

POLITECNICO DI TORINO

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Gestionale



**Politecnico
di Torino**

Tesi di Laurea Magistrale

Controllo statistico di processo nell'ambito della zootecnia

Relatore:

Prof. Fiorenzo Franceschini

Dott.sa Annalisa Scollo (Università di Torino)

Candidato:

Filippo Arduino

Anno Accademico 2023 – 2024

*“A Franco, Aurelia e Maria, so quanto sareste
stati orgogliosi di me”*

INDICE DELLE FIGURE

<i>Figura 1: Rappresentazione grafica della conduzione a bande nella scrofaia di Villa Rosa</i>	13
<i>Figura 2: Sala gestazione comune dell'allevamento di Villa Alba</i>	17
<i>Figura 3: Gabbia parto nell'allevamento di Villa Alba</i>	18
<i>Figura 4: Box all'interno di un allevamento di svezzamento dell'Azienda Cavagnini che ospita suinetti nella prima metà del ciclo di svezzamento (0-37gg)</i>	19
<i>Figura 5: Box all'interno di un allevamento di svezzamento dell'Azienda Cavagnini che ospita suinetti nella seconda metà del ciclo di svezzamento (38-74 gg)</i>	20
<i>Figura 6: Box all'interno di un allevamento di ingrasso dell'Azienda Cavagnini</i>	21
<i>Figura 7: Andamento del tasso di mortalità dal 2018 dei lotti provenienti da Villa Rosa</i>	34
<i>Figura 8: Distribuzioni cumulate normali per il ciclo di svezzamento relative al tasso di mortalità</i>	51
<i>Figura 9: Rappresentazione grafica degli intervalli di probabilità relativi al ciclo di svezzamento</i>	51
<i>Figura 10: Distribuzioni cumulate normali per il ciclo di ingrasso relative al tasso di mortalità</i>	52
<i>Figura 11: Rappresentazione grafica degli intervalli di probabilità relativi al ciclo di ingrasso</i>	53
<i>Figura 12: Distribuzioni cumulate normali per il ciclo totale relativo al tasso di mortalità</i>	54
<i>Figura 13: Rappresentazione grafica degli intervalli di probabilità relativi al ciclo totale</i>	54
<i>Figura 14: Andamento della Media della variabile X_t lungo le 46 settimane del ciclo di vita dei suini negli anni 2018, 2019, 2020, 2021, 2022</i>	58
<i>Figura 15: Andamento della deviazione standard campionaria relativa alla media della variabile X_t calcolata sul campione</i>	59
<i>Figura 16: Andamento nelle 46 settimane del coefficiente di variazione</i>	60
<i>Figura 17: Rappresentazione grafica della media relativa al campione della variabile X_t e curva logaritmica interpolante</i>	61
<i>Figura 18: Confronto del tasso di mortalità tra l'allevamento 13 e gli allevamenti 14-16-22</i>	64
<i>Figura 19: Rappresentazione grafica dei consumi per suino di alimentazione umida durante la seconda metà del ciclo di svezzamento</i>	68
<i>Figura 20: Andamento del consumo medio giornaliero di alimentazione umida calcolato sul campione definito nel paragrafo 2.3 e retta interpolante la media</i>	69
<i>Figura 21: Andamento dell'incremento percentuale dei consumi di alimentazione umida</i>	70
<i>Figura 22: Rappresentazione grafica dei consumi per suino di acqua durante la prima metà del ciclo di svezzamento</i>	72

<i>Figura 23: Andamento del consumo medio giornaliero di acqua nella prima metà del ciclo di svezzamento calcolato sul campione e retta interpolante la media</i>	73
<i>Figura 24: Andamento dell'incremento percentuale dei consumi di acqua nella prima metà del ciclo di svezzamento</i>	73
<i>Figura 25: : Rappresentazione grafica dei consumi per suino di acqua durante la seconda metà del ciclo di svezzamento</i>	75
<i>Figura 26: Andamento del consumo medio giornaliero di acqua nella seconda metà del ciclo di svezzamento calcolato sul campione e retta interpolante la media</i>	76
<i>Figura 27: Andamento dell'incremento percentuale dei consumi di acqua nella seconda metà del ciclo di svezzamento</i>	77
<i>Figura 28: Rappresentazione grafica della distribuzione del peso dei suini all'ingresso dell'allevamento di svezzamento</i>	84
<i>Figura 29: Prima costruzione della carta di controllo X relativa al peso dei suini in ingresso nell'allevamento di svezzamento</i>	85
<i>Figura 30: Prima costruzione della carta di controllo R relativa al peso dei suini in ingresso nell'allevamento di svezzamento</i>	85
<i>Figura 31: Costruzione finale della carta di controllo X relativa al peso dei suini in ingresso nell'allevamento di svezzamento</i>	86
<i>Figura 32: Costruzione finale della carta di controllo R relativa al peso dei suini in ingresso nell'allevamento di svezzamento</i>	87
<i>Figura 33: Rappresentazione grafica della distribuzione del peso dei suini all'ingresso dell'allevamento di svezzamento</i>	88
<i>Figura 34: Prima costruzione della carta di controllo X relativa al peso dei suini in uscita dall'allevamento di svezzamento</i>	89
<i>Figura 35: Prima costruzione della carta di controllo R relativa al peso dei suini in uscita dall'allevamento di svezzamento</i>	89
<i>Figura 36: Costruzione finale della carta di controllo X relativa al peso dei suini in uscita dall'allevamento di svezzamento</i>	90
<i>Figura 37: Costruzione finale della carta di controllo R relativa al peso dei suini in uscita dall'allevamento di svezzamento</i>	90
<i>Figura 38: rappresentazione grafica del tasso di mortalità cumulato medio</i>	91
<i>Figura 39: Tasso di mortalità medio giornaliero per ogni settimana del lotto 0221T, visualizzato attraverso una carta di controllo X</i>	93
<i>Figura 40: Range settimanale del lotto 0221T, visualizzato attraverso una carta di controllo R</i>	93
<i>Figura 41: rappresentazione grafica dell'andamento della mortalità cumulata del lotto 0221T attraverso modello</i>	96

INDICE DELLE TABELLE

<i>Tabella 1: scheda di processo legata all'inter-parto</i>	14
<i>Tabella 2: scheda di processo del ciclo di vita del suino</i>	15
<i>Tabella 3 : Attributi del dataset Cicli-Lotti</i>	22
<i>Tabella 4 : Esempio prelevato dal dataset Cicli-Lotti</i>	23
<i>Tabella 5 : Esempio completo prelevato dal dataset Cicli-Lotti</i>	24
<i>Tabella 6 : Attributi del dataset Cicli-Lotti</i>	24
<i>Tabella 7: Esempio prelevato dal dataset Consumi</i>	25
<i>Tabella 8 : Attributi del dataset Morti</i>	25
<i>Tabella 9 : Attributi del dataset Allevamenti</i>	26
<i>Tabella 10 : Attributi del dataset Ingressi</i>	27
<i>Tabella 11 : Esempio prelevato dal dataset "Ingressi"</i>	27
<i>Tabella 12: Scheda di processo dei flussi informativi</i>	29
<i>Tabella 13: Lotti provenienti da Villa Rosa dal 2018</i>	31
<i>Tabella 14: 91 lotti provenienti da Villa Rosa dal 2018 con associato relativo tasso di mortalità</i>	33
<i>Tabella 15: Tasso di mortalità nel ciclo di svezzamento dei lotti provenienti da Villa rosa dal 2018 al 2023</i>	36
<i>Tabella 16: Tasso di mortalità nel ciclo di ingrasso dei lotti provenienti da Villa rosa dal 2018 al 2023</i>	37
<i>Tabella 17: Media e deviazione standard annuale del tasso di mortalità</i>	38
<i>Tabella 18: Media e deviazione standard annuale del tasso di mortalità nel ciclo di svezzamento</i>	38
<i>Tabella 19: Media e deviazione standard annuale del tasso di mortalità nel ciclo di ingrasso</i>	39
<i>Tabella 20: Tasso di mortalità dei lotti appartenenti al campione ridotto</i>	40
<i>Tabella 21: Tasso di mortalità nei cicli di svezzamento ed ingrasso dei lotti appartenenti al campione ridotto</i>	41
<i>Tabella 22: limiti di fiducia per la media e deviazione standard dei cicli di svezzamento ed ingrasso e del ciclo di vita totale</i>	49
<i>Tabella 23: Media della variabile X_i, t lungo le 46 settimane del ciclo di vita dei suini negli anni 2018, 2019, 2020, 2021, 2022 e definizione della media e deviazione standard della variabile X_i, t sul campione selezionato.</i>	58
<i>Tabella 24: Andamento del tasso di mortalità nei differenti allevamenti di svezzamento</i>	63
<i>Tabella 25: confronto delle medie e deviazioni standard campionarie annuali del tasso di mortalità nei diversi allevamenti di svezzamento dal 2018</i>	65

<i>Tabella 26: Tassi di mortalità relativi ad ogni causa di decesso individuata dall'azienda.....</i>	<i>66</i>
<i>Tabella 27: Incrementi percentuali relativi ai giorni 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 37</i>	<i>70</i>
<i>Tabella 28: Intervalli di fiducia della media relativa ai consumi di alimentazione umida per suino.....</i>	<i>71</i>
<i>Tabella 29: Incrementi percentuali relativi ai giorni 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35</i>	<i>74</i>
<i>Tabella 30; Intervalli di fiducia della media relativa ai consumi di acqua per suino nella prima metà del ciclo di svezzamento.....</i>	<i>74</i>
<i>Tabella 31: Incrementi percentuali relativi ai giorni 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 37</i>	<i>77</i>
<i>Tabella 32: Intervalli di fiducia della media relativa ai consumi di consumi per suino nella seconda metà del ciclo di svezzamento</i>	<i>78</i>
<i>Tabella 33: Valore delle statistiche W e p-value per ogni settimana</i>	<i>94</i>
<i>Tabella 34: Media del tasso di mortalità cumulato e range medio calcolati per ogni settimana.....</i>	<i>95</i>
<i>Tabella 35: Limiti inferiori, centrali e superiori per settimana del modello</i>	<i>95</i>

SOMMARIO

INDICE DELLE FIGURE	4
INDICE DELLE TABELLE	6
INTRODUZIONE.....	11
Capitolo 1 – INTRODUZIONE AL DATASET.....	12
1.1. Processo produttivo.....	12
1.2 Scrofaia	16
1.3 Allevamento di svezzamento.....	18
1.4 Allevamento di ingrasso.....	20
1.5. Dataset.....	21
1.5.1. Cicli-Lotti.....	22
1.5.2. Consumi	24
1.5.3. Morti.....	25
1.5.4. Allevamenti	26
1.5.5. Ingressi	27
Capitolo 2 - ANALISI DESCRITTIVA	30
2.1 Scelta del campione iniziale.....	30
2.2 Tasso di Mortalità.....	32
2.2.1 Tasso di mortalità dei suini nei lotti	32
2.2.2 Tasso di mortalità nei cicli di svezzamento e di ingrasso.....	35
2.2.3 Analisi tasso di mortalità con campione ridotto	38
2.2.3.1 Test di ipotesi sulle varianze.....	42
2.2.3.2 Test di ipotesi sulle medie	44
2.2.3.3 Intervalli di fiducia per media	46
2.2.3.3 Intervalli di fiducia per varianza	48
2.2.4 Stima delle distribuzioni cumulate.....	49
2.2.4.1 Ciclo di svezzamento	50
2.2.4.2 Ciclo di ingrasso.....	52
2.2.4.3 Ciclo totale	53
2.2.5 Distribuzione settimanale delle morti dei suini.....	55
2.2.6 Mortalità negli allevamenti di svezzamento.....	61
2.2.7 Analisi sulle cause di decesso.....	65
2.3 Analisi sui consumi di acqua e cibo	66
2.3.1 Analisi sull'alimentazione umida	67
2.3.1.1 Intervalli di fiducia.....	71
2.3.2 Analisi sui consumi di acqua nel primo periodo di svezzamento.....	71

2.3.2.1 Intervalli di fiducia	74
2.3.3 Analisi sui consumi di acqua nel secondo periodo di svezzamento	75
2.3.3.1 Intervalli di fiducia	77
Capitolo 3 - STRUMENTI DI CONTROLLO.....	79
3.1 Accenni sulle carte di controllo	79
3.1.2 Carta X-R con numerosità campionaria costante	80
3.1.3 Carta X con range mobile.....	82
3.2 Carta di controllo per il peso dei suini	82
3.2.1 Carta di controllo per il peso dei suini all'inizio del ciclo di svezzamento.....	83
3.2.2 Carta di controllo per il peso dei suini alla fine del ciclo di svezzamento	87
3.3 Carta di controllo per la mortalità giornaliera nello svezzamento	90
3.4 Modello di visualizzazione del tasso di mortalità cumulato nello svezzamento	94
CONCLUSIONI.....	97
SITOGRAFIA	100
BIBLIOGRAFIA.....	101
RINGRAZIAMENTI	102

INTRODUZIONE

L'azienda a cui fa capo il progetto è l'Azienda Agricola Cavagnini con sede presso Milzano, in provincia di Brescia. La società ha per oggetto sociale esclusivo l'attività agricola, in particolare è registrata nel registro delle imprese con codice ATECO 01.46 che corrisponde all'attività dell'allevamento di suini.

La tipologia di allevamento è intensiva-commerciale e i volumi gestiti dall'azienda giornalmente sono molto elevati.

La società ha scelto di specializzarsi e gestire solo la parte iniziale della filiera in cui i suini nascono e crescono. Al termine del ciclo di vita dei suini, questi sono venduti ad aziende che si occuperanno della macellazione e della commercializzazione dei prodotti.

Da alcuni anni l'azienda ha intrapreso un percorso di maggior digitalizzazione all'interno dei singoli allevamenti. Attraverso uno specifico software, dal 2010, sono memorizzati dati di varia natura (provenienti anche da sensori) che consentono di valutare l'andamento delle attività e di tenere sotto controllo variabili legate allo stato di benessere del suino.

Le modalità di raccolta e di visualizzazione dei dati sono cambiate nel tempo e si sta cercando tuttora una soluzione che possa generare dati più complessi e precisi. Ad oggi, l'azienda sta continuando il suo percorso di digitalizzazione e, attraverso collaborazioni con università e centri di ricerca, sta sviluppando modelli predittivi e modelli di gestione dei processi che riescano a supportare il personale nella gestione delle attività quotidiane.

Il presente lavoro è svolto a partire da una base dati messa a disposizione dall'azienda.

Nel capitolo uno è spiegato il processo produttivo dell'azienda, in particolare è raccontato il ciclo di vita dei suini e le fasi che lo compongono. Il lavoro si sofferma anche nel descrivere i tipi di allevamenti che l'azienda gestisce. Infine, per contestualizzare meglio il lavoro, sono spiegati in dettaglio i diversi dataset su cui è costruito tutto lo studio.

All'interno del secondo capitolo è presentata l'analisi descrittiva. A partire dalla base dati e dopo una rielaborazione degli stessi, sono costruite statistiche riguardanti i tassi di mortalità, analizzati sotto diverse prospettive, e i consumi di acqua e di cibo durante il periodo di svezzamento.

