine di parto, lunghezza intervallo-svezzamento e prolificità al parto, è stato evidenziato come animali con un ordine di parto maggiore e animali più prolifici manifestino variazioni di temperatura più contenute.

A partire dai risultati ottenuti in questo monitoraggio potranno essere sviluppati lavori di ricerca in cui sperimentare il rilievo dell'estro mediante l'impiego della sola termocamera e in seguito la realizzazione e sperimentazione di un sistema integrato automatizzato basato sulla termografia digitale all'infrarosso per il rilievo dell'estro.



# 1. INTRODUZIONE

## *1.1 Importanza produttiva della scrofa*

Al giorno d'oggi la produzione di suini si concentra sempre più in allevamenti di grandi dimensioni, che, per quanto riguarda la parte di riproduzione, significa mandrie di oltre 400 capi (Marquer 2010). Gli allevamenti infatti possono essere ulteriormente suddivisi in allevamenti a ciclo 'chiuso' e allevamenti a ciclo 'aperto'; i primi composti sia dal settore riproduzione che dal settore ingrasso, mentre i secondi costituiti da un solo settore (riproduzione o ingrasso). Da un punto di vista più commerciale tuttavia, sono comunemente suddivisi in 'Sito 1' con sola riproduzione, 'Sito 2' con riproduzione e svezzamento, 'Sito 3' consistente nel solo ingrasso.

Prendendo in considerazione la sola parte di riproduzione (comunemente definita scrofaia) vi sono diversi fattori che ne influenzano la produttività, alcuni relativi all'animale, in particolare alle performance dettate dalla genetica dello stesso, altri relativi ai fattori ambientali e gestionali. Questi ultimi fattori sono spesso riconducibili alla capacità di gestione dell'intero ciclo riproduttivo della scrofa da parte dell'allevatore e possono essere quantificati con parametri riproduttivi.

Un punto critico è certamente rappresentato dalla capacità di rilievo dell'estro nella scrofa post-svezzamento. Infatti il mancato rilievo del primo calore post-svezzamento, che in genere si palesa dopo 3-7 giorni, e la conseguente mancata fecondazione, comporta una riduzione della produttività annua dell'animale, dettata dall'allungamento del periodo interparto di circa tre settimane, traducibile in

incremento dei costi di gestione e mantenimento (Johnson 2007) che si riflettono sul costo unitario del suinetto svezzato per scrofa per anno.



## ***1.2 Fisiologia riproduttiva della scrofa***

La scrofa è un animale a ciclo estrale continuo della durata di 20-21 giorni, suddivisibile in quattro fasi successive:

- Proestro: della durata di 2 giorni circa è caratterizzato da regressione del corpo luteo del ciclo precedente e crescita dei follicoli; dal punto di vista ormonale si ha un calo della produzione di progesterone associato ad un incremento degli estrogeni circolanti con conseguente liberazione di GnRH da parte dell'ipotalamo che porta poi al rilascio di LH ed FSH;
- Estro: di durata variabile tra 48 e 72 ore è il periodo di recettività sessuale dell'animale, durante il quale gli alti tassi di estrogeni provocano un picco nel rilascio di LH, con conseguente ovulazione e inizio della formazione del corpo luteo emorragico. L'ovulazione in genere avviene entro un periodo compreso tra 24 e 42 ore dall'inizio dell'estro;
- Metaestro: di durata di 2 giorni circa è caratterizzato dal punto di vista ormonale dal crollo della produzione di estrogeni e gonadotropine e dall'incremento della secrezione di progesterone; a livello ovarico si ha lo sviluppo del corpo luteo, associato a sviluppo alveolare della ghiandola mammaria e riduzione della contrattilità miometriale;
- Diestro: con una durata di circa 14 giorni è la fase più lunga del ciclo, caratterizzata da alti livelli di progesterone in circolo dovuti alla presenza del corpo luteo; negli ultimi giorni, se non c'è stata fecondazione, la produzione di prostaglandine comporta luteolisi e conseguente calo dei livelli di progesterone.

Il ciclo produttivo della scrofa in produzione all'interno di un allevamento intensivo si compone delle seguenti fasi:

- Fecondazione: una prima inseminazione artificiale viene eseguita dopo dodici ore dal rilievo del calore, e ripetuta dopo altre dodici ore;

- Gestazione: della durata di circa 114-116 giorni, a sua volta si divide in due fasi; per le prime quattro settimane l'animale è stabulato in gabbia singola, successivamente, dalla quinta settimana di gestazione fino ad una settimana prima del parto è invece stabulato in box collettivi (in osservanza del DL 122/2001, in vigore dal 01/01/2013)
- Parto: una settimana circa prima del parto la scrofa viene spostata in sala parto, all'interno di una specifica gabbia per il parto in grado di accogliere sia la scrofa che i lattonzoli; in molte aziende, per poter praticare un'efficace assistenza diurna allo scopo di ridurre la mortalità perinatale, il parto in genere viene indotto mediante iniezione perivulvare di prostaglandina il giorno precedente la data prevista del parto, determinata dalla gravidanza media aziendale;
- Lattazione: la durata minima della fase di lattazione è di 28 giorni o 21 giorni se l'allevamento dispone di struttura apposita per lo svezzamento (DL 122/2001);
- Post-svezzamento: breve fase che segue lo svezzamento, in cui la scrofa riprende il ciclo riproduttivo manifestando il primo calore dopo il parto.

Un parametro importante, da un lato per la gestione di ogni singola banda, e dall'altro per monitorare la produttività complessiva dell'allevamento è l'intervallo svezzamento-estro o *weaning-to-estrus interval* (WEI). È un periodo di tempo, misurato in giorni, che va dal giorno dello svezzamento (considerato come giorno 0) al momento della prima risposta positiva al riflesso di immobilità. Rappresenta il principale periodo di non produttività della scrofa e può essere influenzato da diversi fattori sia gestionali che ambientali, come ad esempio: durata della lattazione, ordine di parto, dimensione delle figliate, stagione, alimentazione, genetica. Si tratta inoltre di un parametro che si è accorciato in maniera rilevante negli ultimi decenni.

Wilson et al. (1993) ricerca una correlazione tra la durata del WEI e l'efficienza riproduttiva della scrofa: in due gruppi di studio rileva un WEI di durata media rispettivamente di 7.6 e 8.7 giorni. Evidenzia una correlazione con la produttività della

scrofa, indicando che il valore massimo si ha tra 2 e 4 giorni di WEI, mentre dal quinto giorno cala progressivamente.

Kemp et al. (1996) ricerca una correlazione tra durata del WEI e tempo di ovulazione e fertilizzazione. In questo caso il valore medio di WEI risulta essere di  $92 \pm 1$  ore (3.8 giorni), con una durata dell'estro di  $53 \pm 1$  ore, e correlazione negativa. L'ovulazione si ha mediamente  $37 \pm 1$  ore dopo l'inizio dell'estro, con correlazione negativa con WEI. Risultati in dettaglio in tabella 1.2.1.

I più alti indici di fertilizzazione si hanno con scrofe inseminate tra 24 e 0 ore prima dell'ovulazione e con WEI compreso tra 3 e 6 giorni (percentuale di embrioni normali tra 87 e 100 %). Risultati in dettaglio in tabella 1.2.2. Nel 2006 Poleze et al. hanno elaborano i dati di 15.600 scrofe nell'ambito di una ricerca che correli la durata del WEI alle performances riproduttive. La comparsa del calore si ha per il 90% degli animali entro 7 giorni dallo svezzamento, con una media complessiva di 4,8 giorni. Più in dettaglio il 6,1% manifesta la comparsa del calore a 0-2 giorni, il 77,2% a 3-5 giorni, l'11,2% a 6-8 giorni e il 5,5% a 9-21 giorni. Il maggior risultato produttivo si ottiene dalle scrofe del gruppo 3-5d, con un farrowing rate (rapporto scrofe fecondate/scrofe che partoriscono) del 89,6% e una percentuali di ritorni in calore limitata allo 8,1 %. I risultati complessivi sono illustrati in tabella 1.2.3.

**Tabella 1.2.1:** Percentuale di scrofe a diversi intervalli svezzamento-estro (WEI) (d), suddivise in classi in base all'intervallo estro-ovulazione (ogni intervallo 8h). (Kemp et al. 1996)

	WEI				Media
	3	4	5	6	
Intervallo estro-ovulazione	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
da 0 a <24	8	5	16	45	10
da ≤24 a <32	13	19	36	27	22
da ≤32 a <40	27	34	25	18	31
da ≤40 a <48	30	33	18	0	27
da ≤48 a <56	22	7	5	0	9
da ≤56 a <64	0	2	0	9	2
Totale	18	56	21	5	100

**Tabella 1.2.2** Percentuale (media e range) di embrioni normali per scrofa, con intervallo svezzamento-estro (WEI) variabile e intervallo inseminazione-ovulazione variabile. (Poleze et al. 2006)

WEI (d)	Inseminazione rispetto all'ovulazione		
	>24 ore prima	0-24 ore prima	0-16 ore dopo
	% embrioni normali (range)	% embrioni normali (range)	% embrioni normali (range)
3	50 (0-95)	87 (0-100)	69 (0-100)
4	56 (0-100)	92 (20-100)	66 (0-100)
5	49 (0-100)	90 (0-100)	92 (50-100)
6	71 (29-100)	100 (100-100)	53 (0-100)
Totale	55 <sup>a</sup>	91 <sup>b</sup>	71 <sup>c</sup>

Lettere diverse indicano differenze significative dopo trasformazione di aresine ( $P < 0.05$ ) all'interno dell'ultima riga.

**Tabella 1.2.3** Distribuzione delle scrofe, tasso di ritorno in estro (RER) e portata al parto (FR) rispetto a ordine di parto (PO) e intervallo svezzamento-estro (WEI). (Poleze et al. 2006)

WEI (days)	Scrofe (%)	RER		FR	
		PO=1 n/n (%)	PO>1 n/n (%)	PO=1 n/n (%)	PO>1 n/n (%)
0	1.8	34.5b	43.4a	55.2cd	51.0e
1	1.4	66.7a	23.0b	29.2d	73.2d
2	2.9	20.9bc	12.3c	73.2bc	82.9bc
3-5	77.2	8.1d	4.6e	89.6a	93.2a
6-8	11.2	14.2c	11.6cd	82.2b	82.4c
9-12	1.9	21.3bc	13.9c	70.3c	80.2cd
13-18	2.6	13c	11.1cd	83.6b	85.0bc
19-21	1.0	12.5cd	6.1de	84.4b	89.8bb

Lettere diverse in colonna identificano differenze significative ( $P < 0.05$ ).

FR calcolato escludendo scrofe decedute o scartate per ragioni non riproduttive.

### ***1.3 Rilievo del calore***

Gli estrogeni hanno una forte influenza sul comportamento della scrofa. Il proestro è caratterizzato da eccitazione e nervosismo, associati all'emissione di un particolare grugnito; secondo Noakes et al. (2001) si tratta di segni infallibili dell'avvicinarsi del calore. La scrofa annusa la vulva degli altri animali e tenta la monta, ma allo stesso tempo può essere essa stessa oggetto di attenzione da parte delle altre scrofe. Alla presenza del verro la scrofa in proestro in genere palesa interesse, ne annusa i testicoli e l'area perineale, può arrivare a tentare la monta del maschio, ma rifiuta di essere montata.

Durante il periodo estrale invece la scrofa si dimostra relativamente tranquilla e disinteressata agli stimoli ambientali, e alla presenza del maschio assume una tipica posizione eretta e stazionaria, immobile con le orecchie diritte.

Nella scrofa in estro in tutto l'apparato genitale femminile gli estrogeni creano le migliori condizioni per il trasporto e la sopravvivenza degli spermatozoi, preparando l'utero ad accogliere il prodotto del concepimento, in particolare si ritiene che l'estradiolo produca un fisiologico aumento del flusso ematico agli organi genitali tramite l'arteria pudenda, come descritto da Scolari et al. 2009 prendendo in considerazione studi eseguiti in passato da diversi autori (Abrams et al. 1972, Bell et al. 1995, Naderai et al. 1999, Sprague et al. 2009) e successivamente confermato anche in altre specie di mammiferi domestici (Stelletta et al. 2012). Visivamente da tre giorni dall'inizio dell'estro fino a tre giorni dopo la fine, la vulva appare progressivamente ingrossata e congesta.

Sebbene Belstra et al. (2001) hanno dimostrato la presenza di diversi segni clinici rilevabili come indicatori dell'estro nella scrofa, quali l'edema della vulva, la ricerca del maschio e il tentativo di monta, gli stessi autori individuano il riflesso di immobilità come l'indicatore definitivo per individuare con precisione le scrofe in calore. Negli allevamenti da riproduzione infatti la ricerca dei calori viene condotta impiegando un verro (definito ruffiano) fatto transitare nel corridoio di fronte alle scrofe da indagare.

Contemporaneamente al passaggio del maschio l'allevatore testa il riflesso di immobilità premendo con il palmo delle mani sulla regione lombare del dorso dell'animale, "tirando" in alto la piega della grassella ed eventualmente salendo in groppa all'animale, che rende evidente l'estro rimanendo immobile, tranquillo e rizzando le orecchie. Se ne evince che tale metodica, sebbene tutt'ora la più diffusa, richiede sia una corretta formazione ed esperienza pratica, sia tempo da dedicare al singolo animale, con l'impiego di almeno due addetti.

## ***1.4 Relazione tra standing heat, ovulazione e miglior momento per la fecondazione***

Tra gli anni novanta e duemila sono stati condotti numerosi studi rispetto all'intervallo che intercorre tra manifestazioni estrali (standing heat in particolare) ed ovulazione, e possibili relazioni con i risultati di prolificità, nell'ottica di individuare il miglior momento per la fecondazione. Mburu et al. (1995) individua un intervallo medio di 12 (-10 ÷ +32) ore tra il picco di estrogeni e l'inizio delle manifestazioni estrali (rilevate come standing heat), un intervallo medio di 44 (34 ÷ 54) ore tra il picco di estrogeni e l'ovulazione rilevata mediante ecografia transrettale. Se ne evince che l'ovulazione avviene mediamente 32 ore dopo la comparsa del riflesso di immobilità. Dalin et al. (1994) riportano che l'ovulazione si completa in media a 39 ore (range 20-64) dall'inizio dell'estro rilevato mediante positività alla ricerca dello standing heat.

Anche Soede et al. (1995) conducono una ricerca per stabilire una relazione tra la comparsa dell'estro e l'ovulazione, per stabilire il miglior momento per eseguire l'inseminazione. Stabiliscono che l'intervallo di tempo che intercorre tra l'inizio dell'estro e l'ovulazione è di  $35 \pm 8$  ore, e i migliori risultati (verificati in termini di quantità/qualità embrionale) si ottengono con fecondazioni eseguite tra 24 e 0 ore prima dell'ovulazione. Niessen et al. (1997), al termine di una ricerca simile, indicano che i migliori risultati si ottengono fecondando nell'intervallo tra 24 ore prima e 4 ore dopo l'ovulazione.

Una corretta ricerca dei calori ha lo scopo di individuare quanto prima l'inizio dell'estro, poiché essendo l'intervallo svezzamento-estro correlato negativamente all'intervallo inizio estro-ovulazione, ne consegue che quanto minore è l'intervallo svezzamento-estro, tanto maggiore è l'intervallo inizio estro-ovulazione. Questo comporta uno schema di inseminazione dipendente dall'intervallo svezzamento-estro, con l'obiettivo di posizionare il seme nelle 24 ore precedenti l'ovulazione. In figura 1.4.1 viene riportato un esempio di schema degli interventi di fecondazione seguito da svariate aziende del nord Italia. Come si può notare, le scrofe che iniziano il calore al

lunedì, viene applicato uno schema di vaccinazione a 24 e 48 h dall'inizio dell'estro, mentre quelle che iniziano il martedì ed il mercoledì, viene applicato uno schema che via-via prevede inseminazioni da 12+12 h a 0+12 h.

Per avere invece un riferimento in termini di prolificità, si può ricorrere a quanto pubblicato da Rodriguez-Zas et al. (2003) a seguito di un'indagine che ha coinvolto 32 allevamenti di varie dimensioni, portando al valore medio di 11,4 suinetti nati totali da ogni figliata.

**Figura 1.4.1:** Schema classico di inseminazione in funzione dell'intervallo svezzamento-estro

		Momento dell'inseminazione					
		lunedì		martedì		mercoledì	
Riflesso immobilità		M	S	M	S	M	S
Lunedì	M			F1		F2	
	S			F1		F2	
Martedì	M				F1	F2	
	S				F1	F2	
mercoledì	M					F1	F2
	S						F1

F1 corrisponde al primo intervento di fecondazione, F2 al secondo; M indica in giro scrofe della mattina, S indica il giro scrofe della sera;



## ***1.5 Temperatura rettale***

Sono poche le informazioni relative alla temperatura corporea della scrofa nel post-svezzamento disponibili in letteratura. Si tratta infatti di un parametro monitorato solo all'interno di studi relativi all'influenza della temperatura ambientale sulla capacità di intake e correlazioni con patologie nella scrofa in lattazione (Quiniou et al. 1999, Persson et al. 1988, Furniss et al. 1987).

Da queste pubblicazioni si può estrapolare un range indicativo di temperatura rettale che ci si aspetta di rilevare nelle scrofe oggetto di questo monitoraggio: per temperature ambientali comprese tra 18 e 27 °C, la temperatura rettale degli animali dovrebbe oscillare tra 37,8 e 38,4 °C. Si tratta tuttavia di un'indicazione poco precisa, perchè riferita ad animali in altra fase produttiva, e di conseguenza in altro stato metabolico.



## ***1.6 Teoria dell'imaging termografico***

La termografia ad infrarossi (infrared termography o IRT) è una tecnica che permette di misurare a distanza la temperatura di superficie di un oggetto.

La termocamera fornisce infatti un'immagine a colori, in cui ad ogni colore corrisponde una specifica temperatura. Ciò è possibile perchè l'apparecchio rileva la radiazione infrarossa spontaneamente emessa da tutti i corpi con una temperatura superiore a  $-273^{\circ}\text{C}$ , con una lunghezza d'onda che varia tra 0,75  $\mu\text{m}$  e 1000  $\mu\text{m}$ . L'intensità e la frequenza della radiazione emessa sono strettamente correlate alla temperatura della sorgente, come dimostrato da *Stefan e Boltzmann* alla fine dell'ottocento.

In base a questo principio le moderne termocamere ad infrarossi forniscono un'accurata immagine termica in tempo reale con elevato dettaglio. La termocamera è essenzialmente un dispositivo molto simile alla fotocamera ottica, ma da cui differisce in alcuni elementi: l'ottica è in germanio, un materiale molto più trasparente del vetro alla radiazione infrarossa, e il sensore converte l'energia incidente della radiazione in un segnale elettrico che viene poi amplificato e convertito da analogico in digitale.