Nel terzo e ultimo capitolo sono, invece, spiegati e costruiti strumenti statistici, quali carte di controllo, atti a monitorare particolari variabili relative allo stato di benessere del suino.

Capitolo 1 – INTRODUZIONE AL DATASET

1.1. Processo produttivo

Come sopra indicato, l'Azienda Agricola Cavagnini si occupa della prima parte della catena del valore della filiera. L'azienda si focalizza sulla gestione degli allevamenti e sul mantenere alta la produttività e lo stato di benessere dei suini.

Per comprendere meglio come si sviluppa il processo di gestione del ciclo di vita dei suini è necessario partire dalla nascita.

La nascita avviene all'interno di un ambiente protetto chiamato scrofaia, in cui i suinetti passano quattro settimane dal momento della nascita prima di passare alla fase successiva.

Le prime quattro settimane sono le più critiche per la vita del suino; infatti, le morti in questo periodo sono le più alte di tutto il ciclo di vita.

Nelle scrofaie risulta molto importante ridurre il più possibile contatti con l'esterno, per evitare possibili infezioni da batteri che potrebbero provocare un incremento del tasso di mortalità.

Per gestire in maniera organizzata le nascite, la società ha deciso di utilizzare il sistema a bande.

Il sistema a bande è stato ideato ed applicato in Francia negli anni Settanta, tant'è che la terminologia deriva dal francese "conduite en bande" o "conduzione a gruppi" [1]. Il sistema a bande permette di sincronizzare l'entrata in calore di un gruppo di suini detto banda.

Il ciclo produttivo della scrofa si suddivide in tre fasi:

- 1) la gravidanza, con una durata indicativa che va dai 114 ai 116 giorni;
- 2) l'allattamento, normalmente di 3 o 4 settimane;
- 3) l'intervallo svezzamento-copertura, che varia dai 4 ai 7 giorni.

Le tre fasi sommate danno il cosiddetto "inter-parto teorico", che rappresenta il tempo che deve trascorrere tra un parto e il successivo.

La scrofaia di Villa Rosa, su cui si baseranno le successive analisi, si organizza su sette bande ed ha un intervallo tra bande di tre settimane. Sostanzialmente, quindi, ogni tre settimane una banda partorisce.

Nella *Figura 1* è sinteticamente descritto il funzionamento della scrofaia di Villa Rosa.

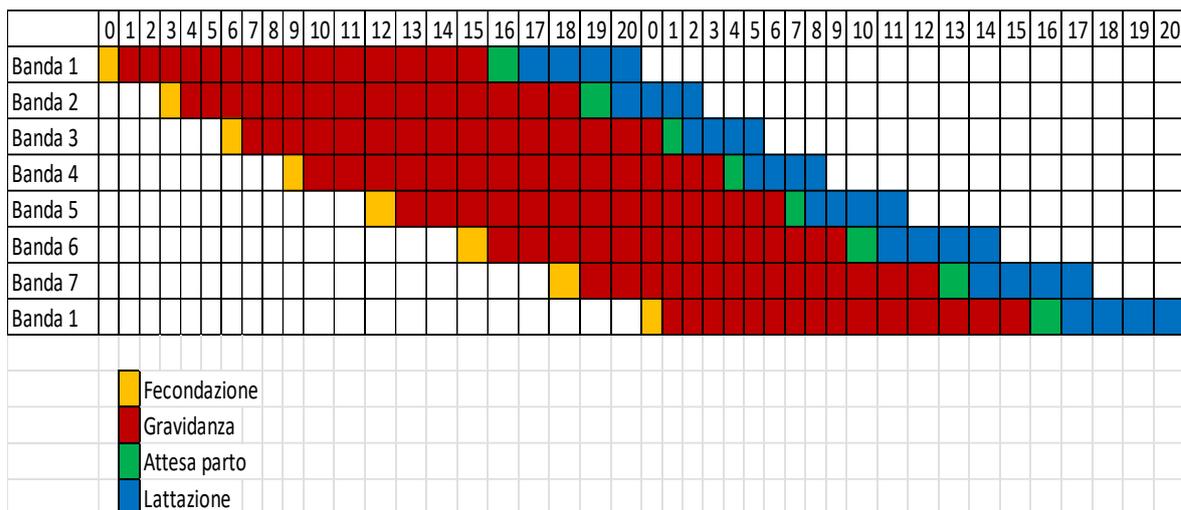


Figura 1: Rappresentazione grafica della conduzione a bande nella scrofaia di Villa Rosa

Come si nota dalla *Figura 1*, l'inter-parto teorico di ogni banda dura all'incirca venti settimane. Per mantenere alta la fertilità, dopo circa tre gestazioni, gli esemplari sono sostituiti con altri suini "primipari" (sono così definiti tutti i suini che non hanno mai attraversato una gravidanza).

Concluse le quattro settimane di allattamento, il lotto di suini proveniente dalla stessa banda viene trasportato, generalmente per intero, verso l'allevamento di svezzamento in cui trascorre in media un periodo di undici settimane. Nello specifico, dall'entrata al sito di svezzamento passano in media 74 giorni, in cui nei primi 37 giorni, è somministrata ai suini un'alimentazione a secco, mentre nella seconda metà si passa a un'alimentazione umida detta "broda". Anche nel ciclo di svezzamento è importante tenere costantemente sotto attenta osservazione il tasso di mortalità, in quanto i suini sono ancora deboli e la diffusione di un batterio o di un virus potrebbe tradursi in un elevato numero di decessi.

Infine, terminato il periodo di svezzamento, il lotto di suini è spostato in un allevamento di ingrasso, in cui, a differenza di quanto avviene per il ciclo di svezzamento, il lotto non viene trasportato per intero nello stesso allevamento, ma viene diviso in più allevamenti. Nel ciclo di ingrasso i suini trascorrono un tempo tale per cui, dal momento dell'arrivo nell'allevamento di svezzamento passino nove mesi.

Al termine di tale periodo, i suini sono trasportati verso i centri di macellazione.

Per chiarire e rendere migliore la comprensione dei processi produttivi sono presentate due schede di processo in cui sono indicate e descritte, in successione cronologica, le fasi. Per ogni fase del processo sono collegate le tempistiche e il numero di suini coinvolti. In *Tabella 1* è indicato il processo legato all'inter-parto teorico, nella *Tabella 2*, invece, è rappresentato il ciclo di vita del suino.

INTER-PARTO TEORICO				
Fase	Descrizione	Tempi	Volumi	Luogo
1	Fecondazione: quando il gruppo di scrofe appartenenti alla stessa banda va in calore viene eseguita un'inseminazione artificiale.	3 giorni	150 scrofe per banda	Scrofaia- Sala fecondazione
2	Inizio gestazione: dopo l'inseminazione le scrofe sono trasportate all'interno di gabbie di gestazione, in cui le scrofe trascorrono le prime quattro settimane dopo la fecondazione.	4 settimane	150 scrofe per banda	Scrofaia- Gabbia di gestazione
3	Gestazione: trascorse le prime quattro settimane le scrofe devono essere trasportate in un ampio ambiente aperto dove possano socializzare.	11 settimane	150 scrofe per banda	Scrofaia- Sala di gestazione
4	Attesa parto: terminate le 15 settimane di gravidanza le scrofe sono trasportate nella sala parto, dove attenderanno la nascita dei suinetti.	2-3 giorni	150 scrofe per banda	Scrofaia-Sala parto
5	Allattamento/lattazione: dopo il parto i suinetti rimangono per almeno 28 giorni con la madre per essere allattati all'interno di appositi box parto per allattamento (Direttiva 2008/120/CE)[2].	4 settimane	150 scrofe per banda	Scrofaia- Gabbia per allattamento

Tabella 1: scheda di processo legata all'inter-parto

CICLO DI VITA				
Fase	Descrizione	Tempi	Volumi	Luogo
1	Allattamento/lattazione: all'interno di apposite gabbie di allattamento i suinetti trascorrono le prime quattro settimane di vita con la madre per essere allattati	4 settimane	1700-1800 suinetti	Scrofaia-Box di allattamento
2	Primo svezzamento: i suinetti sono trasportati verso il relativo allevamento di svezzamento, dove per i primi 37 giorni saranno alimentati con cibo secco. I suini sono disposti all'interno di appositi box che contengono all'incirca 20 esemplari.	37 giorni	1700-1800 suinetti	Allevamento di svezzamento
3	Secondo svezzamento: i suini trascorrono il secondo periodo sotto un regime di alimentazione differente. L'alimentazione passa da secca a umida	37 giorni	1700-1800 suinetti	Allevamento di svezzamento
4	Ingrasso: terminato il periodo di svezzamento i suini sono trasportati verso gli allevamenti di ingrasso in cui trascorreranno l'ultimo periodo di vita prima della macellazione	29-30 settimane	1600-1700 suini	Allevamento di ingrasso

Tabella 2: scheda di processo del ciclo di vita del suino

1.2 Scrofaia

La scrofaia è il luogo in cui sono gestite e controllate le nascite dei suinetti. All'interno delle scrofaie sono presenti:

- Verro: esemplare di sesso maschile che ha raggiunto la pubertà ed è destinato alla riproduzione.
- Scrofa primipara: esemplare di sesso femminile che ha raggiunto la pubertà, ma non ha ancora partorito.
- Scrofa pluripara: esemplare di sesso femminile che ha raggiunto la pubertà ed ha già partorito.
- Lattonzolo: suino con un'età inferiore alle quattro settimane che non ha ancora terminato il periodo di allattamento.

All'interno della scrofaia sono presenti diversi ambienti, ognuno dei quali, funzionale alla fase di inter-parto che la scrofa sta attraversando. In particolare, si distinguono la sala di fecondazione, la sala di gestazione e la sala parto.

All'interno della sala di fecondazione sono fecondate artificialmente le scrofe tramite il liquido seminale prelevato dal verro e diluito. La fecondazione avviene tramite l'inserimento di un catetere nell'apparato genitale della scrofa. Tale fase è probabilmente la più importante per il successo dell'azienda, in quanto, ha effetti diretti sulla fertilità della scrofa e sul numero di suinetti nati. In questa ottica, la pratica dell'inseminazione artificiale risulta ottimale, perché consente, in primo luogo, di avere un numero di verri inferiori all'interno dell'allevamento e, in secondo luogo, di ridurre la possibilità di trasmissioni veneree, in quanto ogni seme viene controllato e analizzato in laboratorio [3]. La temperatura nella sala di fecondazione deve essere mantenuta tra i 18 e i 20 gradi.

Terminata la fase di fecondazione la scrofa viene trasportata in una gabbia di gestazione individuale. La gabbia di gestazione individuale deve avere dimensioni minime di 1.64 metri per 2,25 metri [4]. Secondo recenti direttive europee la scrofa non può trascorrere più di quattro settimane dalla data di fecondazione all'interno della gabbia di gestazione [5]. Terminate le quattro settimane le scrofe sono inserite all'interno di spazi comuni (sala gestazione) con altri esemplari in cui trascorreranno le successive undici settimane (*Figura 2*). In questa area le scrofe si nutrono da apposite mangiatoie condivise. Le mangiatoie dell'Azienda Cavagnini sono progettate in modo da permettere a una singola scrofa alla volta di potervi accedere. Ogni sala gestazione ospita al suo interno solo le scrofe appartenenti alla

stessa banda. Questo per una ragione di praticità, in quanto, nel momento del parto sono trasportate facilmente tutte insieme verso la sala parto.



Figura 2: Sala gestazione comune dell'allevamento di Villa Alba

Infine, le scrofe sono trasportate verso la sala parto dopo circa 112-115 giorni dalla fecondazione. Qui, sono inserite all'interno di appositi box individuali (*Figura 3*), che ospiteranno la scrofa e i suinetti nati per le successive quattro settimane. La nidiata media partorita dalla scrofa va dai 12 ai 16 suinetti.

Il box parto è di dimensioni circa pari a $6 m^2$ e può esservi uno spazio dedicato ai suinetti appena nati di almeno $1 m^2$. Per le prime ore di vita dei suinetti i box parto devono essere provvisti di una lampada ad infrarossi, serpentine ad acqua o pannelli elettrici.

Le fasi del parto e dell'allattamento sono le più critiche per la sopravvivenza del suinetto, in quanto, il sistema immunitario del suinetto non è ancora perfettamente sviluppato. La mortalità è molto elevata; in media si rileva un tasso di mortalità che varia dal 10 al 20%. In particolare le morti si distribuiscono in larga parte nei primi tre giorni di vita, con un picco nelle prime 24 ore. La numerosità della nidiata ha, inoltre, un effetto diretto sulla probabilità di sopravvivenza dei suinetti. Se la nidiata è troppo numerosa debilita i suinetti alla nascita, in quanto hanno riserve energetiche basse e porta oltretutto a una competizione maggiore per il latte materno [6].

Dopo generalmente tre gravidanze le scrofe sono sostituite con scrofe primipare con maggiori capacità riproduttive.



Figura 3: Box parto nell'allevamento di Villa Alba

1.3 Allevamento di svezzamento

Terminate le quattro settimane di lattazione i suinetti presentano in media un peso di circa sette chilogrammi e sono pronti per essere staccati dalla madre e condotti verso il relativo allevamento di svezzamento. In base alla gestione definita dall'azienda i lotti vengono separati in gruppi oppure trasportati interamente verso l'allevamento di svezzamento.

Gli allevamenti di svezzamento sono composti da box aperti in cui alloggiavano in media venti suinetti (*Figura 4 e Figura 5*). Le dimensioni minime dei box dipendono dal peso dei suinetti e sono state definite dalla Direttiva 2008/120/Ce del Consiglio del 18 dicembre 2008. In particolare, ai suinetti di peso inferiore ai 10 kg deve essere garantito uno spazio di 0,15 mq per esemplare, ai suinetti di peso compreso tra 10 e 20 kg uno spazio almeno di 0,20 mq per esemplare, ai suinetti di peso compreso tra 20 e 30 kg uno spazio di almeno 0,30 mq per esemplare e ai suinetti di peso tra i 30 e 50 kg uno spazio di almeno 0,40 mq per esemplare [7]. I box negli allevamenti dell'Azienda Cavagnini sono disposti lungo due file adiacenti alle pareti perimetrali, separate da un corridoio in cui gli operatori passano per portare il cibo e controllare lo stato sanitario dei suinetti.

L'azienda Cavagnini ha pianificato per il ciclo di svezzamento una durata di circa undici

settimane, più precisamente 74 giorni. Nella prima metà del ciclo di svezzamento i suinetti sono alimentati *ad libitum* attraverso del mangime secco; sostanzialmente il cibo è sempre disponibile nelle mangiatoie e possono accedervi liberamente quando lo desiderino. Oltre a ciò, i suinetti sentono il bisogno di “grufolare” e per questo viene inserito all’interno dei singoli box un materiale di arricchimento, generalmente la paglia, che i suinetti possono masticare, manipolare ed esplorare.

Terminata la prima fase di svezzamento i suini sono trasportati in un’altra sala, sempre allestita con box collettivi di dimensioni però più ampie.

Dal giorno 38 fino al giorno 74 i suinetti sono alimentati attraverso un’alimentazione umida chiamata broda. L’alimentazione non è più *ad libitum*, ma sono invece gli operatori a portare giornalmente la giusta quantità di cibo nelle mangiatoie.

I suini al termine del ciclo di svezzamento presentano un peso all’incirca di 33-34 chilogrammi.



Figura 4: Box all’interno di un allevamento di svezzamento dell’Azienda Cavagnini che ospita suinetti nella prima metà del ciclo di svezzamento (0-37gg)



Figura 5: Box all'interno di un allevamento di svezzamento dell'Azienda Cavagnini che ospita suinetti nella seconda metà del ciclo di svezzamento (38-74 gg)

1.4 Allevamento di ingrasso

Gli allevamenti di ingrasso rappresentano le strutture in cui i suini trascorrono il periodo maggiore di tempo del loro ciclo di vita. terminate le undici settimane nell'allevamento di svezzamento i suini sono trasportati all'interno degli allevamenti di ingrasso dove trascorreranno in media altre trenta settimane. Il ciclo di vita del suino in totale ha una durata pari a: quattro settimane di lattazione, undici settimane di svezzamento e trenta settimane di ingrasso per un totale di circa 45 settimane.

Anche negli allevamenti di ingrasso sono presenti box collettivi di dimensioni differenti in cui i suini trascorrono il ciclo di ingrasso (*Figura 6*). La direttiva europea definisce le dimensioni minime per esemplare di cui il suino deve disporre. In particolare, per i suini che presentano un peso compreso tra gli 85 e 110 kg deve essere messo a disposizione uno spazio di almeno 0,65 mq per esemplare, mentre per i suini di peso superiore a 110 kg la superficie minima deve essere di 1 mq per esemplare. I box, quindi, sono di dimensioni differenti e i

suini in base alla settimana di vita, sono inseriti all'interno del box in modo da soddisfare i requisiti di legge.

La fase di ingrasso si compone della fase di accrescimento, in cui il peso del suino passa da 30 kg a 60 kg, del magronaggio, in cui il suino passa generalmente da 60 kg a circa 110 kg e della fase di fissaggio in cui il suino passa da 110 kg a 160 kg.

In queste fasi l'alimentazione dei suini è razionata e passa da circa 2 kg/capo nella fase di accrescimento a oltre 3 kg/capo nelle fasi di fissaggio. La dieta del suino è composta principalmente da cereali quali orzo, mais, frumento e soia. L'accrescimento medio del suino nelle prime due fasi è di circa 650-700 grammi al giorno, mentre nella fase di fissaggio di circa 550-600 grammi al giorno. Terminato il periodo di fissaggio il suino presenta un peso tra i 160 e 180 kg ed è infine trasportato verso il macello.



Figura 6: Box all'interno di un allevamento di ingrasso dell'Azienda Cavagnini

1.5. Dataset

I dati su cui si è sviluppato il lavoro di tesi sono stati raccolti dall'azienda a partire dal 2010, ma solo quelli dal 2018 in poi risultano adatti e completi per essere analizzati. Il processo di miglioramento continuo dell'azienda nella raccolta dati e la maggiore standardizzazione permetterà in futuro di sviluppare una base dati più ampia, utile a sviluppare modelli statistici

sempre più precisi.

In seguito sono presentati i dati inviati dall'azienda secondo diversi argomenti:

- Ciclo-Lotti
- Consumi
- Morti
- Allevamenti
- Ingressi

1.5.1. Cicli-Lotti

Nella *Tabella 3* sottostante sono riportati gli attributi generati per ogni lotto.

Lot	CompanyID	CycleKey	BandNr	WeanedNr	TotalWeightKg	WeaningDate	Provenance
-----	-----------	----------	--------	----------	---------------	-------------	------------

Tabella 3 : Attributi del dataset Cicli-Lotti

Il lotto viene identificato in maniera univoca attraverso un codice alfanumerico.

Ogni lotto è composto da suini nati nello stesso ciclo produttivo dalla stessa banda. Quindi, all'interno del lotto i suini hanno tutti approssimativamente la stessa età (ci può essere una variabilità al massimo di 2-3 giorni) e nascono nello stesso allevamento dallo stesso gruppo di mamme.

CompanyID fa riferimento all'azienda proprietaria del lotto, in quanto l'azienda ha in gestione anche allevamenti di cui non è proprietaria.

Il *CycleKey*, invece, è un codice con il seguente formato: *aaaamm_FarmID*. A ogni lotto viene assegnato una chiave ciclo nel momento in cui arriva nell'allevamento di svezzamento e quando passa all'allevamento di ingrasso viene sostituito con un'altra chiave ciclo. I primi quattro caratteri della stringa definiscono l'anno in cui il lotto entra nello specifico allevamento di svezzamento o ingrasso; lo stesso ragionamento vale per il mese. L'ID dell'allevamento permette di capire se l'allevamento è relativo al ciclo di svezzamento o di ingrasso.

Per rendere più chiaro il funzionamento del codice, si utilizza un breve esempio presentato in *Tabella 4*.

Lot	CompanyID	CycleKey
0122T	1	202201-96
0122T	1	202203-65
0122T	1	202204-71

Tabella 4 : Esempio prelevato dal dataset Cicli-Lotti

Il lotto 0122T entra nell'allevamento 96 relativo al ciclo di svezzamento nel mese di gennaio dell'anno 2022 e si divide passando successivamente all'allevamento di ingrasso 65 nel mese di marzo dell'anno 2022 e nell'allevamento di ingrasso 71 ad aprile dell'anno 2022. Il limite di questa visualizzazione dei dati è che non si conosce esattamente il giorno di ingresso negli allevamenti di ingrasso a meno di non utilizzare il dataset "Ingressi" ed estrapolare l'informazione attraverso passaggi più complessi. Per conoscere il modo in cui il lotto viene suddiviso nei vari allevamenti di ingrasso (in questo caso 65 e 71) è necessario utilizzare il dataset "Ingressi". L'operazione, però, è complessa e può portare facilmente ad errori; per questo motivo sarebbe importante poter visualizzare in maniera istantanea il numero di suini legato a ogni codice ciclo.

BandNr identifica il numero di banda da cui proviene il lotto.

WeanedNr rappresenta, invece, la numerosità del lotto nel momento di ingresso nell'allevamento di svezzamento. In futuro potrebbe essere utile inserire un'ulteriore informazione nel dataset riguardante la numerosità del lotto alla nascita, oltre che per lo svezzamento, in modo da analizzare la mortalità durante il periodo di lattazione precedente allo svezzamento.

TotalWeighKg mostra il peso complessivo di tutti i suini all'interno del lotto nel momento dell'uscita dalla scrofaia. Le informazioni relative al peso sono calcolate in quattro momenti nel ciclo di vita del suino: all'uscita del lotto dalla scrofaia, all'ingresso del ciclo di svezzamento, all'uscita del ciclo di svezzamento e all'uscita dal ciclo di ingrasso. In questo dataset non vengono però inserite le altre due misurazioni, che devono essere ricavate attraverso il dataset "ingressi". Dovrebbe essere considerata la possibilità di inserire un'ulteriore misurazione del peso, in particolare quando i suini cambiano alimentazione nel ciclo di svezzamento, per valutare con più attenzione l'andamento del peso durante il ciclo di svezzamento.

WeaningDate rappresenta la data di ingresso del lotto nell'allevamento di svezzamento.

Provenance, invece, definisce da quale scrofaia proviene il lotto.

In seguito, viene fornito un esempio in *Tabella 5*.

Lot	CompanyID	CycleKey	BandNr	WeanedNr	TotalWeightKg	WeaningDate	Provenance
0122T	1	202201-96	2	1996	13020	31/01/2022	Villa Rosa
0122T	1	202203-65	2	1996	13020	31/01/2022	Villa Rosa
0122T	1	202204-71	2	1996	13020	31/01/2022	Villa Rosa

Tabella 5 : Esempio completo prelevato dal dataset Cicli-Lotti

1.5.2. Consumi

Nella Tabella 6 sono riportati gli attributi relativi al dataset “consumi”.

FarmID	DetectorKey	DetectorReadingDatetime	DetectorReadingValue
--------	-------------	-------------------------	----------------------

Tabella 6 : Attributi del dataset Cicli-Lotti

All'interno di questo dataset sono riportate le informazioni relative ai consumi di acqua e cibo dei suini. I dati provengono esclusivamente dall'allevamento 3C Archiere in cui sono stati inseriti dei sensori che giornalmente calcolano il peso dei silos che contengono cibo e acqua. L'allevamento in questione è relativo al ciclo di svezzamento. All'interno dell'allevamento di svezzamento i suini passeranno all'incirca 74 giorni in cui il tipo di alimentazione cambierà da secco a umido dopo all'incirca i primi 37 giorni. A differenza di altri allevamenti di svezzamento, 3C Archiere, ospita contemporaneamente due lotti distinti. Con l'attributo *FarmID* si fa riferimento, attraverso un codice numerico, allo specifico allevamento. Come precedentemente affermato, ad oggi, solo l'allevamento di 3C Archiere (*FarmID* 16) presenta la possibilità di monitorare i consumi. L'obiettivo dell'azienda è perfezionare la rilevazione e visualizzazione dei dati in modo da estendere in futuro questa tecnologia anche ad altri allevamenti.

Per quanto riguarda *DetectorKey*, l'attributo specifica l'oggetto di tale misurazione. In particolare, viene calcolato il peso di otto differenti silos:

- A FERRERO
- B FERRERO
- C FERRERO
- BIL01
- BIL02
- BIL03
- ACQUA
- CTL01

Con A FERRERO, B FERRERO, C FERRERO si intende l'alimentazione sotto forma di broda che viene somministrata ai suini nella seconda fase del ciclo di svezzamento (37-74

giorni). Il software calcola in automatico la differenza di peso in valore assoluto dei silos in due giorni consecutivi e presenta il dato sotto forma di consumo.

BIL01, BIL02, BIL03 invece rappresentano il mangime secco che viene dato ai suini nella prima metà del ciclo di svezzamento (1-36). Il dato in questo caso è presentato sotto forma di “lettura”. Il software legge il peso degli specifici silos e li memorizza. In questo caso il consumo giornaliero deve essere ricavato come differenza in valore assoluto tra due giorni consecutivi. Infine, ACQUA rappresenta l’acqua che viene data ai suini nella seconda metà del ciclo di svezzamento. Il dato visualizzato è sotto forma di consumo. CTL01 rappresenta, invece, l’acqua utilizzata per abbeverare i suini nella prima metà del ciclo. Anche in questo caso il dato del consumo giornaliero deve essere ricavato come differenza tra due giorni successivi.

La criticità di questa raccolta dati è che, quando i silos BIL01, BIL02, BIL03, CTL01 sono riempiti con nuovo cibo o acqua, il software non depura il dato a fine giornata del peso aggiunto e il consumo non può quindi essere calcolato.

DetectorReadingDateTime da l’informazione riguardo l’ora e il giorno in cui viene effettuata la misurazione. Ogni singolo silos è pesato giornalmente alla stessa ora, generalmente a fine giornata.

DetectorReadingValue è invece l’attributo relativo alla misurazione dei singoli silos e l’unità di misura con cui viene rappresentato sono i litri nel caso dell’acqua e chilogrammi nel caso del cibo.

Per rendere più chiaro il concetto è presentata in seguito in *Tabella 7* un esempio.

FarmID	DetectorKey	DetectorReadingDatetime	DetectorReadingValue
16	C) 1020 FERRERO	2023-05-03 22:15:45.000	850

Tabella 7: Esempio prelevato dal dataset Consumi

Il giorno 3 maggio 2023 i suini hanno consumato una quantità pari a 850 Kg di cibo proveniente dal silo C FERRERO.

1.5.3. Morti

Nella *Tabella 8* che segue sono riportati gli attributi del dataset “morti”.

DeathCauseDesc	CycleKey	OutputDate	OutputNr	OutputFarmer	Lot
----------------	----------	------------	----------	--------------	-----

Tabella 8 : Attributi del dataset Morti

Questo dataset ha l’obiettivo di registrare tutte le morti dei suini dall’inizio dello svezzamento fino alla fine del ciclo di ingrasso. I primi dati raccolti sono dell’anno 2010,

ma purtroppo solo nel 2018 l'azienda ha iniziato a inserire queste informazioni giornalmente, precedentemente infatti era inserito solo il numero complessivo di morti del singolo mese. Il primo attributo *DeathCauseDesc* definisce la causa di morte. Le cause di morte possibili sono le seguenti: varie, scarto, scoppiato, polmonite, ulcere, bello, epidermide, enterite, soppresso, meningite. La causa di morte è inserita nel dataset con la stessa dicitura che è stata presentata precedentemente.

CycleKey, come precedentemente detto, si riferisce alla chiave ciclo associata al suino morto. *OutputDate* rappresenta il giorno del decesso del suino.

OutputNr fornisce l'informazione riguardo al numero di suini morti nella stessa giornata.

OutputFarmer rappresenta la persona fisica che ha inserito il dato all'interno del dataset.

Lot, invece, è il lotto di appartenenza del suino deceduto.

1.5.4. Allevamenti

Nella *Tabella 9* sono riportati gli attributi del dataset "allevamenti"

FarmID	CompanyID	FarmDesc	FarmGroup	FarmGroupDesc
--------	-----------	----------	-----------	---------------

Tabella 9 : Attributi del dataset Allevamenti

Questo dataset, anche se non sarà direttamente utilizzato per la costruzione di analisi, risulta di importanza centrale per lo sviluppo del lavoro, in quanto permette di capire la tipologia di allevamento.

In particolare, attraverso un codice numerico univoco (*FarmID*) viene identificato lo specifico allevamento.

CompanyID, invece, è un codice numerico che si riferisce al proprietario dell'allevamento; come precedentemente detto, all'interno del progetto sono state inserite anche realtà esterne all'azienda.

FarmDesc definisce il nome dell'allevamento. Generalmente il nome dell'allevamento deriva dalla persona o famiglia che ne è direttamente responsabile.

FarmGroupDesc va a definire la tipologia di allevamento attraverso una stringa. Gli allevamenti sono strutturati per accompagnare i suini lungo il loro intero ciclo di vita; avremo quindi le scrofaie, gli allevamenti di svezzamento e gli allevamenti di ingrasso. Mentre l'architettura delle scrofaie è molto complessa, per quanto riguarda lo svezzamento e l'ingrasso invece le strutture sono simili, differenziandosi sostanzialmente per la dimensione dei box in quanto i suini ospitati hanno dimensioni differenti.

FarmGroup è un codice numerico che identifica la tipologia dell'allevamento; 1 rappresenta

la scrofaia, 2 l'allevamento di svezzamento e 3 l'allevamento di ingrasso.

1.5.5. Ingressi

Nella *Tabella 10* sono riportati gli attributi del dataset "ingressi".

CycleKey	InputDDTDate	FarmDesc	CompanyID	InputNr	InputKg
----------	--------------	----------	-----------	---------	---------

Tabella 10 : Attributi del dataset Ingressi

Questo dataset consente di tracciare gli spostamenti dei lotti nei vari allevamenti. Risulta particolarmente utile perché si riesce a superare la criticità legata alla suddivisione del lotto precedentemente analizzata. Per ogni spostamento da un allevamento al seguente vengono collegate le seguenti informazioni: *CycleKey*, *InputDDTDate*, *FarmDesc*, *CompanyID*, *InputNr*, *InputKg*.