Il grosso vantaggio della conversione in digitale consiste nella possibilità di elaborare l'immagine tramite un software per ottenere specifiche più idonee al campo d'impiego della termocamera. L'immagine inizialmente rappresentata con una scala di grigi, in cui ad ogni livello corrisponde una diversa intensità di radiazione, può essere successivamente convertita in immagine *false color*, in cui ad ogni livello di grigio può essere associato un colore per migliorare la visualizzazione dell'informazione termica.

Impiegando questo apparecchio per la misura della temperatura della superficie cutanea, bisogna considerare che nei tessuti animali l'elevata concentrazione di acqua permette in generale un elevato livello di emissione; inoltre le uniche aree del corpo in cui è possibile il corretto rilievo sono quelle non coperte da peli (per esempio naso, orecchie, occhi...).

In linea di massima inoltre non è possibile ascrivere una specifica patologia ad un colore, ma solamente contestualizzando il rilievo allo stato di salute o storia della malattia dell'individuo, esso può venire correttamente connesso al fenomeno fisiologico che rappresenta.

Considerando le applicazioni pratiche della termografia all'infrarosso bisogna innanzitutto dividerle in passive e attive. Le misure passive consistono nel rilievo della temperatura di oggetti che si trovano nell'ambiente, mentre le misure attive si eseguono sottoponendo i corpi a riscaldamento o raffreddamento e investigando i processi con cui ritornano alla temperatura normale. Inoltre per ampliare la quantità di informazioni raccolte con una sola immagine, può essere utile sviluppare sequenze dinamiche di immagini, da processare mediante uno speciale algoritmo per studiare l'evoluzione temporale dell'immagine e quindi della temperatura.

È inoltre importante notare che nel campo delle analisi termografiche ogni soggetto dovrebbe essere studiato in relazione alle proprie caratteristiche e quelle dell'ambiente in cui si trova. Nello specifico caso degli animali, ogni specie presenterà alcuni problemi tecnici unici, dovuti alle caratteristiche del soggetto (taglia, pelo, comportamento, tipo di stabulazione, etc.) che possono inibire il successo della misurazione: non è possibile quindi definire delle tecniche operative standard impiegabili in ogni situazione. Spesso solo l'esperienza e lo studio delle caratteristiche di specie permettono di identificare le migliori soluzioni, adattando il metodo alle necessità.

## ***1.7 Imaging termografico in fisiologia***

Nell'ambito della fisiologia sperimentale umana e animale, l'imaging termico consente la caratterizzazione della temperatura delle superfici di soggetti vivi, e sia i valori assoluti di tali temperature che la loro distribuzione può essere correlata a processi e meccanismi fisiologici, metabolici e comportamentali.

Per poter interpretare termogrammi di soggetti umani o animali, siano essi immagini di una specifica parte o della totalità dell'organismo, è essenziale comprendere i principi che governano la distribuzione della temperatura e gli scambi di superficie, e come possano essere influenzati da processi fisiologici e metabolici. Gli animali omeotermici sono in grado di regolare e mantenere la temperatura corporea profonda entro uno stretto range mediante diversi processi. La temperatura cutanea è funzione dell'afflusso ematico e del tasso metabolico dei tessuti sottostanti. La cute rappresenta il principale mezzo di dispersione del calore corporeo (oltre a ventilazione, minzione, defecazione) tramite il quale quando il microambiente termico varia, l'animale è in grado di variare il tasso di calore disperso per mantenere costante la temperatura corporea. In condizioni con basse temperature infatti la cute dell'animale presenta un ridotto afflusso ematico, in maniera da ridurre la dispersione termica al fine di conservare il calore prodotto a livello centrale; al contrario all'aumentare della temperatura ambientale il flusso ematico alla cute aumenta, in modo da aumentare la dispersione di calore dal centro verso la periferia e poi verso l'esterno.

La temperatura della cute dell'animale varia oltre che in funzione della temperatura esterna, anche in funzione della quantità di calore prodotto dall'animale. Sono molteplici infatti i processi metabolici che portano alla produzione di calore (lavoro muscolare, digestione e assorbimento, metabolismo endocellulare, etc), alcuni dei quali fortemente influenzati dalla condizione endocrina dell'individuo. Si pensi ad esempio all'incremento di lavoro, sia metabolico che muscolare, nella femmina in riproduzione al raggiungimento dell'estro. In questa particolare fase del ciclo

riproduttivo l'animale produrrà una maggior quantità di calore, con conseguente aumento della dispersione termica nell'ambiente, principalmente per via cutanea.

## ***1.8 Applicazioni termografiche in medicina veterinaria***

Le applicazioni che la termografia a infrarossi può avere in medicina veterinaria sono numerose. I primi impieghi sono stati nell'ambito della diagnostica per immagini nel cavallo: Stromberg già nel 1975 individua la termografia come una tecnica utile per identificare diversi tipi di lesioni ortopediche; l'evoluzione di tali studi si ha con Turner (1991) per lo studio e la diagnosi della laminite, settore in cui è tutt'ora in continua evoluzione (Cetinkaya Maet al. 2012). Altri impieghi nel cavallo riguardano la possibilità di identificare animali con processi infiammatori in corso (Purohit et McCoy 1980), di diagnosticare osteoartrite (Vaden et al. 1980), di studiare un gruppo eterogeneo di patologie dolorose del dorso (Graf 1999).

Più di recente ha trovato impiego anche in medicina bovina, come aiuto all'individuazione precoce delle mastiti (Berry et al. 2003, Colak et al. 2008), in campo epidemiologico (Schaefer et al. 2004), per le valutazioni sul benessere (Stewart et al. 2005 e 2007, Stelletta et al. 2007).

Per quanto riguarda la specie suina le prime applicazioni termografiche sono state nel rilievo di animali in stato febbrile. Loughmiller et al. (1999) individuano, impiegando animali inoculati sperimentalmente, la possibilità di discernere all'interno dello stesso gruppo lattoni sani da lattoni infettati da *A. Pleuropneumoniae*, rilevando la temperatura cutanea con l'infrarosso, mentre Kammergaard et al. (2013) descrivono la relazione tra temperatura rettale e cutanea, rilevata tramite termografia all'infrarosso, di lattonzoli neonati. Schaefer et al. (2004) descrive la possibilità di diagnosticare precocemente e addirittura predirre la presenza e diffusione di malattie infettive all'interno del gruppo di animali impiegando scansioni termografiche su diverse aree del corpo. Un altro campo di applicazione della termografia all'infrarosso all'interno della filiera produttiva suina, è al macello. Schaefer et al. (1989) correlano al genotipo e alla temperatura cutanea superficiale diversi standard di qualità della carne, e nello stesso anno Garipey et al. descrivono la possibilità di impiegare la termografia all'infrarosso per individuare all'ante-mortem sia PSE che DFD. Negli anni successivi si

susseguono diverse pubblicazioni che sottolineano la versatilità di tale tecnica nell'individuare gli standard di qualità della carne, come descritto da Lawrence et al. (2010) e ripreso da Costa et al. (2010).



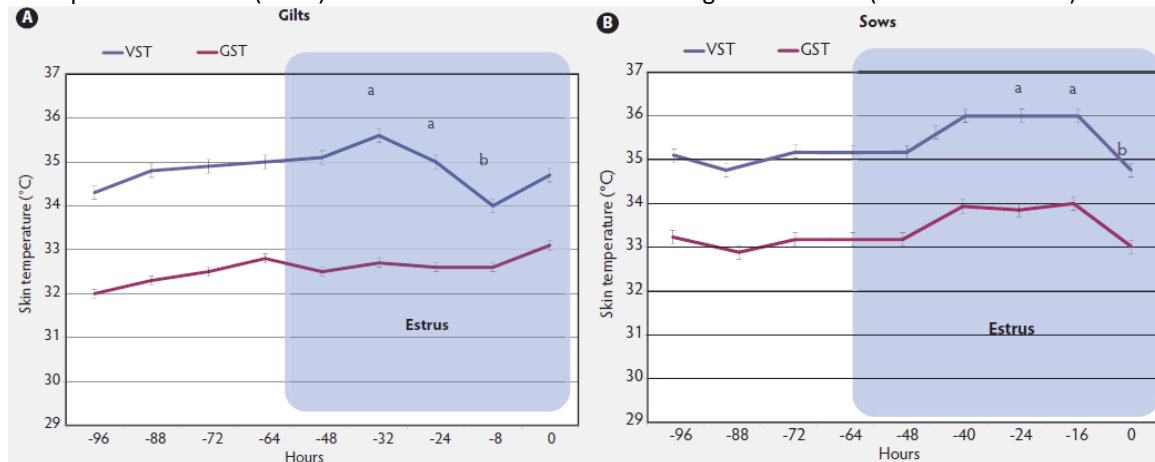
## **1.9 Applicazioni termografiche nel rilievo dell'estro nella scrofa**

La possibilità di impiegare la termografia digitale all'infrarosso (IRT) nell'ambito della riproduzione nella scrofa è stata per la prima volta descritta da Scolari et al. (2009). In particolare la sperimentazione ha cercato di dimostrare l'esistenza di una relazione tra temperatura cutanea della vulva o *vulvar skin temperature* (VST) e il tempo di ovulazione. Oggetto dello studio sono state 27 scrofette e 25 multipare durante il periodo periovulatorio, sincronizzate mediante una soluzione di altrenogest, ed un gruppo di controllo costituito da 30 scrofe a circa 60 giorni di gestazione. È stata misurata mediante IRT la VST di due gruppi di scrofe due volte al giorno a distanza di 8 ore (08:00 e 16:00) mentre l'ovulazione è stata individuata mediante ecografia ovarica transrettale a partire dalla manifestazione del riflesso di immobilità in presenza del verro. I dati raccolti sono stati elaborati in un foglio di calcolo e mediante un software di analisi statistica, individuando medie ed errore statistico medio.

L'equipe ha rilevato un intervallo di  $43 \pm 12$  h ( $38 \pm 9,3$  h per le scrofette) tra la manifestazione dell'estro e l'ovulazione. La temperatura è invece aumentata fino a un picco di  $36,1 \pm 0,25$  °C per poi crollare a  $34,6 \pm 0,31$ °C tra 36 e 12 h prima dell'ovulazione (per le scrofette valori rispettivamente di  $35,6 \pm 0,24$  °C al picco e  $33,9 \pm 0,32$ °C a 12 h dall'ovulazione).

Nel 2011 Scolari et al. integrano lo studio precedente confrontando con le variazioni di VST in fase periovulatoria la temperatura cutanea gluteale o *gluteal skin temperature* (GST). Tale parametro rimane relativamente costante durante tutto il periodo di misurazione, oscillando tra  $32,8 \pm 0,24$  °C e  $33,5 \pm 0,24$  °C, a differenza della VST che come già riportato in precedenza, sale progressivamente fino al picco a circa 12 ore prima dell'ovulazione, per poi calare repentinamente. Viene così evidenziata una differenza significativa tra GST media e VST media.

**Figura 1.7.1** Temperatura cutanea vulvare (VST) e temperature cutanea gluteale (GST) di 25 scrofette (A) e 27 scrofe (B) durante il periodo periovulatorio rilevata mediante termografia digitale all'infrarosso. Il tempo di ovulazione (0 ore) è stato determinato mediante ecografia B-mode. (Scolari et al. 2011)



Lettere diverse (a,b) identificano differenze significative ( $P > 0.05$ ; MANOVA con misure ripetute e Turkey-Kramer test). La GST media non presenta differenze tra scrofette e scrofe ( $P > 0.05$ ; MANOVA). La GST media differisce in modo significativo dalla VST media rispetto al tempo, sia per le scrofette che per le scrofe ( $P < 0.01$ ; Student t test).

In conclusione gli Autori ritengono la termografia digitale all'infrarosso uno strumento promettente per quanto riguarda la previsione dell'ovulazione se associata al tradizionale rilievo mediante il verro. Auspicano studi successivi comprendenti dosaggi ormonali e modelli di predizione per evidenziare l'eventuale utilità concreta di questo sistema per l'allevatore.

Simoes V.J.G (2012) riprende gli stessi studi, monitorando mediante termografia un gruppo di 36 scrofe nel periodo periovulatorio. Anche in questo caso mediante l'elaborazione delle immagini vengono definiti sia il valore di VST che di GST, calcolandone però anche la differenza, introducendo un nuovo dato (*vulvar to gluteal skin temperature* o VGT). Suddivide gli animali in base al giorno post-svezzamento in cui cominciano a manifestare segni dell'estro in due gruppi, quarto giorno (d4) e quinto giorno (d5). Rileva che VST è maggiore prima dell'estro ( $32,2 \pm 1,9$  °C rispetto a  $31,0 \pm 1,8$  °C) mentre GST rimane relativamente costante durante tutto il monitoraggio. È il valore di VST quindi a determinare l'andamento di VGT, che manifesta un incremento progressivo fino ad un picco di  $3,8 \pm 1,9$  °C e  $3,5 \pm 2,3$  °C, rispettivamente a  $61 \pm 10,8$  h (d4) e  $82 \pm 6,6$  h (d5), ed un successivo crollo al valore

minimo rispettivamente a  $25 \pm 10,8$  e  $28 \pm 6,6$  h prima dell'ovulazione. Ritiene che la variazione di VGT rifletta la variazione dei livelli ematici di estradiolo che indirettamente portano all'ovulazione e che tale variazione di temperatura possa essere correlata alla realizzazione dell'ovulazione.

Anche Sykes et al. (2012) descrivono la possibilità di impiegare l'IRT per individuare l'estro, discriminando fase estrale e fase diestrale. Tale metodica viene impiegata all'interno di uno studio di nutrizione, che mira a individuare differenze nutrizionali tra semi di soia grezzi e soia lavorata come fonte proteica, utilizzando un gruppo di 32 scrofette in totale. Gli animali vengono monitorati ogni giorno cercando segni dell'estro mediante un ruffiano, e a partire dal riflesso di immobilità raccolgono immagini termiche della vulva. Di ogni termografia vengono elaborati il valore di temperatura minima, massima, media e la deviazione standard. Ad ogni termografia associano la misura della temperatura rettale e il dosaggio del progesterone sierico (P4), quest'ultimo per stadiare progressivamente il ciclo ovarico e individuare l'ovulazione e l'inizio del diestro. Viene rilevato un maggiore valore sia di temperatura massima che media in estro rispetto al diestro ( $36,6 \pm 0,2^\circ\text{C}$  e  $33,4 \pm 0,3^\circ\text{C}$  rispetto a  $35,6 \pm 0,3^\circ\text{C}$  e  $31,8 \pm 0,6^\circ\text{C}$ ) mentre la temperatura minima e la deviazione standard non presentano differenze significative. La temperatura rettale non presenta variazioni evidenti e non risulta correlabile alle diverse fasi del ciclo.

**Tabella 1.7.2** Valori medi di temperatura MAX, MIN, AVG e SD  $\pm$  SEM in estro ed in diestro (Sykes et al. 2012)

	Vulva				Rectal temperature
	MAX	MIN	AVG	SD	
Estro	$36.64 \pm 0.15$	$22.28 \pm 0.77$	$33.36 \pm 0.26$	$2.25 \pm 0.12$	$38.83 \pm 0.04$
Diestro	$35.61 \pm 0.33$	$20.64 \pm 0.99$	$31.78 \pm 0.61$	$2.66 \pm 0.21$	$38.76 \pm 0.05$
P value	<0.05	>0.05	<0.05	>0.05	>0.05

AVG: temperatura media; MAX: temperatura massima; MIN: temperatura minima;

Le precedenti sperimentazioni dimostrano la correlazione esistente tra le diverse fasi del ciclo ovarico e la temperatura cutanea superficiale della vulva. Essa può essere rilevata mediante termografia all'infrarosso digitale, con la possibilità di individuare l'estro nella scrofa, predire l'ovulazione e stabilire il momento migliore per la fecondazione artificiale.

Facendo seguito a questi studi, il presente lavoro è stato ideato per riassumere le osservazioni precedenti e si è posto l'obiettivo di valutarne le potenzialità già dimostrate da un punto di vista più applicativo. Le misurazioni hanno accompagnato la normale attività di fecondazione artificiale, è stato preso a riferimento il momento della fecondazione praticata in base al riflesso d'immobilità ( $t_0$ ), e sono stati poi confrontati i risultati produttivi delle relative scrofe. I diversi valori di temperatura sono stati misurati sperimentando una metodica che possa essere automatizzata all'interno di un sistema integrato.

## **2. SCOPO**

Questa ricerca ha avuto come oggetto un gruppo di scrofe nel post-svezzamento, su cui è stato effettuato il monitoraggio della temperatura cutanea vulvare e gluteale mediante termocamera digitale all'infrarosso. Lo scopo è stato quello di verificare su un più ampio numero di animali i risultati già pubblicati in letteratura e verificare se la termografia può essere considerata uno strumento efficace per il rilievo dell'estro. Per fare ciò sono stati raccolti anche i risultati produttivi al termine della gestazione e si è cercato di evidenziare differenze tra i pattern termici manifestati dalle scrofe in base ad una suddivisione in termini di prolificità, di ordine di parto e di durata dell'intervallo svezzamento-estro.



## **3. MATERIALI E METODI**

### ***3.1 Ambiente***

La raccolta dei dati è stata svolta presso un allevamento sito in provincia di Treviso con circa mille scrofe in produzione, a ciclo aperto, organizzato in bande settimanali. Ciò significa che vengono svezzate due bande alla settimana, il Lunedì ed il Giovedì, composte ognuna da circa trenta animali. L'azienda è molto evoluta dal punto di vista strutturale, con soluzioni che mantengono elevato il livello di benessere degli animali, quali illuminazione, ventilazione e rimozioni delle deiezioni computerizzate, e con un'organizzazione interna che consente elevati livelli di biosicurezza. Inoltre per quel che concerne la gestione della mandria, l'azienda dispone di un software gestionale che raccoglie i dati di tutti gli animali in produzione e in cui vengono periodicamente inseriti i risultati riproduttivi delle singole scrofe. Il rilievo dei calori nelle scrofe post-svezzamento viene effettuato in maniera tradizionale. Gli animali, stabulati in gabbie individuali, sono testati personalmente dall'allevatore due volte al giorno, a distanza di circa 12 ore, dalla sera del primo giorno post-svezzamento fino al secondo intervento di fecondazione. Con questa gestione l'allevamento ottiene buoni risultati riproduttivi: il valore dell'intervallo svezzamento-estro, relativo all'anno 2013, è di 5,5 giorni di durata, superiore al 4,8 dimostrato da Poleze (2006), ma bisogna considerare che in questo caso non si tratta del valore medio di un gruppo selezionato di individui ma comprende tutta la mandria. Un'elevata efficienza nella tecnica di inseminazione è dimostrata dal dato di 89,5% di coperture fertili e 84,4% di portata al parto (FR). Per quanto riguarda la produttività invece, la media aziendale è di 11,88 suinetti nati per figliata, 11,49 i suinetti nati vivi e 10,96 gli svezzati; complessivamente una scrofa svezza in media 25,72 suinetti l'anno.