L'attributo *CycleKey* come precedentemente detto ha il seguente formato *aaaamm_FarmID*. In questo caso la chiave ciclo viene costruita andando a considerare la data di spostamento verso l'allevamento di destinazione; lo stesso discorso vale anche per il *FarmID*.

InputDDTDate invece rappresenta la data in cui in cui il lotto esce dall'allevamento di partenza.

FarmDesc è relativo all'allevamento di partenza

InputNr e *InputKg* rappresentano, rispettivamente, il numero di suini soggetti allo spostamento e il peso totale degli stessi.

Nella *Tabella 11* è fornito un esempio.

CycleKey	InputDDTDate	FarmDesc	CompanyID	InputNr	InputKg
201010-9	01/10/2010	Mazzali Stefano Curzia	1	600	18080

Tabella 11 : Esempio prelevato dal dataset "Ingressi"

In questo singolo caso avviene uno spostamento dall'allevamento Mazzali Stefano Curzia con *FarmID* 13 verso l'allevamento 9 nel mese di ottobre dell'anno 2010. Il numero di suini spostati è pari a 600 con peso complessivo pari a 18080 Kg. Inoltre, l'ultima informazione che la tabella ci fornisce riguarda il giorno in cui il lotto è spostato dall'allevamento 13 all'allevamento 9, precisamente il primo novembre 2010.

Questo tipo di visualizzazione dei dati è però poco intuitivo e per tracciare il percorso del lotto dalla scrofaia verso i successivi allevamenti è necessaria un'attenta analisi. Non è infatti inserito il lotto a cui fa riferimento la chiave ciclo.

In *Tabella 12* è rappresentata un semplice scheda che permette di capire in maniera più

strutturata come avviene l'inserimento dei dati nel software, con che frequenza e con quale modalità.

FLUSSO INFORMATIVO					
Fase	Descrizione	Database	Attributo	Frequenza inserimento del dato	Tipo inserimento
1	Nascita-periodo di allattamento (28 gg)				
1.1	Assegnazione di un codice alfanumerico al lotto comprendente tutti i suinetti nati dalla stessa banda nella stessa settimana	Ciclo-Lotti	Lot	Una volta per tutto il ciclo di vita del lotto	Manuale
1.2	Per ogni lotto è associato il numero totale di suinetti appartenenti ad esso	Ciclo-Lotti	WeanedNr	Una volta per tutto il ciclo di vita del lotto	Manuale
1.3	Per ogni lotto è associata la data di nascita	Ciclo-Lotti	WeaningDate	Una volta per tutto il ciclo di vita del lotto	Manuale
1.4	Per ogni lotto è associata la banda di riferimento	Ciclo-Lotti	BandNr	Una volta per tutto il ciclo di vita del lotto	Manuale
1.5	Per ogni lotto è associato il peso complessivo dei suinetti appartenenti ad esso alla fine del periodo di lattazione	Ciclo-Lotti	TotalWeightKg	Una volta per tutto il ciclo di vita del lotto	Manuale
2	Periodo di svezzamento (74 gg)				
2.1	Il lotto viene suddiviso in gruppi. Ogni gruppo è trasferito verso un allevamento di svezzamento. A ogni gruppo, chiamato ciclo, viene associata un codice univoco	Ciclo-Lotti	CycleKey	Quando si è pianificata la distribuzione del lotto negli allevamenti di svezzamento	Manuale
2.2	All'arrivo nell'allevamento di svezzamento il ciclo viene pesato	Ingressi	InputKg	Una volta per tutto il ciclo di vita del lotto	Manuale
2.3	Per ogni ciclo viene associato il numero di suini appartenenti ad esso	Ingressi	InputNr	Una volta per tutto il ciclo di vita del lotto	Manuale
2.4	Viene registrato il consumo giornaliero				
2.4.1	Viene registrato il tipo di mangime/acqua	Consumi	DetectorKey	Ogni giorno durante il periodo di svezzamento, per ognuno degli otto silos	Automatico
2.4.2	Viene registrato il valore del peso dei silos	Consumi	DetectorReadingValue	Ogni giorno durante il periodo di svezzamento, per ognuno degli otto silos	Automatico

2.4.3	Viene registrata la data e l'ora della misurazione	Consumi	DetectorReadingDateTime	Ogni giorno durante il periodo di svezzamento, per ognuno degli otto silos	Automatico
2.5	Viene registrato il decesso				
2.5.1	Viene inserita la causa di morte	Morti	DeathCauseDesc	Ogni volta che si presenta un decesso	Manuale
2.5.2	Viene inserita la data dell'avvenuto decesso	Morti	OutputDate	Ogni volta che si presenta un decesso	Manuale
2.5.3	Viene inserito il numero di suini morti	Morti	OutputNr	Ogni volta che si presenta un decesso	Manuale
2.5.4	Viene inserito il codice dell'allevamento in cui è avvenuto il decesso	Morti	OutputFarmer	Ogni volta che si presenta un decesso	Manuale
3	Periodo di ingrasso (200 gg)				
3.1	Il ciclo viene ridistribuito in base all'allevamento di ingrasso di destinazione. A ogni gruppo viene associato un nuovo codice univoco	Ciclo-Lotti	CycleKey	Quando si è pianificata la distribuzione del lotto negli allevamenti di ingrasso	Manuale
3.2	All'arrivo nell'allevamento di ingrasso il ciclo viene pesato	Ingressi	InputKg	Una volta per tutto il ciclo di vita del lotto	Manuale
3.3	Per ogni ciclo viene associato il numero di suini appartenenti ad esso	Ingressi	InputNr	Una volta per tutto il ciclo di vita del lotto	Manuale
3.4	Viene registrato il decesso				
3.4.1	Viene inserita la causa di morte	Morti	DeathCauseDesc	Ogni volta che si presenta un decesso	Manuale
3.4.2	Viene inserita la data dell'avvenuto decesso	Morti	OutputDate	Ogni volta che si presenta un decesso	Manuale
3.4.3	Viene inserito il numero di suini morti	Morti	OutputNr	Ogni volta che si presenta un decesso	Manuale
3.4.4	Viene inserito il codice dell'allevamento in cui è avvenuto il decesso	Morti	OutputFarmer	Ogni volta che si presenta un decesso	Manuale

Tabella 12: Scheda di processo dei flussi informativi

Capitolo 2 - ANALISI DESCRITTIVA

In questo capitolo è presentato il lavoro relativo all'analisi descrittiva. L'analisi verte su diverse variabili che sono analizzate sotto diversi punti di vista. In particolare, sono presi in considerazione i consumi di acqua e di cibo e la mortalità dei lotti. Oltre a ciò, sono descritti anche gli strumenti utilizzati per la rielaborazione dei dati e il metodo utilizzato per la selezione del campione rappresentativo.

2.1 Scelta del campione iniziale

Per lo sviluppo dello studio è necessario definire precedentemente un campione rappresentativo.

Nel presente lavoro è stato deciso di utilizzare un campione in cui all'interno fossero presenti esclusivamente i lotti provenienti dalla scrofaia di Villa Rosa. Il motivo risiede nel fatto che, l'azienda, oltre ad autoprodurre i suini all'interno delle scrofaie per aumentare i volumi di vendita, si rivolge a terzi per l'acquisto di suini. I suini, però, entrano all'interno degli allevamenti con età differenti e presentano comunque una genetica differente dai suini italiani. Per evitare di inquinare l'analisi con lotti appartenenti ad una popolazione differente sono stati esclusi tutti quei lotti che non fossero autoprodotti dall'azienda.

L'analisi utilizzerà, quindi, campioni provenienti esclusivamente dalla scrofaia di Villa Rosa. Data l'incompletezza dei dati riguardanti le caratteristiche del lotto, in particolare la numerosità, è stata effettuata un'ulteriore riduzione del campione. Sono quindi inseriti nel campione i lotti provenienti dallo stabilimento di Villa Rosa dall'anno 2018. Il campione analizzato comprende al suo interno 93 lotti.

In particolare, sono riportati in *Tabella 13* i lotti con relativa data di svezzamento e numerosità.

I 93 lotti di partenza rappresentano il campione rappresentativo e su di essi sarà svolto il lavoro d'analisi. In base poi all'ambito dell'analisi sarà necessaria un'ulteriore riduzione del campione. I dati sono stati poi inseriti all'interno di un nuovo dataset che sarà chiamato "Villa rosa".

Lot	WeaningDate	WeanedNr	Lot	WeaningDate	WeanedNr
4917D	04/01/2018	1826	3120L	27/08/2020	1679
5217D	25/01/2018	1777	3420E	17/09/2020	1823
0318T	15/02/2018	1887	3720ES	08/10/2020	1886
0618T	08/03/2018	1997	4020SR	29/10/2020	1894
0918C	29/03/2018	1973	4320R	19/11/2020	1855
1218B	19/04/2018	1864	4620H	10/12/2020	1824
1518A	10/05/2018	1857	4920HD	31/12/2020	1642
1818AM	31/05/2018	1924	5220D	21/01/2021	1854
2118M	21/06/2018	1945	0221T	11/02/2021	1615
2418P	12/07/2018	1948	0521TC	04/03/2021	1815
2718PL	02/08/2018	1714	0821C	25/03/2021	1697
3018L	23/08/2018	1850	1121B	15/04/2021	1717
3318E	13/09/2018	1811	1421A	06/05/2021	1483
3618ES	04/10/2018	1839	1721AM	27/05/2021	1890
3918S	25/10/2018	1737	2021M	17/06/2021	1813
4218R	15/11/2018	1647	2321P	08/07/2021	1870
4518RH	06/12/2018	1780	2621PL	29/07/2021	2007
4818H	27/12/2018	1750	2921L	19/08/2021	1800
5118D	17/01/2019	1774	3221E	09/09/2021	1970
0219T	07/02/2019	1592	3521ES	30/09/2021	1965
0519TC	28/02/2019	1450	3821S	21/10/2021	1755
0819C	21/03/2019	1756	4121R	08/11/2021	2153
1119B	11/04/2019	1760	4421H	29/11/2021	1860
1419BA	02/05/2019	1750	4721H	20/12/2021	1897
1719A	23/05/2019	1689	5021D	10/01/2022	1917
2019M	13/06/2019	2033	0122T	31/01/2022	1996
2319MP	04/07/2019	1975	0422T	21/02/2022	1983
2619P	25/07/2019	2007	0722C	14/03/2022	1071
2919L	14/08/2019	2005	1022B	04/04/2022	1425
3219E	05/09/2019	2064	1322BA	25/04/2022	1738
3519E	26/09/2019	1960	1622A	16/05/2022	1386
3819S	17/10/2019	1807	I_VR_1922M	06/06/2022	1393
4119R	07/11/2019	1919	I_VR_2222MP	27/06/2022	1803
4419R	28/11/2019	1886	I_VR_2522P	18/07/2022	2088
4719H	19/12/2019	1838	I_VR_2822L	08/08/2022	1974
5019D	09/01/2020	1846	I_VR_3122LE	29/08/2022	2192
0120DT	30/01/2020	1935	I_VR_3422E	19/09/2022	1737
0420T	17/02/2020	1741	I_VR_3722S	10/10/2022	2133
0720C	12/03/2020	1382	I_VR_4022SR	31/10/2022	1795
1020CB	02/04/2020	1371	I_VR_4322R	21/11/2022	1939
1320B	23/04/2020	1864	I_VR_4622H	12/12/2022	1927
1620A	14/05/2020	1859	I_VR_4922DH	02/01/2023	1711
1920AM	04/06/2020	1547	I_VR_5222D	23/01/2023	2071
2220M	25/06/2020	1662	I_VR_0323T	13/02/2023	2267
2520P	16/07/2020	1485	I_VR_0623C	06/03/2023	1848
2820L	06/08/2020	1790	I_VR_0923CB	27/03/2023	1900
			I_VR_1223B	24/04/2023	1804

Tabella 13: Lotti provenienti da Villa Rosa dal 2018

2.2 Tasso di Mortalità

In questa sezione il lavoro presentato si focalizza sullo studio della mortalità dei suini nei lotti. Risulta interessante valutare ciò, in primo luogo, per visionare lo storico e in secondo luogo perché tali risultati sono necessari per sviluppare strumenti di controllo nelle fasi successive.

In particolare, sono svolte analisi relative al tasso di mortalità nei lotti, al tasso di mortalità dei lotti nel ciclo di svezzamento e nel ciclo di ingrasso in maniera distinta, al tasso di mortalità in relazione alla causa del decesso e, infine, al tasso di mortalità cumulato nelle varie settimane.

2.2.1 Tasso di mortalità dei suini nei lotti

Il dataset di riferimento per lo sviluppo dell'analisi è quello denominato "Morti" presentato nel paragrafo 1.2.3 nel capitolo 1. All'interno del dataset sono memorizzate, però, le morti di tutti i lotti registrati dall'azienda.

Risulta, dunque, necessario eliminare tutte le informazioni non rilevanti e generare un nuovo dataset in cui siano presenti esclusivamente i lotti selezionati all'interno del campione. Per fare ciò si è utilizzato il programma Access per interrogare la base dati attraverso linguaggio SQL. Mediante la funzione di join, che lega il codice del lotto tra il dataset "Villa Rosa" e il dataset "Morti", si è costruito un nuovo dataset chiamato "Morti Villa Rosa".

Successivamente, attraverso la funzione GROUP BY sono state sommate tra loro le morti riconducibili allo stesso lotto.

Il calcolo del tasso di mortalità è stato eseguito dividendo le morti complessive per la numerosità del lotto.

Nella tabella è riportato il tasso di mortalità per ogni singolo lotto del campione in *Tabella 14*.

Per completezza è stato scartato il lotto I_VR_1223B, e il lotto I_VR_0923CB in quanto non avevano neppure terminato il ciclo di svezzamento. La mortalità, infatti, risulta molto bassa e per ovvie ragioni è stato, quindi, escluso.

Il numero dei lotti analizzato è pari a 91.