### **3.2 Animali**

Il monitoraggio ha interessato due bande successive di scrofe, composte inizialmente da 39 e 22 animali. Tutte le scrofe inserite in tali gruppi, provenivano direttamente dalla sala parto, conseguentemente allo svezzamento della nidiata, il giovedì il primo gruppo e il lunedì successivo il secondo gruppo. Entrambe le bande erano composte da scrofe dal primo al settimo parto, di razza ibrida, alcune con genetica *Goland*, altre di rimonta interna. Dopo 12 ore dal rilievo dell'estro mediante il riflesso di immobilità, gli animali sono stati sottoposti ad un primo intervento di inseminazione artificiale, seguito da un secondo intervento 12 ore dopo. La fecondazione è stata eseguita utilizzando cateteri transvaginali con estremità a "cavatappi" che consentono la deposizione del seme a livello cervicale. Tutto il seme è stato prodotto all'interno dell'allevamento stesso. Per quattro settimane le scrofe sono state mantenute in gabbia singola per poi essere raggruppate in box di 6-8 individui. Circa una settimana prima del parto sono state spostate nelle gabbie individuali delle sale parto. A 116 giorni di gestazione alle scrofe che non avevano già partorito è stato indotto il parto mediante la somministrazione di un analogo del PGF2 $\alpha$ .

Per quanto riguarda l'indagine sulla durata del WEI e sulla portata al parto (FR) sono state considerate le sole scrofe che, a seguito della manifestazione estrale, sono state oggetto della fecondazione (n=59).

Per l'indagine termografica, dal totale iniziale degli individui (n=61) sono state escluse le scrofe che non hanno manifestato l'estro all'interno del periodo di osservazione (n=2), le scrofe ritornate in calore dopo la fecondazione (n=3), le scrofe che per tutta l'osservazione hanno manifestato un livello elevato di temperatura corporea e cutanea, probabilmente associata a stati infettivi (n=2), e una scrofa che ha manifestato l'estro con diversi giorni di ritardo rispetto al gruppo (n=1). Sono poi state escluse le scrofe con ordine di parto superiore al quinto (n=9). Gli individui oggetto dello studio sono stati (n=44). Anche gli interventi di monitoraggio presi in



considerazione sono stati limitati da -36 a +60 ore rispetto al momento della prima risposta positiva al test di immobilità (n=9), a fronte di un totale di (n=14) rilievi eseguiti, a causa della ridotta numerosità delle classi agli estremi.

Gli animali sono poi stati suddivisi in classe adottando tre diversi criteri. La prima suddivisione è stata fatta in base all'ordine di parto, da uno a cinque, escludendo le scrofe di ordine superiore, come descritto in tabella 3.2.1. Una seconda suddivisione è stata fatta sulla base della lunghezza dell'intervallo svezzamento-estro (WEI), rilevato ogni dodici ore, le scrofe sono state suddivise in 3 classi. Gli intervalli sono riportati in tabella 3.2.2. Una ulteriore suddivisione è stata fatta successivamente alla raccolta dei risultati di prolificità, calcolando media e deviazione standard e raggruppando le scrofe in base a quante volte la deviazione standard il numero dei nati si discosta dalla media. Sono state così ottenute le cinque classi descritte in tabella 3.2.3.

**Tabella 3.2.1.:** Suddivisione degli individui in classi di ordine di parto

Ordine parto	N° individui
1	9
2	10
3	7
4	9
5	9
Totale	44

**Tabella 3.2.2.:** Suddivisione degli individui in classi di lunghezza dell'intervallo svezzamento-estro (classe WEI)

Classe WEI	WEI (giorni)	N° scrofe
1	2,5 ÷ 3,5	13
2	4,0	21
3	4,5	10
Totale		44

**Tabella 3.2.3:** Suddivisione degli individui in classi di prolificità come scarto dalla media (Classi DS)

Classe DS	N° scrofe
-3	2
-2	7
-1	12
0	17
+1	6
Totale	44

### **3.3 Raccolta dati**

Tutti gli animali di entrambi i gruppi sono stati oggetto di due sessioni di rilevamenti al giorno, in corrispondenza del 'giro scrofe' aziendale, rispettivamente alle ore 7.00 e 19.00, a partire dal giro serale del giorno dello svezzamento, per 7 giorni, ottenendo complessivamente 14 rilievi.

Ogni intervento sul singolo animale ha incluso:

- Rilievo della temperatura corporea per via rettale;
- Rilievo della temperatura corporea superficiale per mezzo di un termometro a raggi infrarossi;
- Rilievo della temperatura superficiale della vulva per mezzo di un termometro a raggi infrarossi;
- Termografia dell'area posteriore, comprendente vulva, perivulva e la porzione posteriore dei glutei;

Per la raccolta delle immagini termografiche è stata impiegata una termocamera ad infrarossi (*Flir Systems, mod. ThermaCam P25, con sensibilità di 0,08 °C*), e le immagini sono state poi elaborate impiegando il software *ThermaCam Researcher Basic 2.08, Flir System*. Sia l'apparecchio che il software sono stati settati con le seguenti impostazioni:

- Emissività: 0,93;
- Distanza: 1 metro;
- Umidità: 98 %;
- Temperatura ambientale: 22 °C;
- Temperatura riflessa: rilevato ad ogni sessione di raccolta delle immagini.

Per il rilievo della temperatura rettale (RT) ci si è avvalsi di un comune termometro digitale, modello *DT-11(A)* con sensibilità di  $\pm 0,1$  °C.

Per il rilievo della temperatura corporea superficiale è stato impiegato un Termometro a raggi infrarossi della *Ryobi, mod. TEK4 RP4030*, con sensibilità pari a

0,1°C. Tale dispositivo è stato utilizzato sia per rilevare la temperatura superficiale della vulva (VTIR), puntando sulla commissura tra le grandi labbra, che per rilevare la temperatura corporea. In quest'ultimo caso l'area presa in considerazione è stata la base del padiglione auricolare, ritenuta la più indicativa, come suggerito da Schmidt et al. (2013).

In concomitanza al primo intervento è stato misurato anche lo spessore del grasso dorsale tramite un misuratore *Renco Lean-meter*, posizionando la sonda sul dorso dell'animale, a 5 cm dalla linea mediana, in corrispondenza dell'ultima costa.

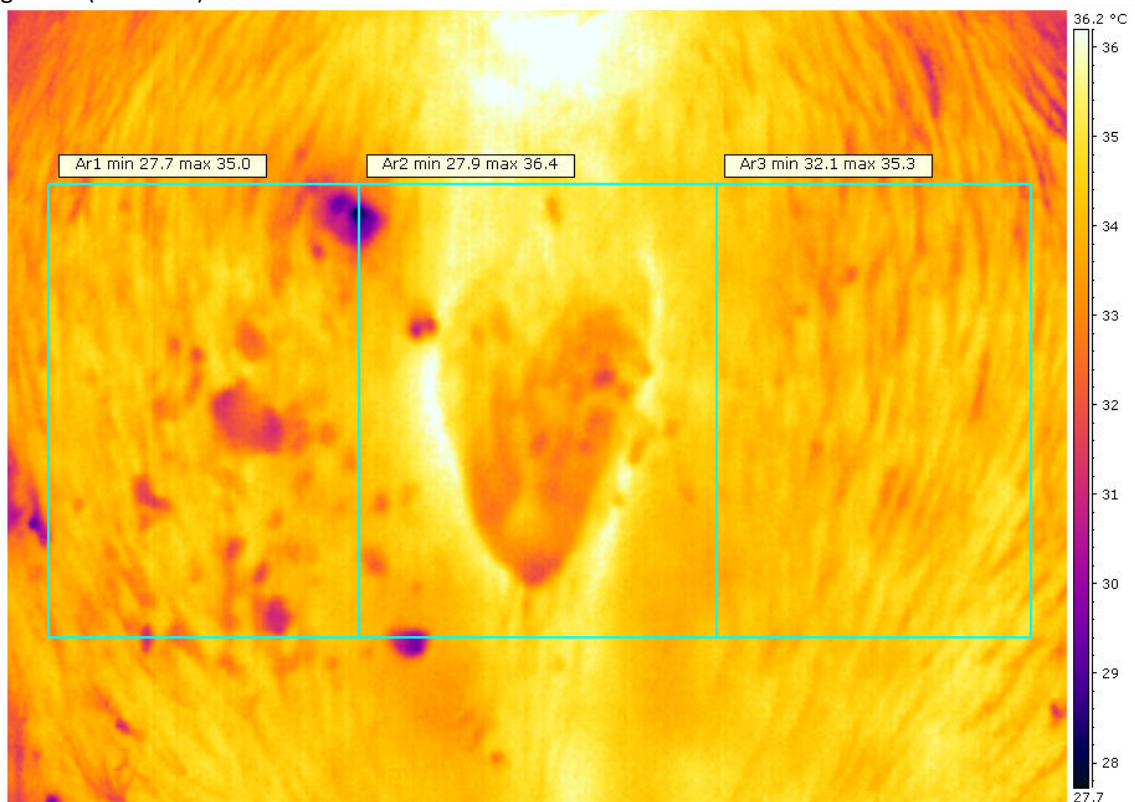
### 3.4 Elaborazione dei dati

Le immagini termografiche raccolte sono state poi analizzate, per mezzo del software, per ottenere dai valori di emissività captati dalla termocamera, i corrispondenti valori di temperatura. Su di ogni immagine sono state identificate tre aree rettangolari, rispettivamente:

- Area 1: corrispondente all'area gluteale sinistra;
- Area 2: corrispondente all'area vulvare e perivulvare;
- Area 3: corrispondente all'area gluteale destra.

Un esempio di individuazione ed analisi delle aree è riportato in figura 3.4.1.

**Figura 3.4.1.:** Esempio di immagine termografica e definizione dell'area vulvare (Ar2) e delle aree gluteali (Ar1 e Ar3)



Di ogni area il software ha fornito temperatura massima, minima e media, e la distribuzione dei pixel (assimilabili ad unità di superficie cutanea) all'interno di 60 range di temperatura, del valore di 0,2°C, nell'intervallo compreso tra 26 e 38°C. Rispetto alla metodica seguita in precedenti ricerche (Scolari et al. 2010, Sykes et al. 2012), in cui l'operatore manualmente definiva con precisione i contorni dell'area vulvare, in questo caso, ipotizzando di dover affidare il compito ad un software, è stata considerata un'area rettangolare comprendente oltre alla vulva anche una porzione variabile di tessuto circostante. Avendo questo ultimo valori di temperatura (emissione) più bassi, il valore medio di tutta l'area (VST) avrà valori più bassi rispetto a quanto pubblicato in precedenza. Lo stesso risultato, cioè una temperatura media più bassa, si evidenzia anche per i valori delle aree gluteali (GST), infatti mentre scolari (2010) ha individuato due piccole sezioni circolari di cute, in questo caso sono state considerate delle aree rettangolari di maggiore dimensione, inglobando ad esempio superfici cutanee imbrattate.

In questa ricerca non è stato possibile affiancare ai rilevamenti termici la raccolta d'informazioni rispetto all'andamento ormonale degli animali, né rispetto all'ovulazione. I dati raccolti sono stati tra di loro confrontati rispetto al tempo di prima risposta positiva al test di immobilità (definito come t<sub>0</sub>). Per poter fare delle valutazioni rispetto a quanto già riportato in letteratura a riguardo del monitoraggio termografico nel post-svezzamento, in cui i risultati sono confrontati rispetto al tempo di ovulazione, è necessario assumere che l'ovulazione in questo caso sia avvenuta 36 ore dopo il riflesso di immobilità, in accordo con quanto riportato in bibliografia.

A seguito del parto, è stato raccolto il numero di suinetti nati in totale per ogni scrofa. Si tratta della somma dei suinetti nati vivi più eventuali altri nati morti o mummificati. È stato scelto quale indicatore della produttività della scrofa perché è il parametro più indicativo del numero di oociti prodotti e poi fecondati, tra quelli più facilmente rilevabili.

Tutti i valori raccolti sono stati successivamente trasportati su di un foglio di calcolo elettronico. Viene riportata la sezione relativa ad una scrofa a titolo di esempio: la figura 3.4.2 rappresenta la porzione di foglio di calcolo relativa alle informazioni sui rilievi e ai valori ottenuti dall'elaborazione delle immagini. La figura 3.4.3 rappresenta un esempio di come la distribuzione dei valori di temperatura è stata riportata sul foglio di calcolo; tuttavia l'analisi di questi ultimi dati estratti dalle termografie non è stata effettuata all'interno di questo lavoro.

**Tabella 3.4.1:** Tabella comparativa della denominazione dei rilievi rispetto alla distribuzione temporale degli eventi

Denominazione rilievo	Tempo da inizio estro (h)	Tempo da prima fecondazione (h)	Tempo da ovulazione (h)
-36	-36	-48	+72
-24	-24	-36	-60
-12	-12	-24	-48
t0	0	-12	-36
+12	+12	0	-24
+24	+24	+12	-12
+36	+36	+24	0
+48	+48	+36	+12
+60	+60	+48	+24





### ***3.5 Analisi statistica***

I dati ottenuti sono stati sottoposti ad analisi statistica utilizzando la procedura GLM del software SIGMASTAT 2.03, attraverso ANOVA, considerando come variabili indipendenti: i tempi di monitoraggio rispetto al momento del riflesso di immobilità (-36; +60); l'ordine di parto (1-5); le classi di intervallo svezzamento-estro (1-3) e le classi di prolificità (scarto dalla media in termini di numero di deviazioni standard) (1-3). Le variabili dipendenti sono stati tutti i parametri rilevati (Trett, VSTmax, VSTavg, GST e  $\Delta T$ ). Le significatività delle differenze sono state considerate con  $P < 0,05$ . Sono stati inoltre calcolati gli indici di correlazione di Pearson tra i parametri valutati.



## 4. RISULTATI

### 4.1 Intervallo svezzamento-estro (WEI)

Le scrofe prese in esame che hanno manifestato il riflesso di immobilità all'interno del periodo di monitoraggio sono state 59 su un totale di 61, tutte all'interno di un intervallo di tempo compreso tra 2.5 e 6 giorni, con un valore medio pari a 4.1 giorni. I valori in dettaglio sono riportati in tabella 4.1.1

**Tabella 4.1.1.** Distribuzione degli individui (valore assoluto e in percentuale) in relazione all'intervallo svezzamento-estro (WEI)

WEI	N°	%
0	0	0
1	0	0
2	1	2
3	12	20
4	45	76
5	0	0
6	1	2
Totale	59	100

## ***4.2 Temperature***

In tabella 4.2.1 sono riportati i valori di temperatura vulvare massima (VSTmax) e media (VSTavg) e della temperatura rettale (Trett) in funzione dei monitoraggi effettuati (ogni 12 ore) per sette giorni a partire dal giorno dello svezzamento.

In tabella 4.2.2 sono riportati invece i valori medi di temperatura rettale, cutanea vulvare massima e media, cutanea gluteale, e  $\Delta T$  in funzione dei monitoraggi sincronizzati con il rilievo dell'estro a t0.

In tabella 4.2.3 sono riportati i valori di temperatura glutale (GST), vulvare media (VSTavg) e massima (VSTmax), rettale (Trett), di lardo dorsale e dei nati totali sono riportati in funzione della suddivisione in classi effettuata in base all'ordine di parto, alla durata dell'intervallo svezzamento-estro e alla prolificità.

## ***4.3 Pattern di temperatura valutati in base alla suddivisione degli individui in classi e tempi di monitoraggio.***

A partire dalla tabella 4.3.1 vengono riportati i risultati dell'analisi statistica in cui i pattern di Trett, VSTmax, VSTavg, GST e  $\Delta T$  vengono valutati in base alla suddivisione degli individui in classi di ordine di parto, durata del WEI e prolificità.

**Tabella 4.2.1:** Valori medi di temperatura vulvare media (VSTavg), temperatura vulvare massima (VSTmax), temperatura rettale (Trett) ± l'errore statistico medio, in funzione del rilievo

	Rilievo													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
<b>VSTavg</b>	33,29 ± 0,09°^"#@#	33,04 ± 0,09"@"%	33,459 ± 0,09**	33,08 ± 0,08"@"&	33,86 ± 0,08*	33,45 ± 0,11*@"	34,52 ± 0,08	33,69 ± 0,11*°	33,16 ± 0,11^"@"\$	33,27 ± 0,11°^"@"E	33,60 ± 0,09*^	32,91 ± 0,11#E\$&%	33,23 ± 0,07^"@"\$	32,87 ± 0,10#E\$&%
<b>VSTmax</b>	35,36 ± 0,09°^\$	34,99 ± 0,11\$@"&	35,41 ± 0,08°^"	35,07 ± 0,07"@"\$@	35,77 ± 0,06*	35,35 ± 0,09°^@"	36,34 ± 0,06	35,46 ± 0,08*^	35,08 ± 0,09"@"\$@#	35,07 ± 0,10"@"\$@E	35,47 ± 0,07*°	34,82 ± 0,08#E\$&%	35,06 ± 0,07"@"\$@%	34,69 ± 0,09E\$&%
<b>Trett</b>	38,47 ± 0,46"@"\$	38,25 ± 0,44\$@"@	38,68 ± 0,65°^	38,63 ± 0,46^"@"	38,98 ± 0,49*	38,45 ± 0,50"@"E	38,84 ± 0,59*°	38,40 ± 0,42\$E\$	38,32 ± 0,38E%	38,19 ± 0,47%&€	38,26 ± 0,43E&	38,20 ± 0,45%#	38,13 ± 0,49&@"#€	38,18 ± 0,54%&

Simboli diversi (\*, °, ^, ...) indicano differenze significative (P<0,05) all'interno dello stesso parametro tra i diversi rilievi

**Tabella 4.2.2:** Valori medi di temperatura rettale (Trett), temperatura del padiglione auricolare (Tpad), temperatura vulvare (Tvul) temperatura vulvare massima (Tmax), temperatura vulvare media (Tavg), temperatura gluteale media (GST) e differenza tra temperatura vulvare media e gluteale media (ΔT) ± l'errore statistico medio, in funzione del tempo di rilievo, con t0 corrispondente al riflesso di immobilità.

Parametro	Tempo monitoraggio									
	-36	-24	-12	0	12	24	36	48	60	
Trett	38,78 ± 0,08	38,66 ± 0,09	38,60 ± 0,08	38,42 ± 0,07	38,32 ± 0,06	38,15 ± 0,06	38,26 ± 0,07	38,15 ± 0,08	38,14 ± 0,07	
Tpad	32,14 ± 0,22	32,78 ± 0,16	32,98 ± 0,31	32,28 ± 0,34	31,67 ± 0,37	31,88 ± 0,45	32,40 ± 0,33	32,21 ± 0,26	32,17 ± 0,30	
Tvul	31,55 ± 0,26	31,71 ± 0,37	32,79 ± 0,35	32,45 ± 0,37	31,80 ± 0,48	31,54 ± 0,34	32,12 ± 0,30	32,21 ± 0,29	32,11 ± 0,29	
VSTmax	36,08 ± 0,11	36,13 ± 0,13	36,40 ± 0,13	36,14 ± 0,13	35,81 ± 0,15	35,85 ± 0,12	35,74 ± 0,15	35,63 ± 0,12	35,60 ± 0,11	
VSTavg	33,90 ± 0,15	34,03 ± 0,17	34,44 ± 0,15	34,24 ± 0,19	33,89 ± 0,20	33,85 ± 0,14	33,68 ± 0,19	33,56 ± 0,15	33,45 ± 0,15	
GST	33,30 ± 0,16	33,35 ± 0,19	33,64 ± 0,21	32,73 ± 0,42	32,90 ± 0,24	33,23 ± 0,17	33,13 ± 0,23	33,16 ± 0,17	33,08 ± 0,17	
ΔT	0,71 ± 0,06	0,72 ± 0,06	0,86 ± 0,08°	1,16 ± 0,10*	1,11 ± 0,09*	0,76 ± 0,07^	0,65 ± 0,07	0,46 ± 0,05	0,47 ± 0,06	

Simboli diversi (\*, °, ^, ...) indicano una differenza significativa (P<0,05) all'interno dello stesso parametro e limitatamente ai valori consecutivi.

**Tabella 4.2.3:** Valori medi  $\pm$  ESM dei parametri valutati (spessore del lardo, intervallo svezzamento-estro (WEI), temperatura rettale (Trett), suinetti nati totali (TB), temperatura vulvare massima (VSTmax), temperatura vulvare media (VSTavg) e temperatura gluteale (GSTavg)) in dipendenza della classificazione basata sull'Ordine di parto, sulla lunghezza dell'intervallo svezzamento-estro (WEI) e scarto dalla media (DS) della prolificità.

Classi	n° individui	Lardo	WEI	Trett	TB	VSTmax	VSTavg	GSTavg
<b>Ordine</b>								
1	9	14,22 $\pm$ 0,24a	4,17 $\pm$ 0,04a	38,51 $\pm$ 0,03a	09,56 $\pm$ 0,17a	35,27 $\pm$ 0,07bc	32,97 $\pm$ 0,10a	32,71 $\pm$ 0,17a
2	10	12,90 $\pm$ 0,21bc	4,00 $\pm$ 0,06b	38,39 $\pm$ 0,03a	12,10 $\pm$ 0,24b	35,04 $\pm$ 0,07ab	32,97 $\pm$ 0,09a	32,76 $\pm$ 0,15a
3	7	12,57 $\pm$ 0,22b	3,79 $\pm$ 0,03c	38,43 $\pm$ 0,04a	12,00 $\pm$ 0,22b	35,32 $\pm$ 0,08c	33,47 $\pm$ 0,09b	33,00 $\pm$ 0,28ab
4	9	13,67 $\pm$ 0,21ac	3,83 $\pm$ 0,03c	38,38 $\pm$ 0,04a	14,44 $\pm$ 0,12c	35,45 $\pm$ 0,06c	33,70 $\pm$ 0,06bc	33,56 $\pm$ 0,11bc
5	9	13,22 $\pm$ 0,24bc	3,89 $\pm$ 0,04bc	38,24 $\pm$ 0,03b	12,78 $\pm$ 0,23b	35,51 $\pm$ 0,06c	33,90 $\pm$ 0,07c	33,81 $\pm$ 0,13c
<b>WEI</b>								
1	13	14,08 $\pm$ 0,15a	3,42 $\pm$ 0,03a	38,45 $\pm$ 0,03a	11,92 $\pm$ 0,18a	35,47 $\pm$ 0,06a	33,57 $\pm$ 0,07a	33,27 $\pm$ 0,18
2	21	13,24 $\pm$ 0,16b	4,00 $\pm$ 0,00b	38,37 $\pm$ 0,02	13,00 $\pm$ 0,12b	35,25 $\pm$ 0,04b	33,36 $\pm$ 0,05	33,17 $\pm$ 0,08
3	10	12,60 $\pm$ 0,20c	4,50 $\pm$ 0,00c	38,34 $\pm$ 0,03b	10,80 $\pm$ 0,26c	35,24 $\pm$ 0,07b	33,27 $\pm$ 0,10b	33,02 $\pm$ 0,17
<b>DS</b>								
-3	2	14,00 $\pm$ 0,28ac	4,00 $\pm$ 0,12	38,32 $\pm$ 0,05ab	4,50 $\pm$ 0,12a	35,47 $\pm$ 0,12ab	33,88 $\pm$ 0,13ad	33,83 $\pm$ 0,22a
-2	7	12,29 $\pm$ 0,26b	3,93 $\pm$ 0,09	38,51 $\pm$ 0,03a	7,71 $\pm$ 0,11b	35,30 $\pm$ 0,06a	33,16 $\pm$ 0,08bc	32,90 $\pm$ 0,14ab
-1	12	14,00 $\pm$ 0,20c	3,96 $\pm$ 0,03	38,50 $\pm$ 0,03a	11,00 $\pm$ 0,09c	35,23 $\pm$ 0,07a	33,10 $\pm$ 0,08c	32,72 $\pm$ 0,20b
0	17	13,53 $\pm$ 0,17cd	3,94 $\pm$ 0,03	38,25 $\pm$ 0,02b	13,77 $\pm$ 0,05d	35,23 $\pm$ 0,05a	33,45 $\pm$ 0,06bd	33,29 $\pm$ 0,10a
1	6	12,50 $\pm$ 0,24b	3,92 $\pm$ 0,05	38,44 $\pm$ 0,04a	17,83 $\pm$ 0,12e	35,68 $\pm$ 0,09b	33,92 $\pm$ 0,11a	33,81 $\pm$ 0,19a

Lettere diverse (a,b,c...) indicano una differenza significativa ( $P < 0,05$ ) tra le classi all'interno del singolo parametro

**Tabella 4.3.1:** Valori medi di temperatura rettale (Trett) media in dipendenza del tempo di monitoraggio (con 0 corrispondente al riflesso di immobilità) e ordine di parto.

Parti	Tempo monitoraggio										ESM	Media
	-36	-24	-12	0	12	24	36	48	60			
1	38,90 <sup>^@#</sup>	38,93 <sup>*@</sup>	38,70	38,56	38,43	38,32	38,33	38,16°	38,22° <sup>^#</sup>	0,16	38,51 ± 0,05a	
2	38,62	38,70	38,68	38,29	38,39	38,06	38,26	38,11	38,39	0,15	38,39 ± 0,05	
3	38,91 <sup>*</sup>	38,53	38,54	38,56	38,36	38,27	38,30	38,30	38,11°	0,18	38,43 ± 0,06	
4	39,02 <sup>*#</sup>	38,59	38,76 <sup>^#</sup>	38,37	38,36	38,08 <sup>o''</sup>	38,22 <sup>o''</sup>	38,08 <sup>o''</sup>	37,94°	0,16	38,38 ± 0,05	
5	38,48	38,52	38,31	38,39	38,08	38,03	38,18	38,12	38,00	0,16	38,24 ± 0,05b	
Media	38,79 <sup>*#5</sup>	38,66 <sup>^#E</sup>	38,60 <sup>@#E5</sup>	38,43	38,32 <sup>#</sup>	38,15°	38,26°	38,15°	38,13°	0,07		

Lettere diverse (a,b,c...) indicano una differenza significativa (P<0,05) tra classi all'interno dello stesso tempo di monitoraggio  
 Simboli diversi (\*, °, ^...) indicano differenze significative (P<0,05) tra tempi di monitoraggio all'interno della stessa classe.

**Tabella 4.3.2:** Valori medi di temperatura rettale (Trett) media in dipendenza del tempo di monitoraggio (con 0 corrispondente al riflesso di immobilità) e classi WEI.

WEI	Tempo monitoraggio										ESM	Media
	-36	-24	-12	0	12	24	36	48	60			
1	38,59b	38,83a <sup>*</sup>	38,31a	38,66	38,25°	38,27°	38,36	38,46a	38,31	0,13	38,45 ± 0,04	
2	39,04a <sup>*</sup>	38,39b <sup>^@</sup>	38,74b <sup>*5@#</sup>	38,31 <sup>''5</sup>	38,39 <sup>#</sup>	38,11°	38,23°	38,06b°	38,06°	0,10	38,37 ± 0,03	
3	38,47b	39,02a <sup>*^</sup>	38,70 <sup>^</sup>	38,35	38,28 <sup>^</sup>	38,07 <sup>^</sup>	38,17 <sup>^</sup>	37,91b°	38,09 <sup>^</sup>	0,14	38,34 ± 0,05	
Media	38,70 <sup>''5</sup>	38,75 <sup>5</sup>	38,58 <sup>*5</sup>	38,44 <sup>5</sup>	38,31 <sup>*^</sup>	38,15°	38,26°	38,14°	38,15°	0,07		

Lettere diverse (a,b,c...) indicano una differenza significativa (P<0,05) tra classi all'interno dello stesso tempo di monitoraggio  
 Simboli diversi (\*, °, ^...) indicano differenze significative (P<0,05) tra tempi di monitoraggio all'interno della stessa classe.

**Tabella 4.3.3:** Valori medi di temperatura rettale (Trett) media in dipendenza del tempo di monitoraggio (con 0 corrispondente al riflesso di immobilità) e classe di scarto dalla media (DS) della prolificità.

Classe DS	Tempo monitoraggio										ESM	Media
	-36	-24	-12	0	12	24	36	48	60			
-3	38,45	38,90	38,00	38,60	38,05	38,10	38,25	38,20	38,30	0,33	38,32 ± 0,11	
-2	38,67	38,83*	38,84*	38,79*	38,47	38,44	38,31	38,00°	38,23	0,18	38,51 ± 0,06ac	
-1	38,98*	38,72	38,64	38,43	38,34°	38,18°	38,47	38,53	38,18°	0,13	38,50 ± 0,05c	
0	38,67* <sup>§#</sup>	38,51 <sup>^v§@</sup>	38,51 <sup>@#E</sup>	38,27	38,28	37,99°	38,08 <sup>ovE</sup>	37,91°	38,01°	0,12	38,25 ± 0,04b	
1	38,90	38,70	38,70	38,35	38,32	38,20	38,27	38,22	38,28	0,19	38,44 ± 0,06	
Media	38,74* <sup>^</sup>	38,73 <sup>^</sup>	38,54	38,49	38,29°	38,18°	38,28°	38,17°	38,20°	0,09		

Lettere diverse (a,b,c...) indicano una differenza significativa (P<0,05) tra classi all'interno dello stesso tempo di monitoraggio

Simboli diversi (\*, °, ^...) indicano differenze significative (P<0,05) tra tempi di monitoraggio all'interno della stessa classe

**Tabella 4.3.4:** Valori medi di temperatura cutanea vulvare massima (VSTmax) in dipendenza del tempo di monitoraggio (con 0 corrispondente al riflesso di immobilità) e ordine di parto.

Parti	Tempo monitoraggio										ESM	Media
	-36	-24	-12	0	12	24	36	48	60			
1	36,20	36,51	36,39	36,17	35,56	36,18	35,91	35,59	35,72	0,28	36,03 ± 0,09	
2	35,98	36,15	36,17	35,67	35,25a	35,68	35,58	35,30	35,36	0,27	35,68 ± 0,09a	
3	36,20	35,99	36,37	36,44	36,13	35,30	35,64	35,70	35,40	0,32	35,91 ± 0,11	
4	36,06	35,88	36,81*	36,12	36,34b	36,00	35,97	35,57°	35,73	0,28	36,05 ± 0,09b	
5	35,99	36,07	36,27	36,41	35,89	36,00	35,59	36,04	35,77	0,28	36,00 ± 0,09	
Media	36,09	36,12	36,40* <sup>''</sup>	36,16 <sup>''</sup>	35,83° <sup>^</sup>	35,83° <sup>^</sup>	35,74° <sup>^</sup>	35,64° <sup>^</sup>	35,60°	0,13		

Lettere diverse (a,b,c...) indicano una differenza significativa (P<0,05) tra classi all'interno dello stesso tempo di monitoraggio

Simboli diversi (\*, °, ^...) indicano differenze significative (P<0,05) tra tempi di monitoraggio all'interno della stessa classe



**Tabella 4.3.5:** Valori medi di temperatura cutanea vulvare massima (VSTmax) in dipendenza del tempo di monitoraggio (con 0 corrispondente al riflesso di immobilità) e classi WEI.

WEI	Tempo monitoraggio										ESM	Media
	-36	-24	-12	0	12	24	36	48	60			
1	35,53a°	36,00a°	35,97a°	36,97a*	36,22	35,85°	35,72°	36,18a	35,65°	0,22	36,01 ± 0,07	
2	36,47b <sup>^</sup> ° <sup>ES</sup>	35,80a <sup>e</sup>	36,78b* <sup>^</sup>	35,77b <sup>s</sup>	35,62°	35,66°	35,96 <sup>o</sup>	35,22b°	35,66°	0,17	35,88 ± 0,06	
3	35,96	36,98b*	36,16	35,84b°	35,65°	36,26	35,31°	35,78°	35,41°	0,25	35,93 ± 0,08	
Media	35,99	36,26 <sup>^</sup>	36,30* <sup>^</sup> <sup>@</sup>	36,19 <sup>o</sup> <sup>#</sup>	35,83	35,92	35,66 <sup>#</sup>	35,73 <sup>o</sup>	35,54°	0,12		

Lettere diverse (a,b,c...) indicano una differenza significativa (P<0,05) tra classi all'interno dello stesso tempo di monitoraggio  
 Simboli diversi (\*, °, ^...) indicano differenze significative (P<0,05) tra tempi di monitoraggio all'interno della stessa classe

**Tabella 4.3.6:** Valori medi di temperatura cutanea vulvare massima (VSTmax) in dipendenza del tempo di monitoraggio (con 0 corrispondente al riflesso di immobilità) e classe di scarto dalla media (DS) della prolificità.

Classe DS	Tempo monitoraggio										ESM	Media
	-36	-24	-12	0	12	24	36	48	60			
-3	36,05	36,65	36,55	36,10	35,60	36,05	35,45	35,85	35,95	0,60	36,03 ± 0,20a	
-2	35,70	36,53	36,34	36,19	36,11	36,27	35,63	35,39	35,47	0,32	35,96 ± 0,11	
-1	36,40	35,85	36,34	36,15	35,33	35,65	35,88	35,58	35,53	0,25	35,86 ± 0,08b	
0	35,99	35,99	36,22	35,97	35,85	35,72	35,64	35,60	35,54	0,21	35,84 ± 0,07b	
1	36,13	36,42	37,02	36,55	36,37	36,08	35,97	36,02	35,93	0,35	36,28 ± 0,12	
Media	36,05	36,29	36,50*	36,19	35,85	35,95	35,71°	35,69°	35,69°	0,17		

Lettere diverse (a,b,c...) indicano una differenza significativa (P<0,05) tra classi all'interno dello stesso tempo di monitoraggio  
 Simboli diversi (\*, °, ^...) indicano differenze significative (P<0,05) tra tempi di monitoraggio all'interno della stessa classe

**Tabella 4.3.7:** Valori medi di temperatura cutanea vulvare media (VSTavg) in dipendenza del tempo di monitoraggio (con 0 corrispondente al riflesso di immobilità) e ordine di parto.

Parti	Tempo monitoraggio										ESM	Media
	-36	-24	-12	0	12	24	36	48	60			
1	33,87	33,91	33,91	33,68	33,18	33,97	33,63	33,21	33,30	0,36	33,63 ± 0,12ac	
2	33,84	34,07	34,23	33,63	33,28	33,33	33,32	33,18	33,09	0,34	33,55 ± 0,11a	
3	33,69	33,96	34,50	34,79	34,51	33,46	33,66	33,64	33,34	0,41	33,95 ± 0,14	
4	33,84	33,84	35,01	34,58	34,31	34,16	34,16	33,43	33,46	0,36	34,09 ± 0,12cd	
5	34,23	34,34	34,58	34,72	34,38	34,30	33,67	34,39	34,06	0,36	34,30 ± 0,12bd	
Media	33,89	34,03	34,45**	34,28^^	33,93	33,84	33,69^	33,57^	33,45°	0,16		

Lettere diverse (a,b,c...) indicano una differenza significativa (P<0,05) tra classi all'interno dello stesso tempo di monitoraggio  
 Simboli diversi (\*, °, ^...) indicano differenze significative (P<0,05) tra tempi di monitoraggio all'interno della stessa classe

**Tabella 4.3.8:** Valori di temperatura cutanea vulvare media (VSTavg) in dipendenza del tempo di monitoraggio (con 0 corrispondente al riflesso di immobilità) e classi WEI.

WEI	Tempo monitoraggio										ESM	Media
	-36	-24	-12	0	12	24	36	48	60			
1	33,20a°	33,65a° <sup>§</sup>	34,02	35,12a**	34,45^° <sup>§@#</sup>	34,09	33,84° <sup>@</sup>	34,32°	33,55° <sup>#</sup>	0,29	34,03 ± 0,10	
2	34,36b^° <sup>@#E§</sup>	33,72a° <sup>E&amp;</sup>	34,80*^	34,09b* <sup>@#S&amp;</sup>	33,67° <sup>@</sup>	33,68° <sup>#</sup>	33,91	33,05b°	33,44° <sup>°§</sup>	0,23	33,86 ± 0,08	
3	33,86	35,18b*	34,23	33,42b°	33,63°	33,89	32,99°	33,64°	33,31°	0,33	33,79 ± 0,11	
Media	33,81	34,18 <sup>§#@E</sup>	34,35* <sup>°E</sup>	34,21	33,92	33,89^° <sup>@</sup>	33,58° <sup>#</sup>	33,67 <sup>§</sup>	33,44°	0,16		

Lettere diverse (a,b,c...) indicano una differenza significativa (P<0,05) tra classi all'interno dello stesso tempo di monitoraggio  
 Simboli diversi (\*, °, ^...) indicano differenze significative (P<0,05) tra tempi di monitoraggio all'interno della stessa classe

**Tabella 4.3.9:** Valori di temperatura cutanea vulvare media (VSTavg) in dipendenza del tempo di monitoraggio (con 0 corrispondente al riflesso di immobilità) e classe di scarto dalla media (DS) della prolificità.