Lot	WeaningDate	WeanedNr	Mortalità		Lot	WeaningDate	WeanedNr	Mortalità
4917D	04/01/2018	1826	3.56%		3120L	27/08/2020	1679	15.19%
5217D	25/01/2018	1777	4.22%		3420E	17/09/2020	1823	8.34%
0318T	15/02/2018	1887	4.35%		3720ES	08/10/2020	1886	11.82%
0618T	08/03/2018	1997	7.76%		4020SR	29/10/2020	1894	11.35%
0918C	29/03/2018	1973	7.45%		4320R	19/11/2020	1855	11.37%
1218B	19/04/2018	1864	8.48%		4620H	10/12/2020	1824	19.79%
1518A	10/05/2018	1857	7.00%		4920HD	31/12/2020	1642	8.59%
1818AM	31/05/2018	1924	5.20%		5220D	21/01/2021	1854	9.12%
2118M	21/06/2018	1945	4.16%		0221T	11/02/2021	1615	7.86%
2418P	12/07/2018	1948	6.62%		0521TC	04/03/2021	1815	6.28%
2718PL	02/08/2018	1714	3.79%		0821C	25/03/2021	1697	6.36%
3018L	23/08/2018	1850	3.35%		1121B	15/04/2021	1717	5.36%
3318E	13/09/2018	1811	5.80%		1421A	06/05/2021	1483	9.84%
3618ES	04/10/2018	1839	4.84%		1721AM	27/05/2021	1890	3.28%
3918S	25/10/2018	1737	5.87%		2021M	17/06/2021	1813	13.24%
4218R	15/11/2018	1647	5.89%		2321P	08/07/2021	1870	16.58%
4518RH	06/12/2018	1780	3.82%		2621PL	29/07/2021	2007	26.41%
4818H	27/12/2018	1750	7.94%		2921L	19/08/2021	1800	16.89%
5118D	17/01/2019	1774	22.21%		3221E	09/09/2021	1970	15.94%
0219T	07/02/2019	1592	39.95%		3521ES	30/09/2021	1965	25.45%
0519TC	28/02/2019	1450	15.31%		3821S	21/10/2021	1755	16.41%
0819C	21/03/2019	1756	15.77%		4121R	08/11/2021	2153	17.37%
1119B	11/04/2019	1760	8.41%		4421H	29/11/2021	1860	25.05%
1419BA	02/05/2019	1750	12.46%		4721H	20/12/2021	1897	19.35%
1719A	23/05/2019	1689	9.35%		5021D	10/01/2022	1917	32.86%
2019M	13/06/2019	2033	12.44%		0122T	31/01/2022	1996	24.10%
2319MP	04/07/2019	1975	6.89%		0422T	21/02/2022	1983	42.97%
2619P	25/07/2019	2007	7.82%		0722C	14/03/2022	1071	28.76%
2919L	14/08/2019	2005	6.78%		1022B	04/04/2022	1425	25.33%
3219E	05/09/2019	2064	7.90%		1322BA	25/04/2022	1738	37.00%
3519E	26/09/2019	1960	3.62%		1622A	16/05/2022	1386	19.77%
3819S	17/10/2019	1807	10.46%		I_VR_1922M	06/06/2022	1393	11.41%
4119R	07/11/2019	1919	7.03%		I_VR_2222MP	27/06/2022	1803	23.85%
4419R	28/11/2019	1886	4.31%		I_VR_2522P	18/07/2022	2088	17.34%
4719H	19/12/2019	1838	10.83%		I_VR_2822L	08/08/2022	1974	21.53%
5019D	09/01/2020	1846	11.65%		I_VR_3122LE	29/08/2022	2192	16.88%
0120DT	30/01/2020	1935	20.00%		I_VR_3422E	19/09/2022	1737	17.56%
0420T	17/02/2020	1741	15.22%		I_VR_3722S	10/10/2022	2133	29.54%
0720C	12/03/2020	1382	11.14%		I_VR_4022SR	31/10/2022	1795	16.16%
1020CB	02/04/2020	1371	22.76%		I_VR_4322R	21/11/2022	1939	8.05%
1320B	23/04/2020	1864	17.81%		I_VR_4622H	12/12/2022	1927	11.83%
1620A	14/05/2020	1859	11.08%		I_VR_4922DH	02/01/2023	1711	8.36%
1920AM	04/06/2020	1547	13.12%		I_VR_5222D	23/01/2023	2071	9.13%
2220M	25/06/2020	1662	4.87%		I_VR_0323T	13/02/2023	2267	21.26%
2520P	16/07/2020	1485	6.94%		I_VR_0623C	06/03/2023	1848	9.25%
2820L	06/08/2020	1790	8.72%					

Tabella 14: 91 lotti provenienti da Villa Rosa dal 2018 con associato relativo tasso di mortalità

La media del tasso di mortalità calcolata tra tutti i lotti è pari al 13.16% con una deviazione standard campionaria pari a 8.57%.

Nella *Figura 7* è rappresentato, attraverso un grafico a colonne, l'andamento del tasso di mortalità nel tempo.

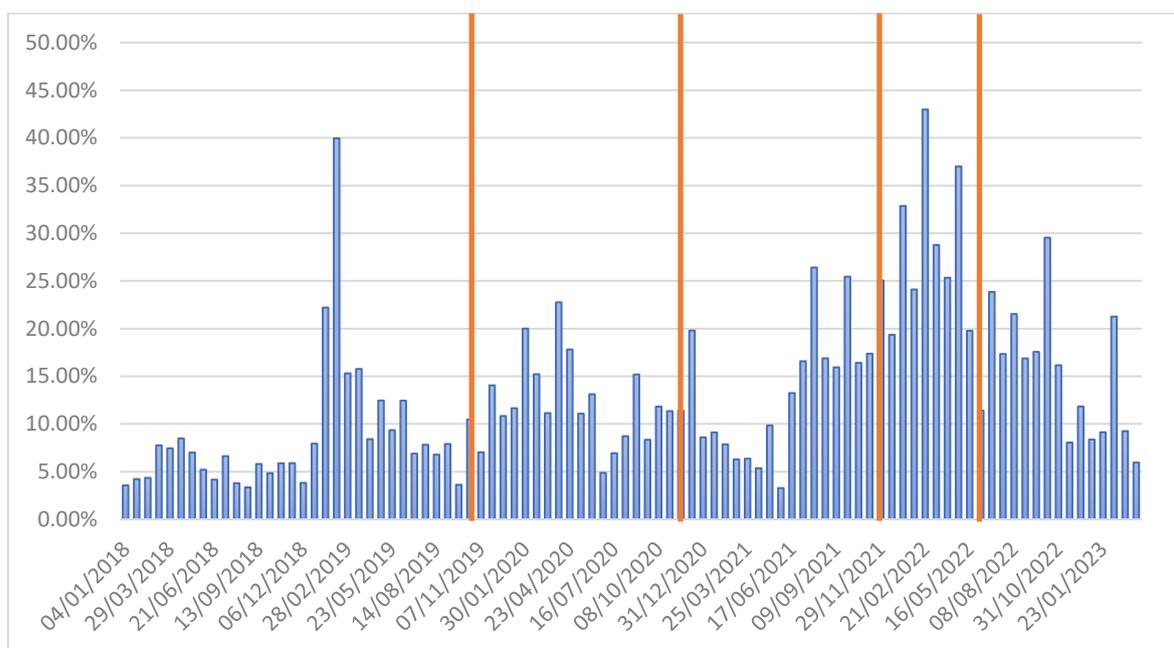


Figura 7: Andamento del tasso di mortalità dal 2018 dei lotti provenienti da Villa Rosa

Dalla *Figura 7* è possibile visualizzare un andamento ciclico in alcuni periodi. Il tasso di mortalità aumenta fino a raggiungere un massimo, per poi diminuire. Questo comportamento e la grande variabilità del tasso di mortalità possono essere in parte spiegati dall'ingresso del virus della PRRS negli allevamenti. Il virus della PRRS venne individuato per la prima volta negli anni 80' all'interno di allevamenti suinicoli negli Stati Uniti. Il quadro clinico include perdite riproduttive, aumento di casi di aborti, forme di malattie respiratorie in fase di post-svezzamento, calo degli indici di accrescimento e aumento della mortalità [8]. La trasmissione del virus della PRRS avviene per vie aeree mediante inalazione di goccioline; può inoltre essere trasmesso dalla madre al feto. Per questa ragione l'ingresso del virus all'interno della scrofaia si traduce in una diffusione a larga scala anche negli allevamenti di svezzamento e ingrasso.

La sindrome respiratoria e riproduttiva dei suini (PRRS) è l'infezione che genera il più grande impatto economico per gli allevatori di suini. Infatti, il virus della PRRS porta ad un considerevole aumento degli aborti e del tasso di mortalità in tutti i cicli di vita dei suini a

partire dalla nascita fino all'ingrasso.

Nella *Figura 7* sono state inserite delle linee verticali che individuano le date in cui è stato identificato il virus della PRRS all'interno della scrofaia di Villa Rosa.

Data la sua capacità di mutare e diffondersi velocemente, risulta molto complesso riuscire a eliminare definitivamente l'infezione all'interno degli allevamenti. Proprio per questa ragione, gli effetti della diffusione del virus della PRRS possono dilungarsi molto nel tempo, portando ad un consistente aumento del tasso di mortalità nei lotti.

2.2.2 Tasso di mortalità nei cicli di svezzamento e di ingrasso

All'interno del paragrafo è eseguita un'analisi che va a valutare il tasso di mortalità nel ciclo di svezzamento e di ingrasso. Purtroppo, per la mancanza dei dati, non è stato possibile valutare le morti anche durante il primo periodo di allattamento in scrofaia.

L'obiettivo di questa analisi è quello di valutare se vi siano delle differenze legate alla mortalità tra i due cicli. Per poter sviluppare l'analisi è necessario rielaborare i dati di partenza. Il dataset di riferimento è quello denominato "Morti Villa Rosa" (paragrafo 2.2.1), in cui sono presenti le informazioni riguardanti i decessi nei lotti selezionati all'interno del campione rappresentativo.

Lo scopo della rielaborazione dei dati è quello di riuscire a distinguere se il decesso è avvenuto all'interno di un allevamento di svezzamento o all'interno di un allevamento di ingrasso. Per estrapolare tale informazione, viene estratta dalla chiave ciclo l'informazione relativa all'ID dell'allevamento. L'output finale sarà identico a quello di partenza del dataset "Morti Villa Rosa", con l'aggiunta di una colonna finale in cui è inserito l'ID dell'allevamento in cui è avvenuta la morte. Attraverso una funzione logica booleana è inserita un'ulteriore colonna in cui, per ogni riga (quindi, per ogni decesso registrato), è inserito il valore 1 se l'allevamento è relativo al ciclo di svezzamento e 0 se, invece, l'allevamento è relativo al ciclo di ingrasso.

Ora che il dataset è completo viene interrogato con l'utilizzo di Access e attraverso la funzione GROUP BY sono sommate, per ogni lotto, le morti avvenute all'interno dei cicli di svezzamento e di ingrasso. Infine, per calcolare il tasso di mortalità del ciclo di svezzamento, le morti complessive per lotto sono divise per la numerosità del lotto.

Per quanto riguarda, invece, il tasso di mortalità nel ciclo di ingrasso, esso è calcolato dividendo il numero di decessi complessivi per la numerosità del lotto, sottratta, però, delle morti avvenute nel ciclo di svezzamento.

Il tasso di mortalità per lotto durante il ciclo di svezzamento viene presentato nella *Tabella*

15.

Lot	WeaningDate	WeanedNr	Mortalità	Lot	WeaningDate	WeanedNr	Mortalità
4917D	04/01/2018	1826	3.56%	3120L	27/08/2020	1679	2.14%
5217D	25/01/2018	1777	4.22%	3420E	17/09/2020	1823	2.58%
0318T	15/02/2018	1887	4.35%	3720ES	08/10/2020	1886	2.81%
0618T	08/03/2018	1997	7.76%	4020SR	29/10/2020	1894	3.54%
0918C	29/03/2018	1973	5.27%	4320R	19/11/2020	1855	3.72%
1218B	19/04/2018	1864	4.67%	4620H	10/12/2020	1824	14.47%
1518A	10/05/2018	1857	4.25%	4920HD	31/12/2020	1642	4.75%
1818AM	31/05/2018	1924	3.64%	5220D	21/01/2021	1854	7.17%
2118M	21/06/2018	1945	4.16%	0221T	11/02/2021	1615	3.72%
2418P	12/07/2018	1948	6.62%	0521TC	04/03/2021	1815	3.47%
2718PL	02/08/2018	1714	3.79%	0821C	25/03/2021	1697	3.77%
3018L	23/08/2018	1850	3.35%	1121B	15/04/2021	1717	2.74%
3318E	13/09/2018	1811	3.37%	1421A	06/05/2021	1483	3.24%
3618ES	04/10/2018	1839	4.84%	1721AM	27/05/2021	1890	2.12%
3918S	25/10/2018	1737	4.61%	2021M	17/06/2021	1813	4.96%
4218R	15/11/2018	1647	4.01%	2321P	08/07/2021	1870	7.91%
4518RH	06/12/2018	1780	3.82%	2621PL	29/07/2021	2007	17.94%
4818H	27/12/2018	1750	7.94%	2921L	19/08/2021	1800	6.61%
5118D	17/01/2019	1774	22.21%	3221E	09/09/2021	1970	8.43%
0219T	07/02/2019	1592	39.95%	3521ES	30/09/2021	1965	10.48%
0519TC	28/02/2019	1450	15.31%	3821S	21/10/2021	1755	6.67%
0819C	21/03/2019	1756	12.53%	4121R	08/11/2021	2153	8.36%
1119B	11/04/2019	1760	6.88%	4421H	29/11/2021	1860	8.60%
1419BA	02/05/2019	1750	12.46%	4721H	20/12/2021	1897	2.00%
1719A	23/05/2019	1689	6.93%	5021D	10/01/2022	1917	20.45%
2019M	13/06/2019	2033	8.12%	0122T	31/01/2022	1996	16.83%
2319MP	04/07/2019	1975	4.56%	0422T	21/02/2022	1983	29.25%
2619P	25/07/2019	2007	7.62%	0722C	14/03/2022	1071	18.95%
2919L	14/08/2019	2005	6.28%	1022B	04/04/2022	1425	14.39%
3219E	05/09/2019	2064	5.86%	1322BA	25/04/2022	1738	30.44%
3519E	26/09/2019	1960	2.50%	1622A	16/05/2022	1386	13.71%
3819S	17/10/2019	1807	3.32%	I_VR_1922M	06/06/2022	1393	4.24%
4119R	07/11/2019	1919	4.06%	I_VR_2222MP	27/06/2022	1803	13.59%
4419R	28/11/2019	1886	4.14%	I_VR_2522P	18/07/2022	2088	11.45%
4719H	19/12/2019	1838	4.08%	I_VR_2822L	08/08/2022	1974	15.40%
5019D	09/01/2020	1846	5.25%	I_VR_3122LE	29/08/2022	2192	7.53%
0120DT	30/01/2020	1935	16.02%	I_VR_3422E	19/09/2022	1737	12.32%
0420T	17/02/2020	1741	8.96%	I_VR_3722S	10/10/2022	2133	22.41%
0720C	12/03/2020	1382	7.31%	I_VR_4022SR	31/10/2022	1795	7.97%
1020CB	02/04/2020	1371	18.75%	I_VR_4322R	21/11/2022	1939	4.90%
1320B	23/04/2020	1864	14.06%	I_VR_4622H	12/12/2022	1927	6.18%
1620A	14/05/2020	1859	6.19%	I_VR_4922DH	02/01/2023	1711	2.16%
1920AM	04/06/2020	1547	4.98%	I_VR_5222D	23/01/2023	2071	7.82%
2220M	25/06/2020	1662	1.81%	I_VR_0323T	13/02/2023	2267	21.26%
2520P	16/07/2020	1485	1.21%	I_VR_0623C	06/03/2023	1848	9.25%
2820L	06/08/2020	1790	2.79%				

Tabella 15: Tasso di mortalità nel ciclo di svezzamento dei lotti provenienti da Villa rosa dal 2018 al 2023

Nella *Tabella 16*, invece, sono riportati i tassi di mortalità per ogni lotto relativi al ciclo di ingrasso.