Classe DS	Tempo monitoraggio										ESM	Media
	-36	-24	-12	0	12	24	36	48	60			
-3	34,10	34,95	34,85	34,35	34,15	34,55	33,75	34,20	33,65	0,78	34,24 ± 0,26	
-2	33,21	34,63	34,10	34,00	34,30	33,97	33,34	33,17	33,24	0,42	33,78 ± 0,14	
-1	34,26	33,51	34,19	34,04	33,10	33,50	33,60	33,38	33,34	0,32	33,66 ± 0,11a	
0	33,88	33,86	34,51	34,27	34,08	33,88	33,74	33,57	33,52	0,27	33,92 ± 0,09	
1	34,00	34,55	35,00	34,82	34,38	34,08	34,03	34,12	33,62	0,45	34,29 ± 0,15b	
Media	33,89	34,30	34,53*	34,30	34,00	34,00	33,69	33,69	33,47°	0,22		

Lettere diverse (a,b,c...) indicano una differenza significativa (P<0,05) tra classi all'interno dello stesso tempo di monitoraggio

Simboli diversi (\*, °, ^...) indicano differenze significative (P<0,05) tra tempi di monitoraggio all'interno della stessa classe

**Tabella 4.3.10:** Valori di temperatura cutanea gluteale (GST) in dipendenza del tempo di monitoraggio (con 0 corrispondente al riflesso di immobilità) e ordine di parto.

Parti	Tempo monitoraggio										ESM	Media
	-36	-24	-12	0	12	24	36	48	60			
1	32,92	33,06	32,73a	32,32	31,99ac	32,97	32,61	32,63	32,61	0,43	33,65 ± 0,14a	
2	33,18	33,25	33,23	32,04a	31,82a	32,48	32,63	32,71	32,77	0,40	32,68 ± 0,13a	
3	32,94	33,21	33,65	33,65	33,26	33,98	33,16	33,24	32,94	0,48	33,23 ± 0,16	
4	33,34	33,29	34,45b	33,92bc	33,42c	33,43	33,70	33,07	32,92	0,43	33,51 ± 0,14c	
5	33,56	33,78	33,93	33,81c	33,71bc	33,69	33,19	33,96	33,68	0,43	33,70 ± 0,14bc	
Media	33,19	33,32	33,60	33,15	32,84	33,11	33,06	33,12	32,99	0,19		

Lettere diverse (a,b,c...) indicano una differenza significativa (P<0,05) tra classi di ordine di parto (-3 ÷ 1) all'interno dello stesso tempo di monitoraggio

Simboli diversi (\*, °, ^...) indicano differenze significative (P<0,05) tra tempi di monitoraggio (-4 ÷ 4) all'interno della stessa classe di ordine di parto

**Tabella 4.3.11:** Valori di temperatura cutanea gluteale (GST) in dipendenza del tempo di monitoraggio (con 0 corrispondente al riflesso di immobilità) e classi WEI.

WEI	Tempo monitoraggio										ESM	Media
	-36	-24	-12	0	12	24	36	48	60			
1	32,58	32,95a	33,29	32,79	33,55	33,55	33,44	33,99a	33,29	0,42	33,27 ± 0,14	
2	33,76	33,02a	34,07*	32,98	32,62°	33,11	33,36	32,69b	32,94	0,33	33,17 ± 0,11	
3	33,26	34,55b*	33,20	32,14°	32,63	33,06	32,23°	33,06	33,09	0,47	33,02 ± 0,16	
Media	33,20	33,51	33,52	32,64	32,93	33,24	33,01	33,24	33,11	0,24		

Lettere diverse (a,b,c...) indicano una differenza significativa (P<0,05) tra classi all'interno dello stesso tempo di monitoraggio

Simboli diversi (\*, °, ^...) indicano differenze significative (P<0,05) tra tempi di monitoraggio all'interno della stessa classe

**Tabella 4.3.12:** Valori di temperatura cutanea gluteale (GST) in dipendenza del tempo di monitoraggio (con 0 corrispondente al riflesso di immobilità) e classe di scarto dalla media (DS) della prolificità.

Classe DS	Tempo monitoraggio										ESM	Media
	-36	-24	-12	0	12	24	36	48	60			
-3	33,13	34,23	34,00	33,63	33,70	33,83	33,55	33,73	33,35	0,94	33,68 ± 0,31	
-2	32,34	33,71	33,10	32,54	32,86	32,96	32,62	32,63	32,88	0,50	32,85 ± 0,17a	
-1	33,53°	32,84	33,28	32,79	31,77*	32,77	32,81	32,87	32,72	0,38	32,82 ± 0,13a	
0	33,20	33,16	33,71	33,19	33,10	33,16	33,15	33,19	33,02	0,32	33,21 ± 0,11	
1	33,58	33,98	34,29	33,95	33,61	33,56	33,53	33,68	33,40	0,54	33,73 ± 0,18b	
Media	33,15	33,58	33,68	33,22	33,01	33,25	33,13	33,22	33,07	0,26		

Lettere diverse (a,b,c...) indicano una differenza significativa (P<0,05) tra classi all'interno dello stesso tempo di monitoraggio

Simboli diversi (\*, °, ^...) indicano differenze significative (P<0,05) tra tempi di monitoraggio all'interno della stessa classe

**Tabella 4.3.13:** Valori di differenza tra temperatura cutanea vulvare e gluteale ( $\Delta T$ ) in dipendenza del tempo di monitoraggio (con 0 corrispondente al riflesso di immobilità) e ordine di parto.

Parti	Tempo monitoraggio									ESM	Media
	-36	-24	-12	0	12	24	36	48	60		
1	0,967a <sup>°^</sup>	0,878a <sup>°^</sup>	1,211a <sup>*°</sup>	1,378ab <sup>*</sup>	1,200ab <sup>*°</sup>	1,011a <sup>°^</sup>	1,044 <sup>*^</sup>	0,600 <sup>''</sup>	0,700a <sup>^''</sup>	0,081	0,999 ± 0,027d
2	0,670 <sup>''</sup>	0,840 <sup>°</sup>	1,000ac <sup>°</sup>	1,630a <sup>*</sup>	1,490a <sup>*</sup>	0,880ab <sup>°</sup>	0,710a <sup>°^</sup>	0,460 <sup>^''#</sup>	0,320b <sup>#</sup>	0,077	0,889 ± 0,026c
3	0,740 <sup>°#</sup>	0,743 <sup>''</sup>	0,857bc <sup>*°^</sup>	1,129bc <sup>*°</sup>	1,243a <sup>*</sup>	0,486ce <sup>^''#</sup>	0,500a <sup>^''#</sup>	0,414 <sup>''#</sup>	0,429 <sup>''#</sup>	0,092	0,727 ± 0,031b
4	0,489b <sup>°^</sup>	0,556b <sup>*''</sup>	0,578b <sup>*''</sup>	0,667d <sup>*^</sup>	0,889bc <sup>*</sup>	0,744acd <sup>*°</sup>	0,467a <sup>°^</sup>	0,356 <sup>^''</sup>	0,533 <sup>*''</sup>	0,081	0,586 ± 0,027a
5	0,689 <sup>*^</sup>	0,578 <sup>*§</sup>	0,656b <sup>*#</sup>	0,922cd <sup>*</sup>	0,689c <sup>*°</sup>	0,611bde <sup>*@</sup>	0,489a <sup>°^#@§</sup>	0,433 <sup>°^#@§</sup>	0,367b <sup>°^#@§</sup>	0,081	0,604 ± 0,027a
Media	0,711 <sup>°^</sup>	0,719 <sup>°^</sup>	0,860 <sup>°</sup>	1,145 <sup>*</sup>	1,102 <sup>*</sup>	0,746 <sup>^</sup>	0,642 <sup>^</sup>	0,453 <sup>''</sup>	0,470 <sup>''</sup>	0,037	

Lettere diverse (a,b,c...) indicano una differenza significativa (P<0,05) tra classi all'interno dello stesso tempo di monitoraggio

Simboli diversi (\*, °, ^...) indicano differenze significative (P<0,05) tra tempi di monitoraggio all'interno della stessa classe

**Tabella 4.3.14:** Valori di differenza tra temperatura cutanea vulvare e gluteale ( $\Delta T$ ) in dipendenza del tempo di monitoraggio (con 0 corrispondente al riflesso di immobilità) e classi WEI.

WEI	Tempo monitoraggio									ESM	Media
	-36	-24	-12	0	12	24	36	48	60		
1	0,67 <sup>°^</sup>	0,63 <sup>°^</sup>	0,82 <sup>*°</sup>	1,05a <sup>*</sup>	1,06 <sup>*</sup>	0,72 <sup>^</sup>	0,46b <sup>^</sup>	0,43 <sup>^</sup>	0,41a <sup>^</sup>	0,07	0,70 ± 0,03a
2	0,69 <sup>°</sup>	0,72 <sup>°</sup>	0,79a <sup>°</sup>	1,11a <sup>*</sup>	1,13 <sup>*</sup>	0,71 <sup>°</sup>	0,69a <sup>°</sup>	0,41	0,57ab <sup>°</sup>	0,06	0,76 ± 0,02a
3	0,80 <sup>°</sup>	0,83 <sup>°</sup>	1,07b <sup>*°</sup>	1,38b <sup>*</sup>	1,10 <sup>*°</sup>	0,92 <sup>°^</sup>	0,82a <sup>°</sup>	0,57 <sup>^''</sup>	0,33b <sup>''</sup>	0,09	0,87 ± 0,03b
Media	0,72 <sup>°#</sup>	0,73 <sup>''</sup>	0,90 <sup>°</sup>	1,18 <sup>*</sup>	1,10 <sup>*</sup>	0,78 <sup>°^</sup>	0,66 <sup>^''#@</sup>	0,47 <sup>@§</sup>	0,44 <sup>§</sup>		

Lettere diverse (a,b,c...) indicano una differenza significativa (P<0,05) tra classi all'interno dello stesso tempo di monitoraggio

Simboli diversi (\*, °, ^...) indicano differenze significative (P<0,05) tra tempi di monitoraggio all'interno della stessa classe

**Tabella 4.3.15:** Valori di differenza tra temperatura cutanea vulvare e gluteale ( $\Delta T$ ) in dipendenza del tempo di monitoraggio (con 0 corrispondente al riflesso di immobilità) e classe di scarto dalla media (DS) della prolificità.

Classe DS	Tempo monitoraggio										ESM	Media
	-36	-24	-12	0	12	24	36	48	60			
-3	1,00	0,75	0,85	0,75 <sup>b</sup>	0,45 <sup>b</sup>	0,75	0,20 <sup>a</sup>	0,50	0,25	0,18	0,61 ± 0,06 <sup>b</sup>	
-2	0,89 <sup>^#</sup>	0,93 <sup>^"</sup>	1,00 <sup>^</sup>	1,49 <sup>a*</sup>	1,44 <sup>ad*°</sup>	1,03 <sup>a°^</sup>	0,76 <sup>^@</sup>	0,56 <sup>""#@</sup>	0,37 <sup>@</sup>	0,10	0,94 ± 0,03 <sup>ac</sup>	
-1	0,75 <sup>°#</sup>	0,69 <sup>°@</sup>	0,93 <sup>°</sup>	1,27 <sup>*</sup>	1,34 <sup>d*</sup>	0,76 <sup>°"</sup>	0,79 <sup>b°^</sup>	0,50 <sup>^""#@°§</sup>	0,64 <sup>a°§</sup>	0,08	0,85 ± 0,03 <sup>c</sup>	
0	0,67 <sup>""#</sup>	0,71 <sup>""#</sup>	0,80 <sup>^"</sup>	1,09 <sup>b*</sup>	0,99 <sup>c*^</sup>	0,74 <sup>^</sup>	0,60 <sup>""#@</sup>	0,38 <sup>@°§</sup>	0,50 <sup>°§</sup>	0,06	0,72 ± 0,02 <sup>b</sup>	
1	0,43 <sup>*#</sup>	0,57 <sup>*^</sup>	0,75 <sup>*</sup>	0,88 <sup>b*</sup>	0,78 <sup>*</sup>	0,53 <sup>b*"</sup>	0,53 <sup>*@</sup>	0,43 <sup>*°§</sup>	0,22 <sup>b^@#°§</sup>	0,11	0,57 ± 0,04 <sup>b</sup>	
Media	0,75 <sup>°#@#</sup>	0,73 <sup>°#§</sup>	0,87 <sup>^°</sup>	1,10 <sup>*</sup>	1,00 <sup>*^</sup>	0,76 <sup>°"</sup>	0,58 <sup>""@°§£</sup>	0,48 <sup>£</sup>	0,40 <sup>£</sup>	0,05		

Lettere diverse (a,b,c...) indicano una differenza significativa ( $P < 0,05$ ) tra classi all'interno dello stesso tempo di monitoraggio

Simboli diversi (\*, °, ^...) indicano differenze significative ( $P < 0,05$ ) tra tempi di monitoraggio all'interno della stessa classe

## 4.4 Prolificità

E' stato calcolato il valore medio di nati totali tra tutte le scrofe, pari a 11,43. La media del gruppo di scrofe selezionate per l'indagine statistica invece è di 12,18 suinetti.

La percentuale di portata al parto (FR) è stata del 95%, con 56 parti su un totale di 59 scrofe fecondate. La percentuale di ritorno in estro (RER) è stata del 5% con 3 scrofe che hanno manifestato nuovamente l'estro su 59 fecondate.

I valori prolificità, in termini di suinetti nati totali, delle diverse classi di WEI sono riportati in tabella 4.4.1.

**Tabella 4.4.1:** Numero di individui, valore di intervallo svezzamento-estro (WEI) e valore medio di suinetti nati totali per classi di intervallo svezzamento estro (Classe WEI)

Classe WEI	WEI (giorni)	N° scrofe	Nati totali
1	2,5 ÷ 3,5	13	11,92
2	4,0	21	13,00
3	4,5	10	10,80
Media			12,18

## 4.5 Correlazioni

**Tabella 4.5.1:** Indici di correlazione (pearson correlation) tra tempo di monitoraggio, intervallo svezzamento-estro (WEI), ordine di parto (PO), spessore di lardo dorsale, temperatura della vuva (Tvul) temperatura del padiglione auricolare (Tpad), temperatura rettale (Trett), temperatura cutanea vulvare massima (VSTmax), temperatura cutanea vulvare media (VSTavg), temperatura cutanea glutale (GST), differenza tra temperatura cutanea vulvare media e gluteale ( $\Delta T$ ), suinetti nati totali (TB)

	Tempo	Wei	PO	Lardo	Tpad	Tvul	Trett	VSTmax	VSTavg	GST	$\Delta T$	TB
Rilievo	0,952	0,307*	-0,0764	-0,0389	-0,0307	-0,0483	-0,415	-0,243*	-0,201*	-0,103*	-0,176*	-0,00502
Tempo		0,000	0,000	0,000	-0,0649	0,0281	-0,414	-0,247*	-0,196*	-0,0842	-0,214*	0,000
Wei			-0,249*	-0,127*	0,101*	0,0704	-0,0699	-0,0274	-0,0469	-0,0735	0,0901	-0,0164
PO				-0,0480	-0,0246*	0,178*	-0,177*	0,0578	0,241*	0,320	-0,302*	0,358
Lardo					0,00730	0,0504	0,00287	0,0521	0,0661	0,103*	-0,122*	-0,0106
Tpad						0,603	0,248*	0,547	0,557	0,599	-0,325	0,0411
Tvul							0,155*	0,593	0,660	0,680	-0,310*	0,0534
Trett								0,479	0,314*	0,255*	0,0246	-0,0526
VSTmax									0,851	0,874	-0,120	0,0707
VSTavg										0,973	-0,197	0,0848
GST											-0,553	0,129
$\Delta T$												-0,147*

L'asterisco (\*) indica una correlazione significativa tra le variabili



## **5. DISCUSSIONE**

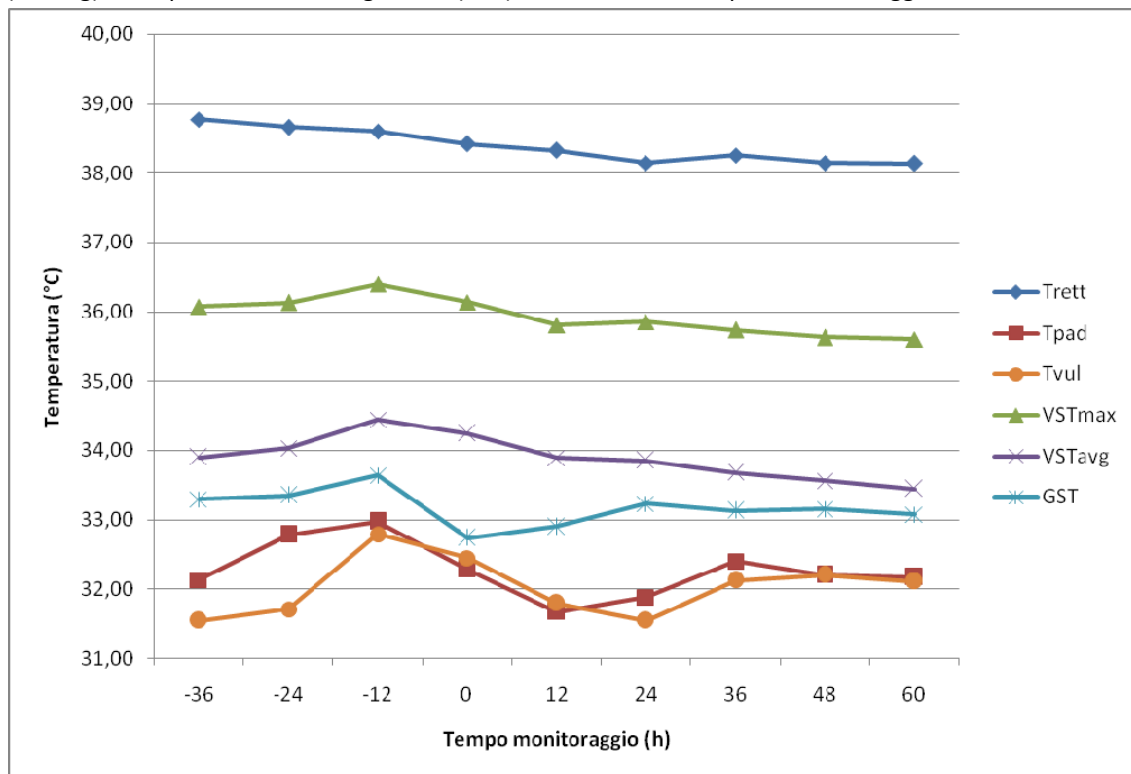
### ***5.1 Intervallo svezzamento-estro (WEI)***

Il valore medio di WEI ottenuto (4.1 giorni), con l'inizio della manifestazione estrale maggiormente concentrata al 4° giorno dopo lo svezzamento (76%) e al 3° giorno (20%), per un totale di 96% tra 3° e 4° giorno, è in linea con quanto riportato in letteratura. Le differenze di +0.3 giorni (Kemp et al. 1996) e -0.7 giorni (Poleze et al. 2006) infatti risultano essere contenute ed ascrivibili alle differenze che possono intercorrere tra le modalità di allevamento nelle diverse aziende (orario dei rilievi, genetica degli animali, alimentazione, ecc...). Anche la distribuzione della comparsa delle manifestazioni è molto simile a quanto riportato dagli stessi autori.

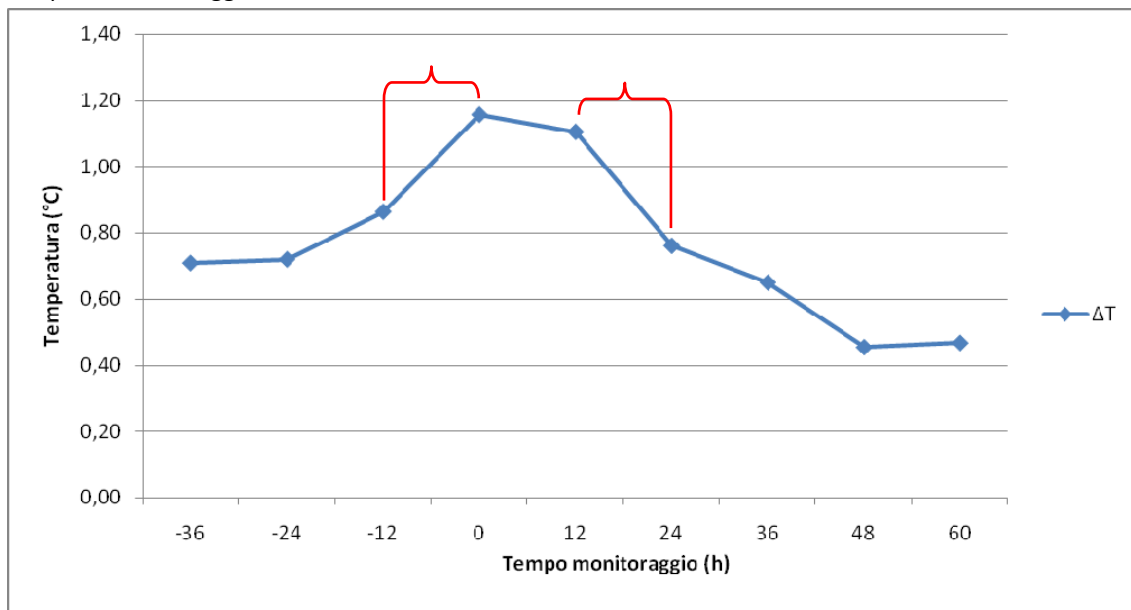
### ***5.2 Temperature***

In figura 5.2.1 sono riportati i pattern descritti dai vari parametri presi in considerazione. In figura 5.2.2 invece è riportato il pattern descritto da  $\Delta T$ . Successivamente vengono discussi i singoli parametri.

**Figura 5.2.1:** Valori medi di temperatura rettale (Trett), temperatura del padiglione (Tpad), temperatura della vulva (Tvul), temperatura cutanea vulvare massima (VSTmax), temperatura cutanea vulvare media (VSTavg) e temperatura cutanea gluteale (GST) in funzione del tempo di monitoraggio



**Figura 5.2.2:** Valori medi della differenza tra temperatura cutanea vulvare e gluteale ( $\Delta T$ ) in funzione del tempo di monitoraggio



Le parentesi indicano una differenza significativa ( $P < 0,05$ ) tra rilievi successivi

### ***5.2.1 Temperatura rettale***

I valori di temperatura rettale non si discostano molto da quanto riportato in letteratura, seppur riferita a monitoraggi con diverse finalità e in diversi momenti produttivi della scrofa (Quiniou et al. 1999). Il valore medio infatti oscilla tra 38,25°C e 38,98°C. Considerando i valori medi rilevati ai monitoraggi conteggiati partendo dallo svezzamento, si registrano due picchi al 5° e 7° rilevamento, cioè a 3 e 4 giorni dallo svezzamento. Se invece i valori medi vengono considerati in funzione della prima positività al riflesso di immobilità, assimilata come inizio dell'estro, si nota che si verifica un decremento progressivo fino a 12 ore prima della presunta ovulazione in cui si registra il valore minimo (38,15°C). Da questo punto fino al termine del monitoraggio la temperatura si mantiene a livelli più bassi. L'andamento che è stato registrato si ritiene essere un indicatore coerente con quanto si verifica nell'organismo animale: la presenza di estrogeni in circolo è responsabile dei livelli inizialmente più elevati di temperatura corporea; in seguito la temperatura si abbassa con la diminuzione degli estrogeni e con il picco di ormone luteinizzante che porta all'ovulazione e successiva produzione di progesterone. Il rilievo della temperatura rettale potrebbe quindi essere preso in considerazione quale indicatore di ovulazione imminente o già avvenuta.

### ***5.2.2 Temperatura cutanea vulvare massima e media***

Le temperature cutanee vulvari media (VSTavg) e massima (VSTmax) seguono un andamento piuttosto differente rispetto a quanto riportato precedentemente in letteratura. In questo lavoro il picco di valori si registra a -48 ore dall'ovulazione presunta, con 36,40°C di temperatura massima e 34,44°C di temperatura media. In seguito entrambe diminuiscono fino al tempo della prima fecondazione, ed in seguito più lentamente. All'ovulazione i valori rilevati sono rispettivamente di 35,74°C e 33,68°C. L'andamento osservato differisce da quanto riportato in precedenza in letteratura: Simoes (2012) riporta il picco a -60 ore circa dall'ovulazione presunta;

secondo Scolari et al. (2011) addirittura i valori massimi di temperatura media e massima sono compresi tra -36 e -12 ore.

Differenze così sostanziali nei risultati sono probabilmente da attribuire a differenze nelle metodiche di esecuzione o più probabilmente ad uno spostamento temporale dei valori. Andando infatti a confrontare il risultato con la precedente ricerca di Nissen et al. (1997), si evince che il picco di temperatura rilevato in questo monitoraggio corrisponde al momento in cui viene rilevato il picco di estradiolo (48 ore circa prima dell'ovulazione). Si ritiene quindi, dimostrata l'azione che hanno gli estrogeni sulla circolazione periferica, che il pattern rilevato rifletta in modo discretamente attendibile le variazioni ormonali che si verificano nell'organismo dell'animale. Il livello di temperatura più elevato infatti si ritiene debba corrispondere al momento in cui la concentrazione in circolo di estrogeni è massima, cioè in corrispondenza della comparsa delle manifestazioni estrali. In seguito la temperatura diminuisce per il crollo di estrogeni che porta poi all'ovulazione per effetto del picco di ormone luteinizzante.

### ***5.2.3 Temperatura di glutei vulva e padiglione***

Anche la temperatura cutanea glutale (GST) manifesta un andamento diverso da quanto riportato in letteratura in precedenza. In questo caso l'andamento è simile alle altre temperature rilevate, con un incremento fino al valore massimo (33,59°C) a 12 ore dall'inizio dell'estro e 48 ore dalla presunta ovulazione, e un successivo calo fino al valore minimo (32,80°C) a 24 ore dall'ovulazione, e un successivo assestamento a circa 33°C. L'andamento descritto rappresenta una notevole differenza rispetto a quanto riportato sia da Simoes che Sikes et al. (2012), i quali non hanno rilevato sostanziali variazioni durante il tempo di monitoraggio. Osservando gli indici di correlazione appare tuttavia evidente come le variazioni di temperatura siano un fenomeno che, seppur in maniera diversa, in particolare a cavallo delle manifestazioni estrali, coinvolgano l'organismo in toto. A conferma di ciò si aggiunge il trend simile seguito dalle temperature vulvare (Tvul) e del padiglione auricolare (Tpad) rilevate mediante

termometro a infrarossi che, seppur con livelli più bassi, ricalcano le variazioni descritte da GST. Il fatto che la temperatura in diversi punti del corpo è rilevata con metodiche differenti seguisse un andamento simile, ha portato alla necessità di calcolare l'andamento che poteva avere il delta di temperatura tra VST e GST, e successivamente ricercare differenze sostanziali tra classi diverse di individui.

#### ***5.2.4 Differenza di temperatura ( $\Delta T$ )***

Nonostante i valori assoluti delle varie temperature rilevate abbiano dimostrato una connessione importante con i mutamenti che avvengono nell'organismo della scrofa, il dato più interessante, alla luce dell'andamento che descrive, è  $\Delta T$ , cioè la differenza di temperatura che intercorre tra VST e GST. Essendo  $\Delta T$  calcolato come differenza tra la temperatura media della vulva e la temperatura media delle aree gluteali, con queste ultime indicative della temperatura corporea dell'animale, esso rispecchia la differenza che intercorre tra la temperatura dell'apparato riproduttore (Scolari et al. 2009, Sprague et al. 2009 e Stelletta et al. 2012) e la temperatura corporea complessiva. Il gap infatti aumenta progressivamente segnando una differenza significativa tra il rilievo a 48 e 36 ore dall'ovulazione (passando da 0,86 a 1,16°C) momento in cui l'allevatore rileva il riflesso di immobilità, e si mantiene (1,11°C) per altre 12 ore, fino al momento in cui è stato effettuato il primo intervento di fecondazione; in seguito diminuisce in maniera significativa a 0,76°C a 12 ore dall'ovulazione, e più modestamente a 0,65°C in corrispondenza dell'ovulazione e fino ai valori di 0,46 e 0,47°C rispettivamente a 12 e 24 ore dopo l'ovulazione.

Dell'andamento descritto i momenti più importanti sono quando il valore sale in maniera significativa a 36 ore dall'ovulazione, in concomitanza con l'inizio della positività al riflesso di immobilità, il plateau che si mantiene per 12 ore, e il successivo crollo, in corrispondenza del momento in cui è stata eseguita la prima fecondazione. La variazione iniziale di +0,30°C in media infatti potrebbe venire considerata come indicatore del momento in cui l'animale si trova in corrispondenza dello standing heat senza doverlo rilevare, e il mantenimento della differenza di temperatura alle 12 ore

successive considerato indicatore del momento in cui effettuare il primo intervento di inseminazione artificiale. Il crollo successivo pari a  $-0,35^{\circ}\text{C}$  in media potrebbe essere considerato una sorta di 'campanello d'allarme' per l'operatore, indicando le ultime ore utili per effettuare gli interventi di fecondazione.

Il valore ottenuto è interessante, ma lontano da quanto in precedenza riportato nella tesi di laurea di Simoes (2012) in cui raggiungeva i valori di  $3,8$  e  $3,5^{\circ}\text{C}$  in due gruppi di individui, quindi oltre tre volte tanto, e a 60 e 80 ore dall'ovulazione (quindi 24 ore prima del picco in questo lavoro). La differenza che si registra in termini di valore assoluto può essere ricondotta a diversi fattori. Tra i due monitoraggi sussiste una importante differenza nella raccolta e successiva analisi dei dati: Simoes al momento di analizzare le termografie per estrarre i valori di temperatura, individua aree ben precise sia per la vulva che per i glutei. In questa ricerca invece le aree sono state identificate in maniera più approssimativa, cercando di mimare l'interpretazione che potrebbe effettuare un sistema automatizzato. Sono così risultate incluse nell'area vulvare anche superfici di tessuto perivulvare, e, soprattutto nelle aree gluteali, superficie cutanea imbrattata da feci o bagnata. Inoltre mentre questo monitoraggio ha interessato una banda produttiva di scrofe, quindi un gruppo di scrofe approssimativamente sincronizzate mediante lo svezzamento simultaneo, Simoes (2012) impiega animali sincronizzati mediante l'impiego di un progestinico (altrenogest) somministrato durante la lattazione e interrotto a due giorni dallo svezzamento per ottenere una miglior sincronizzazione. In questo modo è stato indotto un crollo più repentino dei livelli di progesterone in circolo che ha avuto conseguenze poi sui livelli di estrogeni, sulla manifestazione estrale e quindi sulle temperature cutanee. C'è stata inoltre sicuramente una differenza sia in termini di variabili ambientali, sia differenze in termini di settaggio della termocamera o impostazioni del software di analisi.

Lo shift temporale che ricorre tra i picchi ottenuti nelle due sperimentazioni invece potrebbe essere spiegato dal fatto che in entrambe le ricerche è mancata la precisa individuazione dell'ovulazione (ad esempio mediante ecografia o dosaggi ormonali) e si è ricorsi ad una datazione basata sui tempi dell'estro e del WEI.

### ***5.3 Pattern di temperatura valutati in base alla suddivisione degli individui in classi e tempi di monitoraggio.***

#### ***5.3.1 Temperatura rettale (Trett)***

In funzione della suddivisione in base all'ordine di parto si nota come non sussistano differenze significative nè tra le classi, nè tra i tempi di monitoraggio, si registrano solo valori di temperatura tendenzialmente più bassi per gli ordini maggiori, in particolare per le scrofe di quinto parto. Tale differenza è da associare probabilmente ad una progressiva riduzione di sensibilità con l'età e/o il numero di cicli produttivi, all'effetto indotto dagli estrogeni circolanti.

Rispetto alla suddivisione in base al WEI, le uniche differenze significative si registrano sulla media dei valori medi delle classi a +12 ore, e tra i rilievi delle 12 ore prima e delle 12 ore dopo. Tra le classi non spiccano differenze significative che possano descrivere un trend o essere discusse.

Relativamente alle classi di prolificità si registrano solamente delle differenze non significative tra le scrofe che risulteranno essere meno prolifiche (-2 e -1) e quelle che risulteranno essere più prolifiche (0 e +1), con queste ultime con valori medi di temperatura rettale più bassi per tutto il tempo di monitoraggio.

La classe -3 segue invece un pattern anomalo. La stessa situazione si ripete anche per le altre grandezze raccolte. Probabilmente questa anomalia si verifica perchè essendo un gruppo formato da due soli individui, il valore medio ottenuto ad ogni singolo rilievo potrebbe essere stato facilmente influenzato dal valore di ogni singolo individuo.

### ***5.3.2 Temperatura cutanea vulvare massima (VSTmax)***

Nel confronto tra i pattern di VSTmax tra classi di ordini di parto differenti si nota solamente una differenza statisticamente non significativa, con livelli più alti per le classi di scrofe di ordine più elevato. Una differenza significativa in termini di media dei valori medi invece sussiste tra il tempo dell'inizio dell'estro e il rilievo dopo 12 ore, in concomitanza con la prima fecondazione.

Tra le classi di WEI invece si riscontrano delle differenze significative all'interno del tempo di rilievo corrispondente alla prima risposta positiva al riflesso di immobilità. La classe più produttiva poi disegna un pattern più elevato rispetto alla media.

### ***5.3.3 Temperatura cutanea vulvare media (VSTavg)***

L'andamento dei valori delle classi che si ottengono dalle diverse suddivisioni sono molto simili a quanto accade con la temperatura massima. La classificazione in base all'ordine di parto non comporta differenze significative, si notano solamente valori più elevati per le scrofe con più parti, rispetto a quelle con meno parti. All'interno della suddivisione in base al WEI si registrano differenze significative tra le classi nell'ambito del tempo di rilevamento corrispondente alla prima manifestazione di standing heat. La suddivisione in base alla prolificità evidenzia come la classe più produttiva mantenga per tutto il monitoraggio livelli sopra la media, e per il valore medio registri una differenza significativa con la classe -1.



### ***5.3.4 Temperatura cutanea gluteale (GST)***

Anche la temperatura cutanea gluteale risulta essere più elevata nelle scrofe con più parti pregressi, con differenze significative tra le classi all'interno dei rilievi, in corrispondenza della manifestazione dell'estro e della prima fecondazione. A +12 ore da t0 in particolare si registra una differenza di 1,72°C tra la classe di ordine uno e la classe di ordine cinque.

La suddivisione in base al WEI non fornisce informazioni discutibili né differenze significative di rilievo.

In funzione della prolificità, senza differenze significative, si registrano valori superiori per le classi più prolifiche (0 e +1) rispetto alle classi meno prolifiche (-1 e -2). Anche per GST la classe -3 si comporta in maniera anomala, segnando valori prossimi alla classe più produttiva (+1).

### ***5.3.5 Differenza di temperatura ( $\Delta T$ )***

Anche in tutte le suddivisioni in classi che sono state fatte, si registra una prima differenza significativa tra la manifestazione dell'estro con riflesso di immobilità ed il rilievo precedente, e una seconda differenza tra i rilievi a 12 e 24 ore dopo. Tali differenze significative in corrispondenza dei due intervalli critici, confermano quanto già osservato nell'analisi dell'andamento medio tra tutti gli individui.

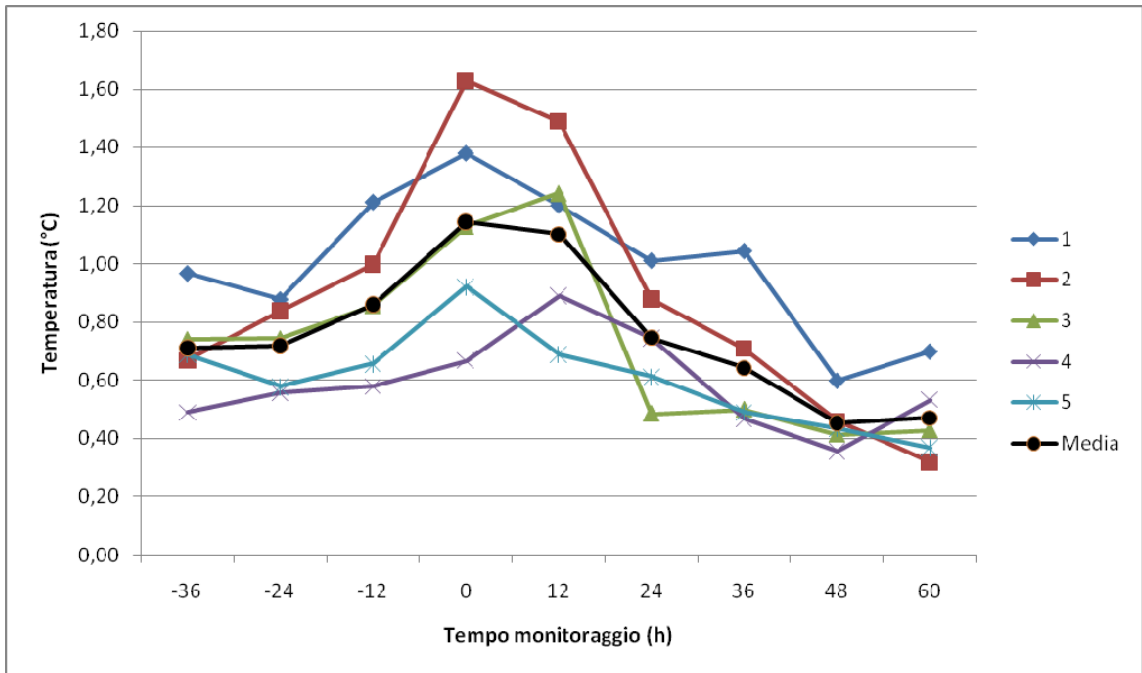
In figura 5.3.5.1 sono rappresentati graficamente gli andamenti descritti dalle diverse classi di ordine di parto e dalla media. All'interno della suddivisione in base all'ordine di parto, si registrano delle differenze significative, specialmente nei rilievi che vanno da 12 ore prima a 24 ore dopo il primo riflesso di immobilità: le scrofe con uno o due parti hanno valori di  $\Delta T$  più elevati rispetto alle classi con più parti.