Lot	WeaningDate	WeanedNr	Mortalità	Lot	WeaningDate	WeanedNr	Mortalità
4917D	04/01/2018	1761	0.00%	2820L	06/08/2020	1740	6.09%
5217D	25/01/2018	1702	0.00%	3120L	27/08/2020	1643	13.33%
0318T	15/02/2018	1805	0.00%	3420E	17/09/2020	1776	5.91%
0618T	08/03/2018	1842	0.00%	3720ES	08/10/2020	1833	9.27%
0918C	29/03/2018	1869	2.30%	4020SR	29/10/2020	1827	8.10%
1218B	19/04/2018	1777	4.00%	4320R	19/11/2020	1786	7.95%
1518A	10/05/2018	1778	2.87%	4620H	10/12/2020	1560	6.22%
1818AM	31/05/2018	1854	1.62%	4920HD	31/12/2020	1564	4.03%
2118M	21/06/2018	1864	0.00%	5220D	21/01/2021	1721	2.09%
2418P	12/07/2018	1819	0.00%	0221T	11/02/2021	1555	4.31%
2718PL	02/08/2018	1649	0.00%	0521TC	04/03/2021	1752	2.91%
3018L	23/08/2018	1788	5.44%	0821C	25/03/2021	1633	2.69%
3318E	13/09/2018	1750	2.51%	1121B	15/04/2021	1670	2.69%
3618ES	04/10/2018	1750	0.00%	1421A	06/05/2021	1435	6.83%
3918S	25/10/2018	1657	1.33%	1721AM	27/05/2021	1850	1.19%
4218R	15/11/2018	1581	1.96%	2021M	17/06/2021	1723	8.71%
4518RH	06/12/2018	1712	0.00%	2321P	08/07/2021	1722	9.41%
4818H	27/12/2018	1611	0.00%	2621PL	29/07/2021	1647	10.32%
5118D	17/01/2019	1380	0.00%	2921L	19/08/2021	1681	11.01%
0219T	07/02/2019	956	0.00%	3221E	09/09/2021	1804	8.20%
0519TC	28/02/2019	1228	0.00%	3521ES	30/09/2021	1759	16.71%
0819C	21/03/2019	1536	3.71%	3821S	21/10/2021	1638	10.44%
1119B	11/04/2019	1639	1.65%	4121R	08/11/2021	1973	9.83%
1419BA	02/05/2019	1532	0.00%	4421H	29/11/2021	1700	18.00%
1719A	23/05/2019	1572	2.61%	4721H	20/12/2021	1859	17.70%
2019M	13/06/2019	1868	4.71%	5021D	10/01/2022	1525	15.61%
2319MP	04/07/2019	1885	2.44%	0122T	31/01/2022	1660	8.73%
2619P	25/07/2019	1854	0.22%	0422T	21/02/2022	1403	19.39%
2919L	14/08/2019	1879	0.53%	0722C	14/03/2022	868	12.10%
3219E	05/09/2019	1943	2.16%	1022B	04/04/2022	1220	12.79%
3519E	26/09/2019	1911	1.15%	1322BA	25/04/2022	1209	9.43%
3819S	17/10/2019	1747	7.38%	1622A	16/05/2022	1196	7.02%
4119R	07/11/2019	1841	3.10%	I_VR_1922M	06/06/2022	1334	7.50%
4719H	19/12/2019	1763	7.03%	I_VR_2222MP	27/06/2022	1558	11.87%
5019D	09/01/2020	1749	6.75%	I_VR_2522P	18/07/2022	1849	6.65%
0120DT	30/01/2020	1625	4.74%	I_VR_2822L	08/08/2022	1670	7.25%
0420T	17/02/2020	1585	6.88%	I_VR_3122LE	29/08/2022	2027	10.11%
0720C	12/03/2020	1281	4.14%	I_VR_3422E	19/09/2022	1523	5.98%
1020CB	02/04/2020	1114	4.94%	I_VR_3722S	10/10/2022	1655	9.18%
1320B	23/04/2020	1602	4.37%	I_VR_4022SR	31/10/2022	1652	8.90%
1620A	14/05/2020	1744	5.22%	I_VR_4322R	21/11/2022	1844	3.31%
1920AM	04/06/2020	1470	8.57%	I_VR_4622H	12/12/2022	1808	6.03%
2220M	25/06/2020	1632	3.13%	I_VR_4922DH	02/01/2023	1674	6.33%
2520P	16/07/2020	1467	5.79%				

Tabella 16: Tasso di mortalità nel ciclo di ingrasso dei lotti provenienti da Villa rosa dal 2018 al 2023

La media del tasso di mortalità del ciclo di svezzamento è pari a 8.46 % e la deviazione standard campionaria è pari a 7.05 %. Invece, per quanto riguarda il ciclo di ingrasso, la media è pari a 5.57% con una deviazione standard campionaria pari a 4.71 %.

La grande variabilità è causata da fattori esogeni quali la diffusione del virus della PRRS e, quindi, diventa necessario sviluppare una classificazione dei lotti di modo da effettuare un'analisi più accurata e valutare successivamente quale sia il tasso di mortalità atteso nei vari cicli di vita del suino.

L'obiettivo è quello di ridurre il più possibile la variabilità del tasso di mortalità, andando a selezionare un campione ristretto rispetto a quello di partenza in cui il tasso di mortalità non sia condizionato da infezioni derivanti dal virus della PRRS. Nel paragrafo successivo è presentata una possibile costruzione del nuovo campione rappresentativo e sono discussi i nuovi risultati ottenuti.

2.2.3 Analisi tasso di mortalità con campione ridotto

Come precedentemente anticipato, l'obiettivo è quello di costruire un nuovo campione a partire da quello di partenza, in modo da eliminare possibili condizionamenti legati a fattori esogeni per abbassare la variabilità.

L'idea è quella di suddividere i lotti in base all'anno di svezzamento. Sono così create delle classi per ogni anno a partire dal 2018.

I risultati sono riassunti nella *Tabella 17*, in cui per ogni anno, viene calcolata la media del tasso di mortalità e la deviazione standard campionaria.

	Media	Deviazione standard campionaria
2018	5.56%	1.66%
2019	12.43%	8.36%
2020	12.76%	4.85%
2021	14.16%	7.32%
2022-2023	20.62%	9.74%

Tabella 17: Media e deviazione standard annuale del tasso di mortalità

È stata eseguita la stessa valutazione anche nei cicli di svezzamento e ingrasso. I risultati sono presentati nella *Tabella 18* e nella *Tabella 19*.

SVEZZAMENTO	Media	Deviazione standard campionaria
2018	4.68%	1.39%
2019	9.81%	9.29%
2020	6.74%	5.44%
2021	6.36%	3.96%
2022-2023	13.83%	7.84%

Tabella 18: Media e deviazione standard annuale del tasso di mortalità nel ciclo di svezzamento

INGRASSO	Media	Deviazione standard campionaria
2018	0.92%	1.30%
2019	2.77%	3.04%
2020	6.41%	2.42%
2021	8.41%	5.43%
2022-2023	9.34%	8.99%

Tabella 19: Media e deviazione standard annuale del tasso di mortalità nel ciclo di ingrasso

La scelta di creare una classe sola per gli anni 2022 e 2023 è dovuta al fatto che i lotti con data di svezzamento nell'anno 2023 erano relativamente pochi e, quindi, è stato deciso di accorparli insieme ai lotti con data di svezzamento nel 2022.

Come si nota dalle tabelle, il tasso di mortalità è costantemente cresciuto dal 2018 al 2023. La variabilità risulta sempre molto alta, ad eccezione dell'anno 2018.

Nell'anno 2018, oltretutto, il tasso di mortalità è più basso in relazione agli anni successivi. Questo è dovuto dal fatto che, in tale anno, gli allevamenti non erano stati ancora colpiti dal virus della PRSS e, quindi, mostravano un tasso di mortalità ridotto.

Questa situazione permette di usare i lotti del 2018 come benchmark per lo studio sul tasso di mortalità.

La criticità maggiore deriva dalla numerosità del campione, che sarebbe alquanto ridotta rispetto al campione di partenza. Per svolgere un'analisi maggiormente strutturata diventa necessario aumentare la numerosità del campione. Per fare ciò, sono ammessi all'interno del campione tutti i lotti con un tasso di mortalità uguale o inferiore a quello massimo dell'anno 2018 pari a 8.48% del lotto 1218B.

Sono quindi inseriti all'interno del nuovo campione tutti i lotti degli anni successivi che presentano un tasso di mortalità inferiore al 8.48%.

Nella *Tabella 20* sono inseriti tutti i lotti selezionati con la data di svezzamento e il relativo tasso di mortalità.

Lot	WeaningDate	WeanedNr	Tasso di mortalità
4917D	04/01/2018	1826	3.56%
5217D	25/01/2018	1777	4.22%
0318T	15/02/2018	1887	4.35%
0618T	08/03/2018	1997	7.76%
0918C	29/03/2018	1973	7.45%
1218B	19/04/2018	1864	8.48%
1518A	10/05/2018	1857	7.00%
1818AM	31/05/2018	1924	5.20%
2118M	21/06/2018	1945	4.16%
2418P	12/07/2018	1948	6.62%
2718PL	02/08/2018	1714	3.79%
3018L	23/08/2018	1850	3.35%
3318E	13/09/2018	1811	5.80%
3618ES	04/10/2018	1839	4.84%
3918S	25/10/2018	1737	5.87%
4218R	15/11/2018	1647	5.89%
4518RH	06/12/2018	1780	3.82%
4818H	27/12/2018	1750	7.94%
1119B	11/04/2019	1760	8.41%
2319MP	04/07/2019	1975	6.89%
2619P	25/07/2019	2007	7.82%
2919L	14/08/2019	2005	6.78%
3219E	05/09/2019	2064	7.90%
3519E	26/09/2019	1960	3.62%
4119R	07/11/2019	1919	7.03%
2220M	25/06/2020	1662	4.87%
2520P	16/07/2020	1485	6.94%
3420E	17/09/2020	1823	8.34%
0221T	11/02/2021	1615	7.86%
0521TC	04/03/2021	1815	6.28%
0821C	25/03/2021	1697	6.36%
1121B	15/04/2021	1717	5.36%
1721AM	27/05/2021	1890	3.28%

Tabella 20: Tasso di mortalità dei lotti appartenenti al campione ridotto

Il campione finale contiene al suo interno trentatré lotti e presenta un tasso di mortalità medio pari a 6 % con una deviazione standard campionaria pari a 1.68 %.

Dal campione sono stati esclusi tre lotti, anche se il tasso di mortalità rientra all'interno del range, in quanto non avevano ancora terminato il ciclo di ingrasso.

Nella *Tabella 21* sono, invece, rappresentati i tassi di mortalità relativi al ciclo di svezzamento e al ciclo di ingrasso.

Lot	WeaningDate	WeanedNr	Tasso Mortalità Svezzamento	Tasso mortalità Ingrasso
4917D	04/01/2018	1826	3.56%	0.00%
5217D	25/01/2018	1777	4.22%	0.00%
0318T	15/02/2018	1887	4.35%	0.00%
0618T	08/03/2018	1997	7.76%	0.00%
0918C	29/03/2018	1973	5.27%	2.30%
1218B	19/04/2018	1864	4.67%	4.00%
1518A	10/05/2018	1857	4.25%	2.87%
1818AM	31/05/2018	1924	3.64%	1.62%
2118M	21/06/2018	1945	4.16%	0.00%
2418P	12/07/2018	1948	6.62%	0.00%
2718PL	02/08/2018	1714	3.79%	0.00%
3018L	23/08/2018	1850	3.35%	5.44%
3318E	13/09/2018	1811	3.37%	2.51%
3618ES	04/10/2018	1839	4.84%	0.00%
3918S	25/10/2018	1737	4.61%	1.33%
4218R	15/11/2018	1647	4.01%	1.96%
4518RH	06/12/2018	1780	3.82%	0.00%
4818H	27/12/2018	1750	7.94%	0.00%
1119B	11/04/2019	1760	6.88%	1.65%
2319MP	04/07/2019	1975	4.56%	2.44%
2619P	25/07/2019	2007	7.62%	0.22%
2919L	14/08/2019	2005	6.28%	0.53%
3219E	05/09/2019	2064	5.86%	2.16%
3519E	26/09/2019	1960	2.50%	1.15%
4119R	07/11/2019	1919	4.06%	3.10%
2220M	25/06/2020	1662	1.81%	3.13%
2520P	16/07/2020	1485	1.21%	5.79%
3420E	17/09/2020	1823	2.58%	5.91%
0221T	11/02/2021	1615	3.72%	4.31%
0521TC	04/03/2021	1815	3.47%	2.91%
0821C	25/03/2021	1697	3.77%	2.69%
1121B	15/04/2021	1717	2.74%	2.69%
1721AM	27/05/2021	1890	2.12%	1.19%

Tabella 21: Tasso di mortalità nei cicli di svezzamento ed ingrasso dei lotti appartenenti al campione ridotto

La media e la deviazione standard campionaria relative al ciclo di svezzamento sono pari, rispettivamente, a 4.35 % e 1.68 %. Invece, per quanto riguarda il ciclo di ingrasso, la media è pari a 1.88 % e la deviazione standard campionaria è pari a 1.80 %.

Come era evidente aspettarsi, se viene fatto un confronto con il primo campione costruito si nota come si sia ridotta notevolmente la media del tasso di mortalità e la variabilità.

2.2.3.1 Test di ipotesi sulle varianze

Per essere sicuri che effettivamente i tassi di mortalità dei due cicli siano statisticamente diversi e quindi si possa affermare che il tasso di mortalità segue distribuzioni differenti per quanto riguarda i due cicli è necessario eseguire un test di ipotesi. In particolare, i test di ipotesi da eseguire sono due: uno per l'uguaglianza delle varianze e uno relativo all'uguaglianza delle medie. Per effettuare il test di ipotesi è però necessario che il nostro campione rappresentativo provenga da una distribuzione normale [9].

Per poter affermare che i dati provengono da una distribuzione normale si effettua il test di Shapiro-Wilk. Il test di Shapiro-Wilk è un test molto potente se utilizzato con un campione ridotto con numerosità inferiore alle centinaia di elementi.

Sostanzialmente, si effettua un test di ipotesi in cui, l'ipotesi nulla è che i dati in ingresso possano essere considerati derivanti da una distribuzione normale, mentre l'ipotesi alternativa è che i dati non seguano una distribuzione normale.

Per sviluppare il test è calcolata la statistica W [10].

$$W = \frac{(\sum_{i=1}^n a_i x_i)^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (2.1)$$

È eseguito un rapporto tra due stimatori della varianza σ^2 . Più la statistica W si avvicina al valore uno più è forte l'assunzione di normalità dei dati.

Per valutare se si può rifiutare l'ipotesi nulla si ricorre ad apposite tabelle in cui si confronta il valore della statistica W e il valore di riferimento, in base alla numerosità del campione e al livello di significatività α definito.

Attraverso l'utilizzo di programmi specifici è possibile derivare il p-value relativo al test d'ipotesi. Il p-value è definito in statistica come il livello di significatività osservata e rappresenta la probabilità di ottenere risultati uguali a quelli osservati durante il test supponendo vera l'ipotesi nulla. Esso è utilizzato in coppia con il livello di significatività α definito precedentemente. Se il valore del p-value è maggiore del valore α , allora non sarà possibile rifiutare l'ipotesi nulla, mentre se è minore vale la considerazione opposta.

Nel lavoro viene fissato un livello di significatività α pari al 5%.

Per i tassi di mortalità nel ciclo di svezzamento, dei lotti all'interno del campione selezionato in *Tabella 21*, si ottiene un valore di W pari a 0.9423 e un p-value associato al test pari al 7,93%. Quindi, dato che il valore del p-value è maggiore del livello di significatività α , non può essere rifiutata l'ipotesi nulla e i dati a disposizione possono essere considerati normalmente distribuiti.

Lo stesso procedimento è svolto anche per quanto riguarda i tassi di mortalità nel ciclo di ingrasso dei campioni in *Tabella 21*. In particolare, si ottiene un valore di W pari a 0.9308 e un valore di p-value associato al test pari al 7,23%. Dai risultati evidenziati dal test non è quindi possibile rifiutare l'ipotesi nulla e i dati a disposizione possono quindi essere considerati normalmente distribuiti.

Indichiamo con:

- σ_1^2 la varianza del tasso di mortalità nel ciclo di svezzamento della popolazione,
- σ_2^2 la varianza del tasso di mortalità nel ciclo di ingrasso della popolazione,
- S_1^2 la varianza campionaria relativa al ciclo di svezzamento,
- S_2^2 la varianza campionaria relativa al ciclo di ingrasso,
- X_{1i} l'i-esimo elemento del campione relativo al ciclo di svezzamento,
- X_{2i} l'i-esimo elemento del campione relativo al ciclo di ingrasso,
- \bar{X}_1 la media campionaria relativa al campione del ciclo di svezzamento,
- \bar{X}_2 la media campionaria relativa al campione del ciclo di ingrasso,
- n_1 la numerosità campionaria relativa al ciclo di svezzamento,
- n_2 la numerosità campionaria relativa al ciclo di ingrasso.

La varianza campionaria è calcolata nel seguente modo:

$$S_n^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X}_n)^2 \quad (2.2)$$

La media campionaria è invece calcolata come:

$$\bar{X}_n = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \quad (2.3)$$

Dopo aver eseguito i calcoli otteniamo:

- $S_1^2 = 0.028\%$
- $S_2^2 = 0.032\%$
- $\bar{X}_1 = 4.35\%$
- $\bar{X}_2 = 1.88\%$
- $n_1 = 33$
- $n_2 = 33$

Il test di ipotesi valuta l'uguaglianza statistica delle varianze [9]. L'ipotesi nulla H_0 afferma che le varianze dei rispettivi cicli di svezzamento e ingrasso possono considerarsi uguali; l'ipotesi alternativa H_1 invece afferma l'opposto.

$$\begin{cases} H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2 \\ H_1: \sigma_1^2 \neq \sigma_2^2 \end{cases} \quad (2.4)$$

La forma equivalente dell'ipotesi nulla è $H_0: \frac{\sigma_1^2}{\sigma_2^2} = 1$. La statistica da utilizzare trattandosi di un rapporto tra varianze è la F di Fisher [9].

$$F = \frac{\frac{S_1^2}{\sigma_1^2}}{\frac{S_2^2}{\sigma_2^2}} \quad (2.5)$$

La statistica diventa:

$$F = \frac{S_1^2}{S_2^2} \quad (2.6)$$

L'ipotesi nulla è da rifiutare se $F_{calc} > F_{n_1-1, n_2-1, 1-\alpha/2}$ oppure $F_{calc} < F_{n_1-1, n_2-1, \alpha/2}$.
Viene utilizzato $\alpha = 5\%$.

Si calcola F_{calc} a partire da 2.6

$$F_{calc} = \frac{0.028\%}{0.032\%} = 0.875$$

Dalle tavole relative alla distribuzione di Fisher si ricava:

$$F_{32, 32, 0,975} = 2.07$$

$$F_{32, 32, 0,025} = \frac{1}{F_{32, 32, 0,975}} = 1/2.07 = 0.48$$

F_{calc} ricade quindi all'interno dell'intervallo (0.48, 2.07), non possiamo quindi rifiutare l'ipotesi nulla. La differenza tra le due stime della varianza non è quindi significativa ad un livello $\alpha = 0,05$.

2.2.3.2 Test di ipotesi sulle medie

Il test di ipotesi sulle varianze ha evidenziato come non si possa rifiutare l'ipotesi nulla con un livello di significatività pari al 5%. Adesso è necessario eseguire un test di ipotesi sulle medie in cui le varianze sono sconosciute ma possono ritenersi uguali. Nel caso in cui anche per questo test l'ipotesi nulla non potesse essere rifiutata allora, le distribuzioni relative al tasso di mortalità nei due cicli non si potrebbero considerare differenti. Vale anche per questo test il requisito di normalità dei dati di partenza dimostrato nel paragrafo 2.2.3.1.

Il test di ipotesi si sviluppa nel seguente modo:

$$\begin{cases} H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0 \\ H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0 \end{cases} \quad (2.7)$$

L'ipotesi nulla viene testata con la statistica T che segue la distribuzione t di Student [9].

$$T = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{S_{pool} \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}} \quad (2.8)$$

Dove,

$$S_{pool}^2 = \frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{n_1 + n_2 - 2} \quad (2.9)$$

L'ipotesi nulla viene rifiutata se $t_{calc} > t_{n_1+n_2-2, 1-\alpha/2}$ oppure se

$$t_{calc} < -t_{n_1+n_2-2, 1-\alpha/2}.$$

Si utilizza un valore di α pari al 5 %.

È quindi calcolata la S_{pool}^2 a partire dalla 2.9,

$$S_{pool}^2 = \frac{(33 - 1)0.00028 + (33 - 1)0.00032}{33 + 33 - 2}$$

$$S_{pool}^2 = 0.0003$$

$$S_{pool} = 0.0173$$

È calcolata quindi la statistica a partire dalla 2.8,

$$t_{calc} = \frac{0.0435 - 0.0188}{0.0173 \sqrt{\frac{1}{33} + \frac{1}{33}}}$$

$$t_{calc} = 5.8$$

Mentre dalle tavole relative alla distribuzione t di Student ricaviamo:

$$t_{64, 0,975} = 1.960$$

Dato che la distribuzione di Student è simmetrica rispetto al valore $t = 0$ allora,

$$-t_{64, 0,975} = -1.960$$

Dato che t_{calc} risulta maggiore di 1.960 l'ipotesi nulla di uguaglianza delle medie è rifiutata con un livello di significatività pari al 5 %.

Come ci si poteva aspettare le due distribuzioni relative al tasso di mortalità nei due cicli sono da considerarsi differenti. Con buona confidenza nel ciclo di svezzamento la media della distribuzione delle morti della popolazione è superiore alla media della distribuzione delle morti della popolazione nel ciclo di ingrasso.

2.2.3.3 Intervalli di fiducia per media

L'analisi prosegue con l'obiettivo di stimare, con una certa probabilità, a partire dal campione rappresentativo, un intervallo di fiducia in cui all'interno vi sia la media del tasso di mortalità della popolazione. L'intervallo di fiducia sarà sviluppato sia per il ciclo di svezzamento che per il ciclo di ingrasso.

In poche parole sarà necessario trovare i limiti dell'intervallo in modo che:

$$\mathbb{P} [L_i < \mu < L_s] = 1 - \alpha \quad (2.10)$$

L_i identifica il limite inferiore dell'intervallo di fiducia, mentre L_s il limite superiore.

La media della distribuzione della popolazione è invece rappresentata con μ .

La quantità $1 - \alpha$ è definita come livello di fiducia.

Gli intervalli di fiducia vengono costruiti partendo dal requisito precedentemente dimostrato che la distribuzione della popolazione segua una normale.

Dato che la varianza della distribuzione non ci è nota utilizzeremo anche in questo caso la varianza campionaria S [9].

È quindi calcolata la variabile casuale T di Student nel seguente modo:

$$T = \frac{\bar{X}_n - \mu}{S_n / \sqrt{n}} \quad (2.11)$$

Riprendendo la 2.10 si inseriscono al posto dei limiti i quantili della distribuzione di Student $t_{n-1, 1-\alpha/2}$ e $-t_{n-1, 1-\alpha/2}$.

Inserendo tali quantili all'interno della 2.10 e sostituendo la media della popolazione con la statistica T otteniamo.

$$\mathbb{P} [-t_{n-1, 1-\alpha/2} < \frac{\bar{X}_n - \mu}{S_n / \sqrt{n}} < t_{n-1, 1-\alpha/2}] = 1 - \alpha \quad (2.12)$$

Attraverso semplici passaggi dalla 2.12 si ottiene:

$$\mathbb{P} \left[\bar{X}_n - t_{n-1, 1-\alpha/2} \frac{S_n}{\sqrt{n}} < \mu < \bar{X}_n + t_{n-1, 1-\alpha/2} \frac{S_n}{\sqrt{n}} \right] = 1 - \alpha \quad (2.13)$$

I limiti dell'intervallo di fiducia sono:

$$(L_i, L_s) = \left(\bar{X}_n - t_{n-1, 1-\alpha/2} \frac{S_n}{\sqrt{n}}, \bar{X}_n + t_{n-1, 1-\alpha/2} \frac{S_n}{\sqrt{n}} \right) \quad (2.14)$$

Spiegato il procedimento per il calcolo dei limiti sono inseriti i valori all'interno della 2.14 scegliendo un α pari al 5%:

- $t_{32, 0,975} = 2.037$
- $-t_{32, 0,975} = -2.037$

Per quanto riguarda il ciclo di svezzamento i limiti sono pari a:

$$(L_i, L_s) = \left(0.0435 - 2.037 \left(\frac{0.0168}{\sqrt{33}} \right), 0.0435 + 2.037 \left(\frac{0.0168}{\sqrt{33}} \right) \right)$$

Svolgendo i calcoli si ottiene:

$$(L_i, L_s) = (0.0375, 0.0495) = (3.75\%, 4.95\%)$$

Per il ciclo di ingrasso invece:

$$(L_i, L_s) = \left(0.0188 - 2.037 \left(\frac{0.0180}{\sqrt{33}} \right), 0.0188 + 2.037 \left(\frac{0.0180}{\sqrt{33}} \right) \right)$$

Svolgendo i calcoli si ottiene:

$$(L_i, L_s) = (0.0124, 0.0252) = (1.24\%, 2.52\%)$$

Infine, per considerando il ciclo di vita totale:

$$(L_i, L_s) = \left(0.06 - 2.037 \left(\frac{0.0168}{\sqrt{33}} \right), 0.06 + 2.037 \left(\frac{0.0168}{\sqrt{33}} \right) \right)$$

Svolgendo i calcoli si ottiene:

$$(L_i, L_s) = (0.054, 0.066) = (5.4\%, 6.6\%)$$

In sintesi, con un livello di fiducia del 95% si afferma che:

- La media della distribuzione del tasso di mortalità nel ciclo di svezzamento della popolazione è compresa tra il 3.75 % e il 4.95 %.

- La media della distribuzione del tasso di mortalità nel ciclo di ingrasso della popolazione è compresa tra l'1.24 % e il 2.52 %.
- La media della distribuzione del tasso di mortalità lungo tutto il ciclo di vita della popolazione è compresa tra l'5.4 % e il 6.6 %.

Si sottolinea che i risultati ottenuti dallo studio sono condizionati dalla scelta del campione. Nel nostro caso il campione selezionato comprendeva solo lotti che non sono stati colpiti dal virus della PRRS. Il lavoro evidenzia quindi quale possa essere il tasso di mortalità in una situazione ottimale in cui gli allevamenti non sono colpiti da infezioni diffuse.

2.2.3.3 Intervalli di fiducia per varianza

Seguendo la stessa logica utilizzata per la costruzione dei limiti per la media, sono calcolati gli intervalli di fiducia per la varianza.

Per sviluppare lo studio si definisce inizialmente la variabile casuale:

$$V = (n - 1) \frac{S^2}{\sigma^2} = \sum_{i=1}^n \left(\frac{X_i - \bar{X}_n}{\sigma} \right)^2 \quad (2.15)$$

La variabile casuale V segue la distribuzione chi-quadrato χ^2 con $n - 1$ gradi di libertà [9].

Per la costruzione dei limiti di fiducia si parte da:

$$\mathbb{P} \left[\chi^2_{n-1, \alpha/2} < (n - 1) \frac{S^2}{\sigma^2} < \chi^2_{n-1, 1 - \alpha/2} \right] = 1 - \alpha \quad (2.16)$$

Con $\chi^2_{n-1, \alpha/2}$ e $\chi^2_{n-1, 1 - \alpha/2}$ sono rappresentati i quantili per cui l'area sottesa alla loro sinistra della distribuzione χ^2 e pari a rispettivamente $\alpha/2$ e $1 - \alpha/2$.

Attraverso alcuni passaggi matematici dalla 2.16 si ottiene:

$$\mathbb{P} \left[\frac{(n - 1)S^2}{\chi^2_{n-1, \alpha/2}} < \sigma^2 < \frac{(n - 1)S^2}{\chi^2_{n-1, 1 - \alpha/2}} \right] = 1 - \alpha \quad (2.17)$$

Con un livello di fiducia pari a $1 - \alpha$ si può affermare che la varianza della popolazione è contenuta all'interno dei seguenti limiti:

$$(Li, Ls) = \left(\frac{(n - 1)S^2}{\chi^2_{n-1, 1 - \alpha/2}}, \frac{(n - 1)S^2}{\chi^2_{n-1, \alpha/2}} \right) \quad (2.18)$$

Nello studio è considerato un valore di α pari al 5%.

I quantili sono quindi pari a:

$$\chi^2_{32,0.975} = 49.480,$$

$$\chi^2_{32,0.025} = 18.291$$

Andando ad inserire i valori provenienti dal campione rappresentativo i limiti relativi alla varianza per il ciclo di svezzamento sono pari a:

$$(Li, Ls) = (0.018 \%, 0.049 \%)$$

I limiti relativi alla varianza per il ciclo di ingrasso sono pari a:

$$(Li, Ls) = (0.021 \%, 0.056 \%)$$

I limiti relativi alla varianza per il ciclo totale sono pari a:

$$(Li, Ls) = (0.018 \%, 0.049 \%)$$

In *Tabella 22* sono riassunti tutti i limiti relativi alla media e deviazione standard del ciclo di svezzamento e ingrasso.

	Intervalli di fiducia della media	Intervalli di fiducia della deviazione standard
Svezzamento	(3.75%, 4.95%)	(1.34%, 2.21%)
Ingrasso	(1.24%, 2.52%)	(1.45%, 2.37%)
Ciclo totale	(5.4%, 6.6%)	(1.34%, 2.21%)

Tabella 22: limiti di fiducia per la media e deviazione standard dei cicli di svezzamento ed ingrasso e del ciclo di vita totale

2.2.4 Stima delle distribuzioni cumulate

A partire dai risultati evidenziati dalla *Tabella 22*, sono costruite per ogni ciclo (svezzamento, ingrasso, totale) quattro distribuzioni cumulative normali (Φ_{μ,σ^2}). Per la loro costruzione sono stati presi i valori alle estremità dei rispettivi intervalli legati alla media e alla deviazione standard.