Per quanto riguarda la suddivisione in classi WEI, osservando la figura 5.3.5.2 che riporta i pattern descritti dalle singole classi e la media, si nota un aumentare del  $\Delta T$  all'aumentare della classe, seppur con limitate differenze significative.

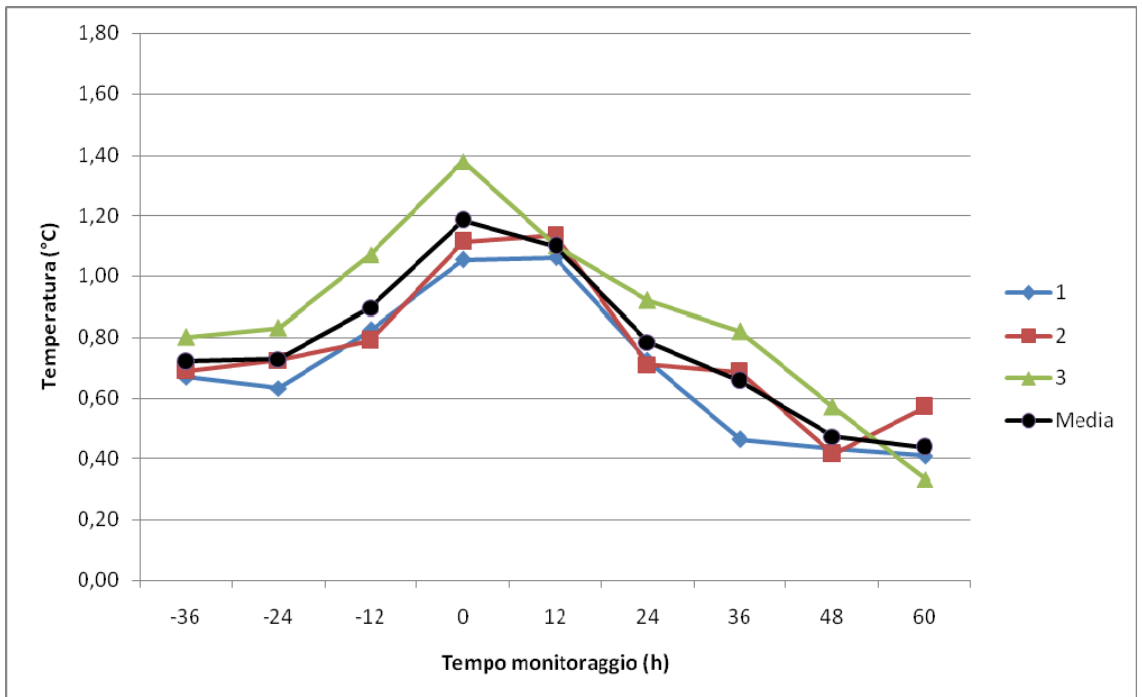
In funzione delle classi di prolificità rispetto alla deviazione standard, il valore di DT presenta, all'interno del periodo che intercorre tra il manifestarsi dello standing heat e l'ovulazione presunta, delle differenze significative tra le classi -2 e -1 e le classi 0 e +1. Le due classi meno prolifiche in particolare mostrano un incremento più marcato di  $\Delta T$  in corrispondenza del riflesso di immobilità e la totalità dei valori al di sopra della media. Le due classi più prolifiche al contrario hanno al tempo del riflesso un picco meno pronunciato e valori prossimi alla media o inferiori. La classe -3 segue anche in questo caso un pattern anomalo. La figura 5.3.5.3 rappresenta graficamente gli andamenti delle singole classi e della media.

In conclusione gli aspetti più interessanti sono stati definiti dalle differenze di valori tra le classi all'interno di  $\Delta T$ . Vengono confermate le differenze significative che il plateau in corrispondenza del riflesso di immobilità registra con i valori precedenti e successivi, mentre  $\Delta T$  risulta essere meno marcato nelle scrofe di ordine di parto più elevato. Questa differenza può essere spiegata con una diminuzione della sensibilità agli effetti degli estrogeni con l'aumentare dell'età o del numero di cicli produttivi. L'altra importante differenza è tra le classi di prolificità, in cui il  $\Delta T$  ha un picco più pronunciato in quelle con risultati minori.

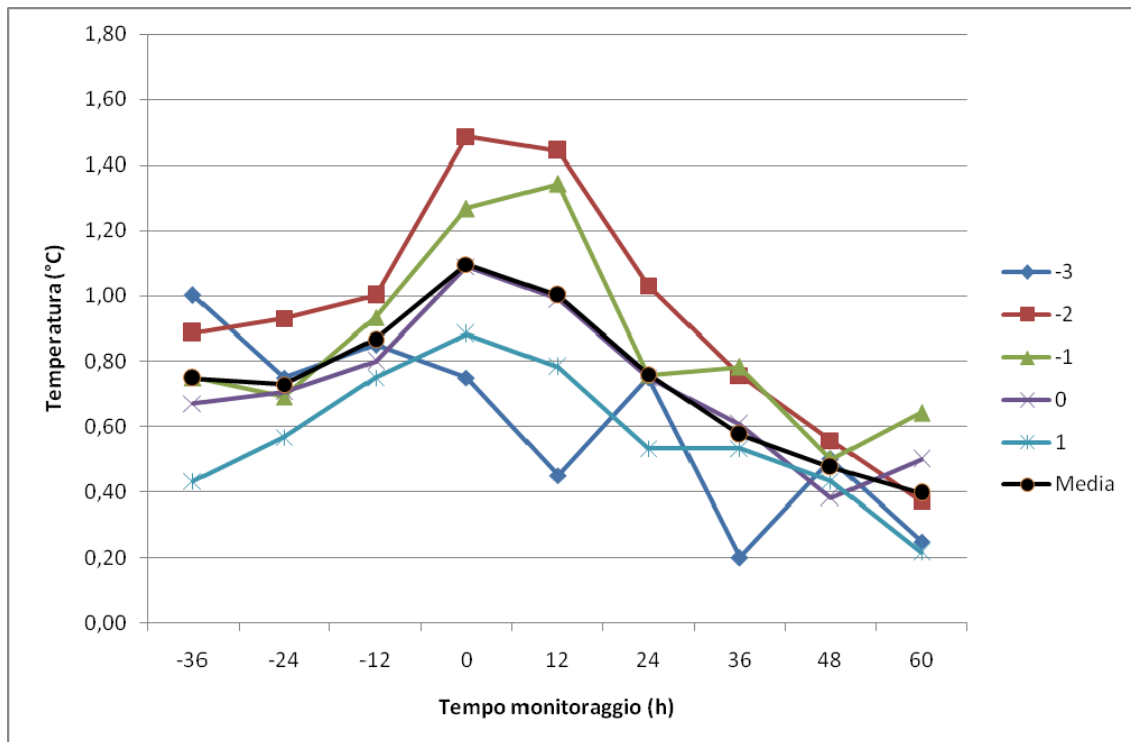
**Figura 5.3.5.1:** Andamento della differenza di temperatura DT in funzione del tempo di monitoraggio (con 0 corrispondente al primo riflesso di immobilità) nelle diverse classi di ordine di parto



**Figura 5.3.5.2:** Andamento della differenza di temperatura DT in funzione del tempo di monitoraggio (con 0 corrispondente al primo riflesso di immobilità) nelle diverse classi di intervallo svezzamento-estro (Class WEI)



**Figura 5.3.5.3:** Andamento della differenza di temperatura (DT) in funzione del tempo di monitoraggio (con 0 corrispondente al primo riflesso di immobilità) nelle diverse classi di prolificità.



## **5.4 Prolificità**

Il valore medio ottenuto sul gruppo complessivo di 56 scrofe che hanno partorito, in termini di suinetti nati totali, pari a 11,43, può essere considerato coerente seppur inferiore rispetto al valore medio di 11,88 ottenuto nel 2013 dall'allevamento. Inoltre, il valore ottenuto limitatamente al gruppo di scrofe in seguito selezionate per l'analisi statistica (12,18 nati totali), è maggiore del valore medio del 2013.

Volendo eseguire un paragone in termini assoluti con quanto riportato in letteratura, il valore di suinetti nati totali ottenuto (11,43) risulta essere lievemente inferiore anche del dato medio di 11,44 ottenuto da Rodriguez-Zas et al. (2003). Tuttavia i valori di FR (95%) e RER (5%) sono in linea con lo standard dell'azienda e migliori del valore riportato da Soede et al. (2006) (FR=93,2% e RER=4,6%). Inoltre bisogna considerare che il numero di suinetti nati totali è un valore che manifesta grande variabilità all'interno delle linee genetiche. In definitiva si può affermare che il gruppo di scrofe oggetto del monitoraggio si inserisce nella media produttiva dell'allevamento.

Valutando i risultati ottenuti dai singoli gruppi di scrofe suddivise in classe di WEI, si nota un calo nel gruppo di scrofe che manifestano il calore più tardivamente, ricalcando quanto pubblicato da Wilson et al. (1993), in cui riportano come i massimi valori in termini di prolificità si ottengano da scrofe che manifestano il calore tra 2 e 4 giorni, mentre dal quinto essa cala progressivamente. Tali risultati e quelli ottenuti in questo lavoro tuttavia si discostano da quanto in pubblicato da Kemp et al. (1996) che ottiene il valore più alto (100%) di embrioni normali nelle scrofe che rientrano in estro al 6° giorno. Sia la differenza con la ricerca più recente che la coerenza con quella del '93 sono però da considerarsi poco indicative in quanto vi sono molteplici fattori che possono influenzare il valore espresso dell'intervallo. Da un lato fattori tecnici: non tutti gli autori sono concordi sulla misurazione del WEI, essa potrebbe considerare il giorno dello svezzamento come giorno zero oppure come giorno uno, a seconda dei

casi. Inoltre se gli animali vengono svezzati la sera piuttosto che alla mattina si crea un'ulteriore differenza di mezza giornata. Sono da considerarsi poi fattori intrinseci agli animali, in primis linee genetiche ormai molto differenti e di conseguenza poco confrontabili, ma anche ad esempio condizione corporea e alimentazione nel post-svezzamento.

## ***5.5 Correlazioni***

Indici di correlazione elevati, positivi, si riscontrano tra le temperature gluteale, vulvare massima e media e  $\Delta T$  con il rilievo e il tempo. VSTavg e GST hanno anche una correlazione positiva con Trett (0,314 e 0,255). Gli indici di correlazione importanti che sussistono tra i vari parametri di temperatura dell'animale, indicano che i mutamenti fisiologici cui la scrofa è sottoposta in questa fase coinvolgono tutto l'organismo animale.

Una correlazione interessante da sottolineare, positiva, riguarda il GST con il lardo (0,103). Il WEI ha correlazione negativa sia con l'ordine di parto che con il lardo. Ciò significa che le scrofe più 'anziane' e quelle con la miglior condizione corporea hanno avuto valori di temperatura cutanea più elevata e manifestato l'estro a seguito di un intervallo più breve. Questi individui infatti hanno ottenuto valori di  $\Delta T$  più bassi, essendo negativamente correlato con il lardo (-0,122) e con l'ordine di parto (-0,302). Inoltre tra  $\Delta T$  e numero di suinetti nati totali sussiste una correlazione di -0,147, ad indicare che le scrofe più prolifiche hanno avuto valori di  $\Delta T$  più contenuti.

## 6. CONCLUSIONI

I risultati ottenuti da questo studio confermano le potenzialità già dimostrate dalla termocamera digitale all'infrarosso nel settore della zootecnia. In particolare viene dimostrata la possibilità di monitorare l'andamento delle temperature cutanee vulvari e gluteali nella scrofa post-svezzamento ed associarle ai momenti critici del ciclo, ossia inizio del calore e successiva ovulazione.

L'aspetto più interessante è senz'altro il pattern termico che descrive la differenza di temperatura ( $\Delta T$ ) che si registra tra la temperatura cutanea dell'area vulvare e delle aree gluteali laterali e la concreta possibilità dimostrata di monitorarlo mediante l'impiego di una termocamera. In particolare è stato associato un incremento significativo al momento della comparsa del riflesso di immobilità e un successivo decremento all'avvicinarsi dell'ovulazione. Tali importanti variazioni forniscono quindi indicazioni importanti circa la progressione dell'individuo nel ciclo riproduttivo nel post-svezzamento, e potrebbero venire impiegati, in sostituzione del rilievo manuale del riflesso di immobilità, per indicare all'operatore il momento migliore in cui effettuare gli interventi di fecondazione artificiale. Inoltre, a seguito dell'analisi dei pattern di  $\Delta T$ , sono stati riscontrati valori più bassi in scrofe con più ordini di parto e nelle scrofe che al termine della gestazione hanno avuto più elevati livelli di prolificità.

A completamento del lavoro svolto, verrà effettuata l'analisi della distribuzione di frequenza delle temperature nelle termografie effettuate, anche in funzione dell'ordine di parto, dell'intervallo svezzamento-estro e della prolificità. A titolo di esempio per il momento in appendice I vengono riportati dei grafici che descrivono la variazione nel tempo della distribuzione delle temperature in alcune scrofe.

Indagini future potranno includere la sperimentazione di una metodica di rilievo dell'estro in un gruppo di scrofe unicamente mediante le informazioni raccolte da un monitoraggio termografico ed il confronto, in termini di efficacia, con le metodiche classiche. Inoltre sarà possibile verificare la possibilità di impiegare questa innovazione anche per ottimizzare il tempo di inseminazione, nell'ottica di ottenere i migliori risultati di prolificità. Il passo successivo diverrebbe poi la realizzazione e sperimentazione di un sistema integrato totalmente automatizzato per il rilievo dell'estro basato sull'imaging termografico digitale, nell'ottica di sostituire l'attuale ricerca dei calori mediante l'impiego del verro. In appendice II ne viene proposto uno schema a blocchi e la descrizione delle varie componenti. Si introdurrebbe così uno strumento utile sia alle aziende in cui il rilievo del calore rappresenta un problema, sia alle aziende che vogliono ridurre i costi di manodopera e incrementare ulteriormente i risultati produttivi.



## 7. BIBLIOGRAFIA

Abrams, R. M., Caton, D., Bazer, F. W., 1972. Effect of estrogen on vaginal blood flow in ewes. *Amer J Obstet Gynecol* 113, 681-685.

Behan, J. R., Watson, P. F., 2005. The effect of managed boar contact in the post-weaning period on the subsequent fertility and fecundity of sows. *Animal reproduction science* 88, 319-324.

Bell, D. R., Rensberger, H. J., Koritnik, D. R., Koshy, A., 1995. Oestrogen pretreatment directly potentiates endothelium-dependent vasorelaxation of porcine coronary arteries. *Am J Physiol* 268, 377-383.

Belstra B., Flowers B., See M. T., Singleton W., 2001. Estrus or heat detection. Fact sheet PIG 08-01-01, 1-6.

Belstra, B. A., Flowers, W. L., See, M. T., 2004. Factors affecting temporal relationships between estrus and ovulation in commercial sow farms. *Animal reproduction science* 84, 377-394.

Berry, R. J., Kennedy, A. D., Scott, S. L., Kyle, B. L., Schaefer, A. L., 2003. Daily variation in the udder surface temperature of dairy cows measured by infrared thermography: Potential for mastitis detection. *Canadian journal of animal science* 83, 687-693.

Cetinkaya, M. A., Demirutku, A., 2012. Thermography in the assessment of equine lameness. *Turk. J. Vet. Anim. Sci.* 36, 43-48.

Colak, A., Polat, B., Okumus, Z., Kaya, M., Yanmaz, L. E., Hayirli, A., 2008. Early Detection of Mastitis Using Infrared Thermography in Dairy Cows. *Journal of dairy science* 91, 4244-4248.

Dalin, A. M., Nanda, T., Hultén, F., Einarsson, S., 1994. Ovarian activity at naturally attained oestrus in the sow. An ultrasonographic and LH study. *Acta Veterinaria Scandinavica* 36, 377-382.

Furniss, S. J., 1987. Measurement of rectal temperature to predict 'mastitis, metritis and alagactia'(MMA) in Sows after farrowing. *Preventive Veterinary Medicine* 5, 133-139.

Gariepy, C., Amiot, J., Nadai, S., 1989. Ante-mortem detection of PSE and DFD by infrared thermography of pigs before stunning. *Meat Science* 25, 37-41.

Graf, V. S. D., 1999. Thermographic diagnostics in equine back pain. *The Veterinary clinics of North America. Equine practice* 15, 161.

Johnson, C., 2007. Heat Detection Critical to Success. From: National Hog farmer.com.

Johnson, S. R., Dunbar, M. R., 2010. Infrared thermography: its use and application for detecting infectious diseases in wildlife and domestic animals. *Flir technical series* 102, 1-6.

Kammersgaard, T. S., Malmkvist, J., Pedersen, L. J., 2013. Infrared thermography - a non-invasive tool to evaluate thermal status of neonatal pigs based on surface temperature. *Animal* 7, 2026-2034.

Kemp, B., Soede, N. M., 1996. Relationship of weaning-to-estrus interval to timing of ovulation and fertilization in sows. *Journal of animal science* 74, 944-949.

Lawrence, T. E., Spire, M. F., Dikeman, M. E., Hunt, M. C., Hogge, S. B., James, B. W., 2010. Utilizing infrared thermography to predict pork quality. Report of progress. Kansas State University. Agricultural Experiment Station and Cooperative Extension Service pp 880.

Loughmiller, J.A., Spire, M.F., Fenwick, B.W., Hogge, S., Foster, J., Dritz, Steven S., 1999. Infrared thermography of swine body surface temperatures and associated rectal temperatures during an acute respiratory disease challenge. *Swine Day*, Manhattan, KS, 33-36.

Luzi, F., Mitchell, M., Nanni Costa, L., Radaelli, V., 2013. Thermography: current status and advances in livestock animals and in veterinary medicine. Brescia: Fondazione iniziative zooprofilattiche e zootecniche.

Marquer P., 2010. Pig farming in the EU, a changing sector. Eurostat. <http://epp.eurostat.ec.europa.eu>

Mburu, J. N., Einarsson, S., Dalin, A. M., Rodriguez-Martinez, H., 1995. Ovulation as determined by transrectal ultrasonography in multiparous sows: relationships with oestrous symptoms and hormonal profiles. *Journal of Veterinary Medicine Series A* 42, 285-292.

Naderali, E. K., Walker, A. B., Doyle, P., Williams, G., 1999. Comparable vasorelaxant effects of 17 $\alpha$ - and 17 $\beta$ -oestradiol on rat mesenteric resistance arteries: an action independent of the oestrous receptors. *Clin sci* 97, 649-655.

Nanni Costa, L., Stelletta, C., Cannizzo, C., Giancesella, M., Lo Fiego, D. P., Morgante, M., 2010. The use of thermography on the slaughter-line for the assessment of pork and raw ham quality. *Italian Journal of Animal Science* 6, 704-706.

Nissen, A. K., Soede, N. M., Hyttel, P., Schmidt, M., D'hoore, L., 1997. The influence of time of insemination relative to time of ovulation on farrowing frequency and litter size in sows, as investigated by ultrasonography. *Theriogenology* 47, 1571-1582.

Noakes, D. E., Parkinson, T. J., England, G. C., 2001. *Arthur's veterinary reproduction and obstetrics* 8<sup>th</sup> edition. Saunders, Philadelphia.

Persson, A., Pedersen, A. E., Göransson, L., Kuhl, W. 1988. A long term study of the health status and performance of sows on different feed allowances during late pregnancy. I. Clinical observations, with special reference to agalactia post partum. *Acta Veterinaria Scandinavica* 30, 9-17.

Poleze, E., Bernardi, M. L., Amaral Filha, W. S., Wentz, I., Bortolozzo, F. P., 2006. Consequences of variation in weaning-to-estrus interval on reproductive performance of swine females. *Livestock Science* 103, 124-130.

Purohit, R. C., McCoy, M. D., 1980. Thermography in the diagnosis of inflammatory processes in the horse. *American journal of veterinary research* 41, 1167-1174.

Quiniou, N., Noblet, J., 1999. Influence of high ambient temperatures on performance of multiparous lactating sows. *Journal of animal science* 77, 2124-2134.

Rodriguez-Zas, S. L., Southey, B. R., Knox, R. V., Connor, J. F., Lowe, J. F., Roskamp, B. J. 2003. Bioeconomic evaluation of sow longevity and profitability. *Journal of animal science* 81, 2915-2922.

Rojkittikhun, T., Einarsson, S., Edqvist, L.E., Uvnas-Moberg, K., Lundeheim, N., 1992. Relationship between lactation-associated body weight loss, levels of metabolic and reproductive hormones and weaning-to-oestrus interval in primiparous sow. *Zentralbl Veterinarmed A* 39, 426-432.

Schaefer, A. L., Cook, N., Tessaro, S. V., Deregt, D., Desroches, G., Dubeski, P. L., Godson, D. L., 2004. Early detection and prediction of infection using infrared thermography. *Canadian journal of animal science* 84, 73-80.

Schaefer, A. L., Jones, S. D. M., Murray, A. C., Sather, A. P., Tong, A. K. W., 1989. Infrared thermography of pigs with known genotypes for stress susceptibility in relation to pork quality. *Canadian Journal of Animal Science* 69, 491-495.

Schmidt, M., Lahrmann, KH., Ammon, C., Berg, W., Schon, P., Hoffmann, G., 2013. Assessment of body temperature in sows by two infrared thermography methods at various body surface locations. *J Swine Health Prod.* 21, 203–209.

Scolari, S. C., 2010. Investigation of skin temperature differentials in relation to estrus and ovulation in sows using a thermal infrared scanning. Doctoral dissertation, University of Illinois.

Scolari, S. C., Clark, S. G., Knox, R. V., Tamassia, M. A., 2011. Vulvar skin temperature changes significantly during estrus in swine as determined by digital infrared thermography. *J Swine Health Prod* 19, 151-155.

Scolari, S., Evans, R., Knox, R., Tamassia, M., Clark, S., 2009. Determination of the relationship between vulvar skin temperatures and time of ovulation in swine using digital infrared thermography. *Reproduction, Fertility and Development* 22, 178.

Simões, V. J. G., 2012. Variations in the vulvar temperature of sows as determined by infrared thermography and its relation to ovulation. *Faculdade de Medicina Veterinaria, Universidade tecnica de Lisboa*.

Soede, N. M., Wetzels, C. C. H., Zondag, W., De Koning, M. A. I., Kemp, B., 1995. Effects of time of insemination relative to ovulation, as determined by ultrasonography, on fertilization rate and accessory sperm count in sows. *Journal of Reproduction and Fertility* 104, 99-106.

Sprague, B. J., Phernetton, T. M., Magness, R. R., Chesler, N. C., 2009. The effects of the ovarian cycle and pregnancy on uterine vascular impedance and uterine artery mechanics. *Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol* 144 (S), 170-178

Stelletta, C., Giancesella, M., Vencato, J., Fiore, E., Morgante, M., 2012. Thermographic applications in veterinary medicine, in: Prakash, R.V., *Infrared Thermography*. InTech. <http://www.intechopen.com/books/infrared-thermography/thermographic-applications-in-veterinary-medicine>

Stelletta, C., Murgia, L., Caria, M., Giancesella, M., Pazzona, A. L., Morgante, M., 2007. Thermographic study of the ovine mammary gland during different working vacuum levels. *Italian Journal of Animal Science* 6, 600-600.

Stewart, M., Webster, J. R., Schaefer, A. L., Cook, N. J., Scott, S. L., 2005. Infrared thermography as a non-invasive tool to study animal welfare. *Animal Welfare* 14, 319-325.

Stewart, M., Webster, J. R., Verkerk, G. A., Schaefer, A. L., Colyn, J. J., Stafford, K. J., 2007. Non-invasive measurement of stress in dairy cows using infrared thermography. *Physiology & behavior* 92, 520-525.

Sykes, D. J., Couvillion, J. S., Cromiak, A., Bowers, S., Schenck, E., Crenshaw, M., Ryan, P. L., 2012. The use of digital infrared thermal imaging to detect estrus in gilts. *Theriogenology* 78, 147-152.

Turner, T. A., 1991. Thermography as an aid to the clinical lameness evaluation. *The Veterinary clinics of North America. Equine practice* 7, 311-338.

Vaden, M. F., Purohit, R. C., McCoy, M. D., Vaughan, J. T., 1980. Thermography: a technique for subclinical diagnosis of osteoarthritis. *American journal of veterinary research* 41, 1175-1179.

Vesseur, P. C., Kemp, B., Den Hartog, L. A., Noordhuizen, J. P. T. M., 1997. Effect of split-weaning in first and second parity sows on sow and piglet performance. *Livestock Production Science* 49, 277-285.

Weitze, K. F., Wagner-Rietschel, H., Waberski, D., Richter, L., Krieter, J., 1994. The onset of heat after weaning, heat duration, and ovulation as major factors in AI timing in sows. *Reproduction in Domestic Animals* 29, 433-443.

Wilson, M. R., Dewey, C. E., 1993. The associations between weaning-to-estrus interval and sow efficiency. *Swine Health Prod* 1, 10-15.

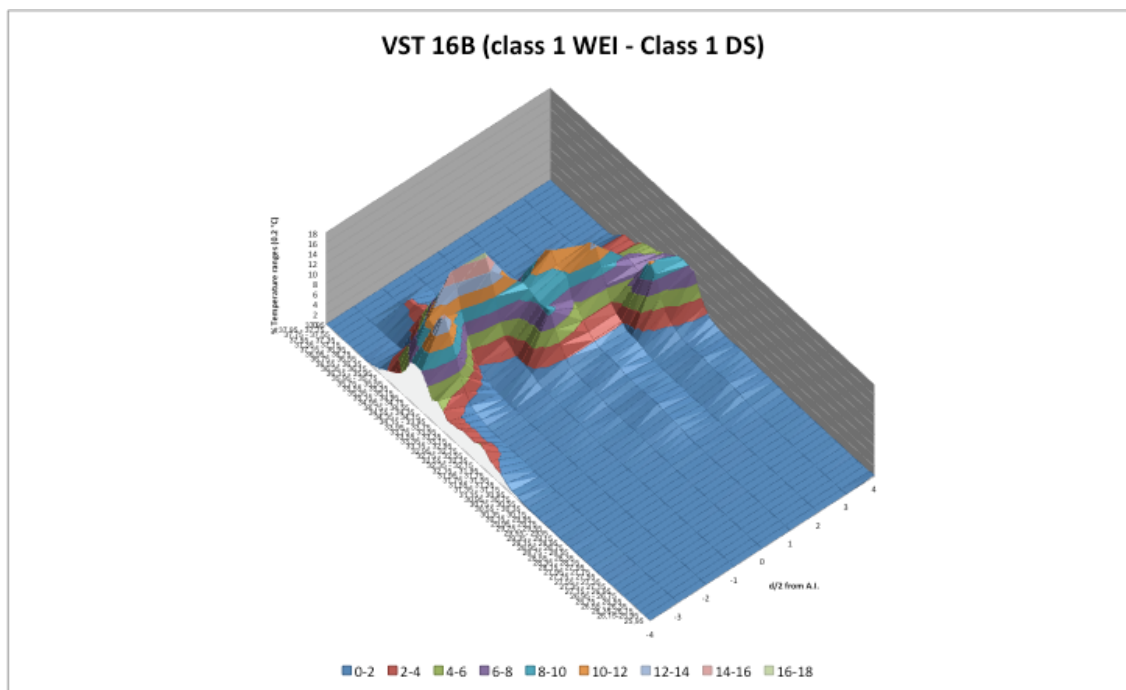
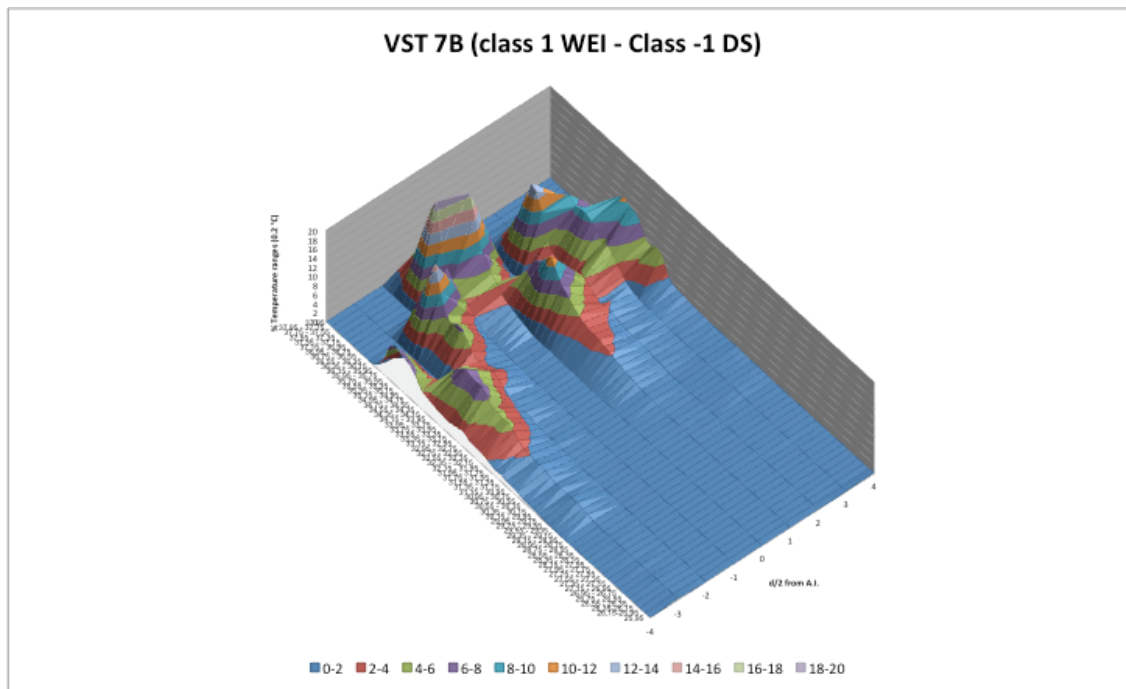
Youngquist, R. S., Threlfall, W. R., 2006. *Current therapy in large animal theriogenology*. Elsevier Health Sciences.





## APPENDICE I: esempi di distribuzione di frequenza

Esempi di rappresentazione grafica della variazione nel tempo della distribuzione di frequenza della temperatura vulvare in alcune scrofe:

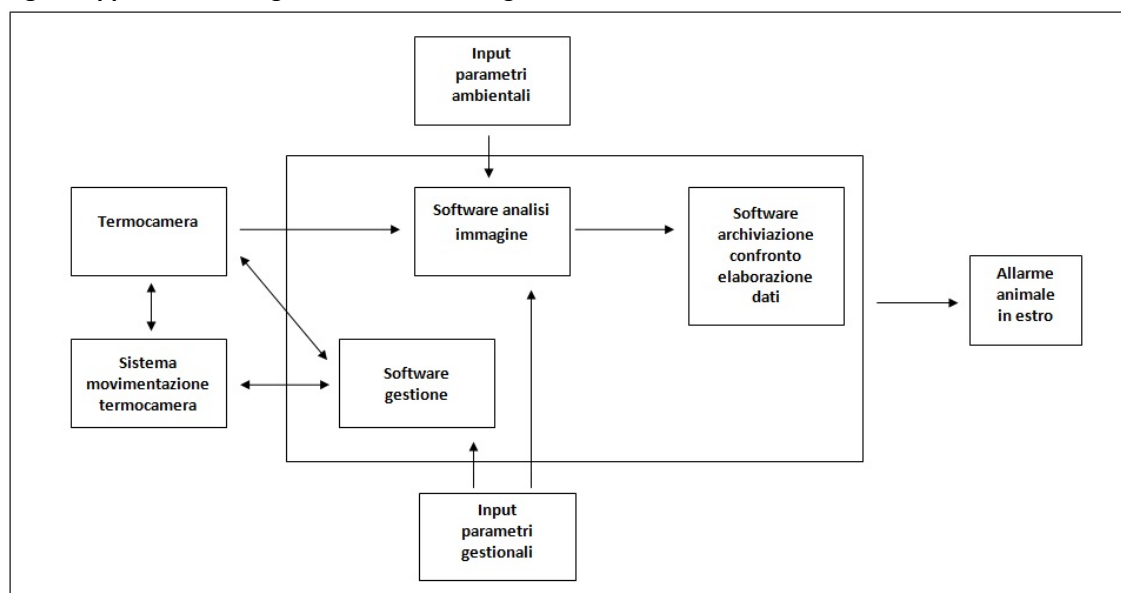




## APPENDICE II: realizzazione di un sistema integrato automatizzato

Un sistema integrato che impieghi la tecnologia dell'imaging termografico digitale per il rilievo dell'estro e la definizione dei momenti in cui effettuare gli interventi di fecondazione potrebbe essere costituito dai dispositivi illustrati nello schema in figura App II.1.

**Figura App II.1:** Schema generale sistema integrato automatizzato.



### Input parametri gestionali

L'operatore mediante un PC con tastiera fornisce i parametri per l'acquisizione delle immagini (quante volte al giorno, a che ora, quante termografie per ogni scrofa, ecc...) alla componente di controllo della movimentazione della termocamera, e imposta i parametri per l'elaborazione delle immagini stesse al software di analisi. La raccolta delle immagini potrebbe essere effettuata al momento della somministrazione del pasto, momento in cui tutti gli animali vengono a trovarsi in stazione quadrupedale e spostati verso la porzione anteriore della gabbia.

### **Software di gestione**

Programma che deve pilotare il sistema di movimentazione e comandare l'attivazione della termocamera e l'acquisizione delle immagini, secondo i parametri pre-impostati dall'operatore.

### **Sistema di movimentazione della termocamera**

Componente meccanica, elettrica ed elettronica che attua la movimentazione della termocamera; potrebbe trattarsi di una corsia sospesa posteriormente alle scrofe su cui scorrerebbe un supporto mobile con l'apparecchio per l'acquisizione dell'immagine delle aree vulvare e perivulvare/gluteale.

### **Termocamera**

Deve essere impiegata una termocamera di fascia medio-alta: risoluzione di almeno 320x240 pixel, sensibilità 0,2°C e possibilità di essere pilotata a distanza. La messa a fuoco dovrebbe essere automatica oppure preimpostata per la distanza media cui l'apparecchio si troverà rispetto alla cute dell'animale.

### **Software per analisi dell'immagine**

Il software deve essere in grado di individuare automaticamente l'area corrispondente alla vulva e le due aree corrispondenti alla cute dei glutei, e calcolarne la media e la deviazione standard. Dovrebbe essere in grado di individuare ed eliminare dal calcolo i pixel corrispondenti ad artefatti, quali ad esempio l'imbrattamento fecale o la presenza di acqua sulla cute.

### **Input parametri ambientali**

Sistema di sensori ambientali in grado di fornire alcune principali variabili ambientali (temperatura, umidità, flusso dell'aria...) che il software di analisi dell'immagini prende in considerazione nel calcolo della temperatura.

### **Software per l'archiviazione, confronto ed elaborazione dei dati**

Componente che trasferisce in memoria i valori forniti dall'analisi della termografia, li confronta con i precedenti e con i valori assoluti pre-impostati ed eventualmente attiva l'allarme.

### **Allarme animale in estro**

Sistema di segnalazione animali in estro rappresentato da un avviso sullo schermo del pc dell'operatore, cui eventualmente abbinare un ulteriore avviso visivo o acustico esterno. Il software potrebbe essere integrato con i promemoria per la prima ed eventuale seconda fecondazione dell'animale (a seguito anche di una verifica dell'andamento decrescente della temperatura).

## **APPENDICE III: Acronimi ed abbreviazioni utilizzati**

**$\Delta T$** : Differenza di temperatura (VST-GST)

**DS**: deviazione standard

**ESM**: errore statistico medio

**FR**: farrowing rate (portata al parto)

**IRT**: infrared thermography (termografia all'infrarosso)

**GST**: gluteal skin temperature (temperatura cutanea glutale)

**RER**: Return to estrus rate (tasso di ritorno in estro)

**PO**: parity order (ordine di parto)

**SD**: standard deviation (deviazione standard)

**Tpad**: temperatura base padiglione auricolare

**Trett**: temperatura rettale

**Tvul**: temperatura vulvare

**VST**: vulvar skin temperature (temperatura cutanea vulvare)

**VSTavg**: average vulvar skin temperature (temperatura cutanea vulvare media)

**VSTmax**: maximum vulvar skin temperature (temperatura cutanea vulvare massima)

**WEI**: weaning-to-estrus interval (intervallo svezzamento-estro)





*Grazie a Maurizio per la disponibilità.*

*Grazie al dottor Francesco Tonon per il supporto tecnico, la passione e l'entusiasmo.*