L'obiettivo del lavoro è di stimare in maniera approssimativa le probabilità cumulate legate al tasso di mortalità nei vari cicli. Non conoscendo con precisione le distribuzioni cumulate normali legate al tasso di mortalità dei suini nei lotti durante il periodo di svezzamento e

ingrasso, l'unico approccio possibile è quello di definire un range in cui all'interno si trovi la distribuzione cumulata originale. A partire dal fatto che ogni distribuzione cumulata normale è caratterizzata univocamente dalla media μ e dalla deviazione standard σ [9], si costruiscono quattro distribuzioni cumulate a partire dai risultati in *Tabella 19*. Sostanzialmente si costruiscono quattro coppie μ, σ . Ogni coppia identifica una distribuzione cumulata normale. Prendendo per esempio il valore massimo dell'intervallo della media per il ciclo di svezzamento (*Tabella 22*) pari a 4.95%, e i valori estremi della deviazione standard pari a 1.34% e 2.21% si costruiscono due distribuzioni cumulate normali. All'interno della regione delimitata dalle due curve passano tutte le distribuzioni cumulate normali con media pari a 4,95% e deviazione standard compresa nell'intervallo [1.34%, 2.21%]. Lo stesso procedimento viene applicato per quanto riguarda il valore minimo dell'intervallo della media per il ciclo di svezzamento (*Tabella 22*), pari a 3.75%. Le curve costruite sono quindi in totale quattro. Per ogni valore della variabile casuale è preso il valore massimo e minimo in relazione alle quattro distribuzioni cumulate normali. Il risultato dell'operazione sono due curve; una superiore, che comprende tutti i valori massimi, e una inferiore, che comprende tutti i valori minimi. All'interno dell'area delimitata dalle due curve è presente la distribuzione cumulata normale originale relativa al tasso di mortalità nel ciclo di svezzamento con media all'interno dell'intervallo [3.75%, 4.95%] e deviazione standard compresa nell'intervallo [1.34%, 2.21%].

2.2.4.1 Ciclo di svezzamento

Per quanto riguarda il ciclo di svezzamento le funzioni di distribuzione cumulativa normale sono riportate qui di seguito e rappresentate in *Figura 8*:

- $\Phi_{4.95\%, 2.21\%^2}$
- $\Phi_{4.95\%, 1.34\%^2}$
- $\Phi_{3.75\%, 2.21\%^2}$
- $\Phi_{3.75\%, 1.34\%^2}$

Data la funzione Φ_{μ, σ^2} , il primo pedice (μ) rappresenta la media, mentre il secondo (σ^2) la varianza, nonché la deviazione standard elevata alla seconda.

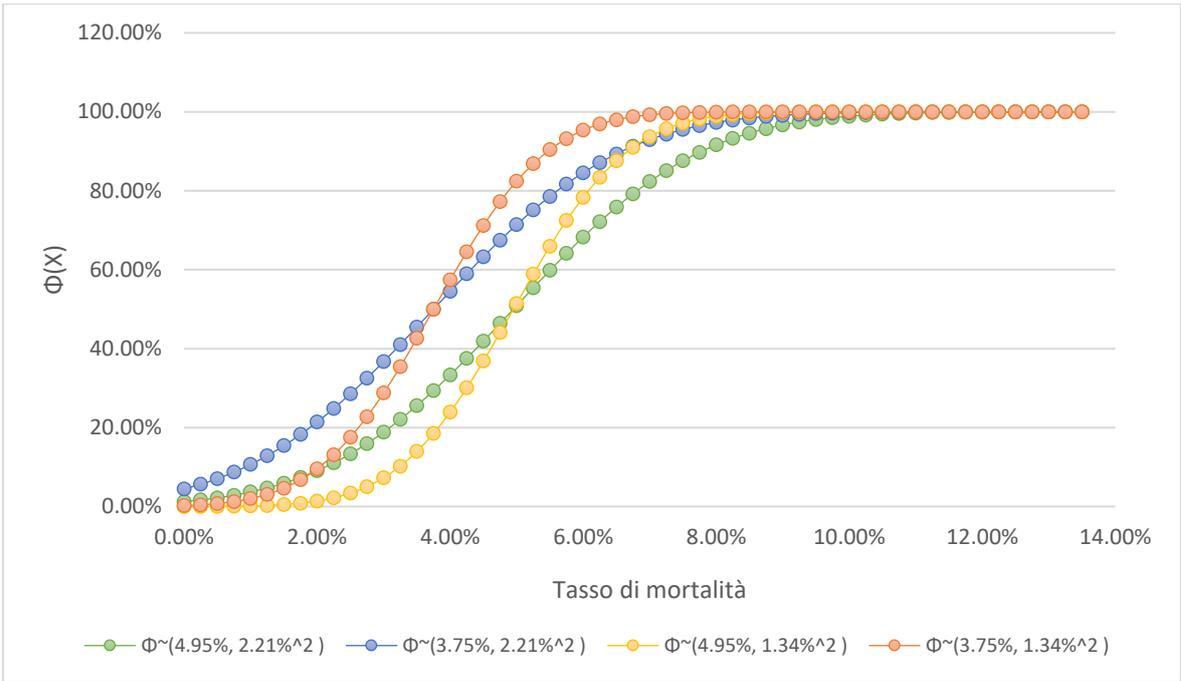


Figura 8: Distribuzioni cumulate normali per il ciclo di svezzamento relative al tasso di mortalità

Dalla Figura 8 si nota come le distribuzioni con stessa deviazione standard abbiano lo stesso andamento e in particolare crescano più velocemente quelle che presentano una variabilità minore. Per ogni valore della variabile casuale X (tasso di mortalità) sono selezionati i punti con valore maggiore e minore relative alle distribuzioni cumulate. Il risultato ottenuto dall'analisi di cui sopra è riportato in Figura 9:

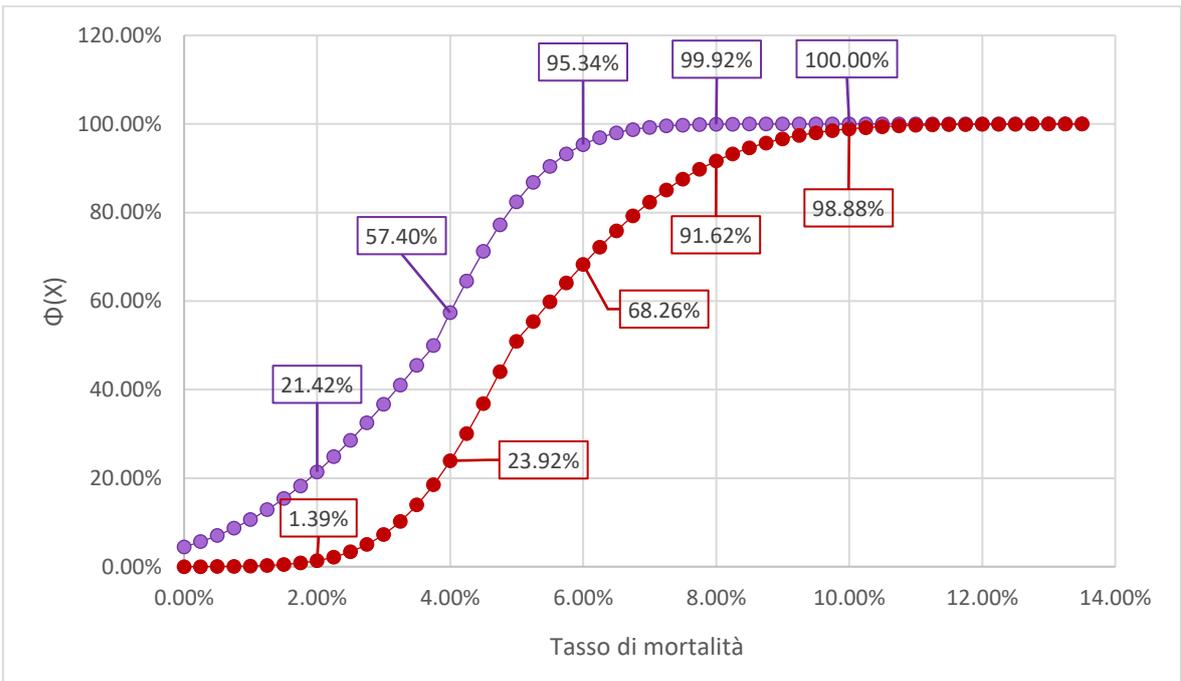


Figura 9: Rappresentazione grafica degli intervalli di probabilità relative al ciclo di svezzamento

Nel dettaglio, vengono evidenziati i seguenti risultati:

- La probabilità che il tasso di mortalità sia inferiore al 4% nel ciclo di svezzamento rientra nell'intervallo (23.92%, 57.40%).
- La probabilità che il tasso di mortalità sia inferiore al 6% nel ciclo di svezzamento rientra nell'intervallo (68.26%, 95.34%).
- La probabilità che il tasso di mortalità sia inferiore al 8% nel ciclo di svezzamento rientra nell'intervallo (91.62%, 99.92%).

2.2.4.2 Ciclo di ingrasso

Relativamente al ciclo di ingrasso, le distribuzioni cumulative normali definite sono le seguenti, rappresentate in *Figura 10*:

- $\Phi_{1.24\%, 1.45\%^2}$
- $\Phi_{1.24\%, 2.37\%^2}$
- $\Phi_{2.52\%, 1.45\%^2}$
- $\Phi_{2.52\%, 2.37\%^2}$

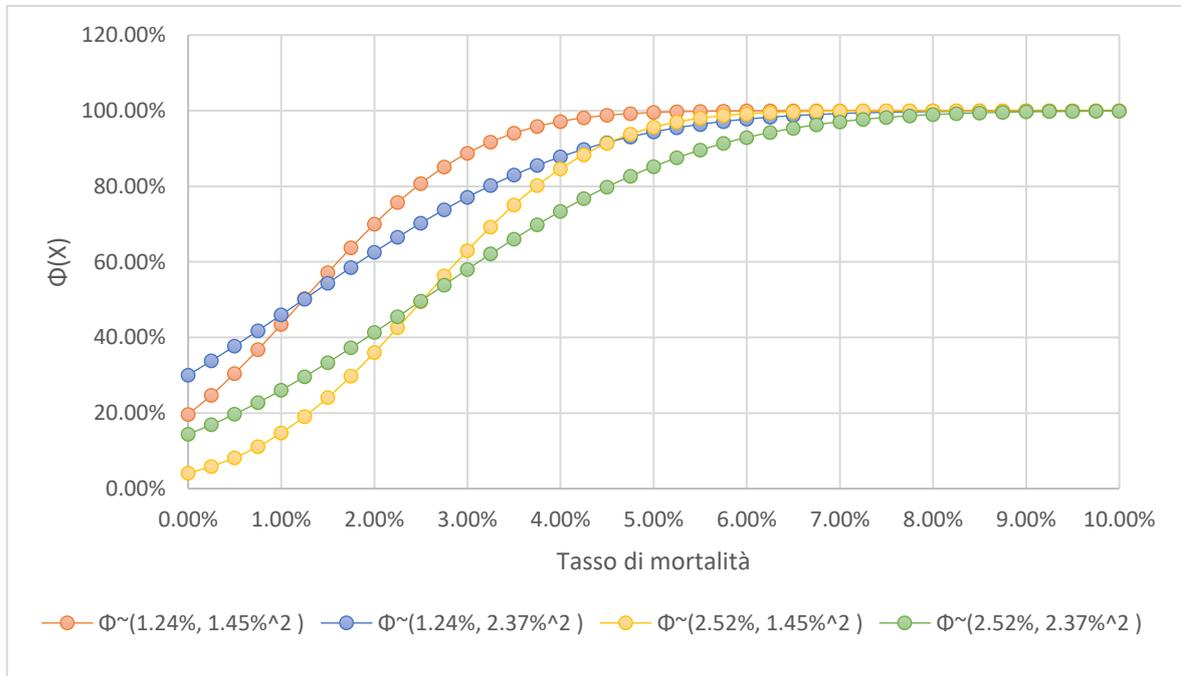


Figura 10: Distribuzioni cumulative normali per il ciclo di ingrasso relative al tasso di mortalità

A partire dai risultati ottenuti in figura si selezionano per ogni valore della variabile casuale X i valori di massimo e minimo relativi alle diverse distribuzioni. L'output dell'analisi è

rappresentato in *Figura 11*.

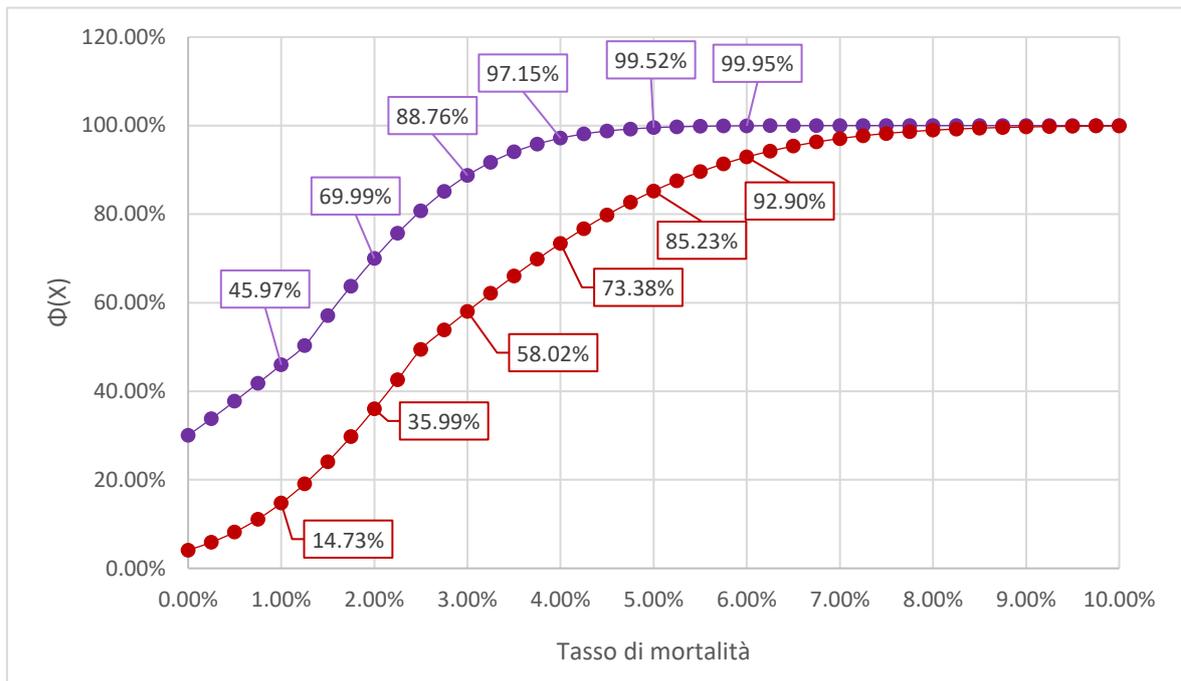


Figura 11: Rappresentazione grafica degli intervalli di probabilità relativi al ciclo di ingrasso

2.2.4.3 Ciclo totale

Relativamente al ciclo di ingrasso, le distribuzioni cumulative normali definite sono le seguenti, rappresentate in *Figura 12*:

- $\Phi_{5.40\%, 1.34\%^2}$
- $\Phi_{5.40\%, 2.21\%^2}$
- $\Phi_{6.60\%, 1.34\%^2}$
- $\Phi_{6.60\%, 2.21\%^2}$

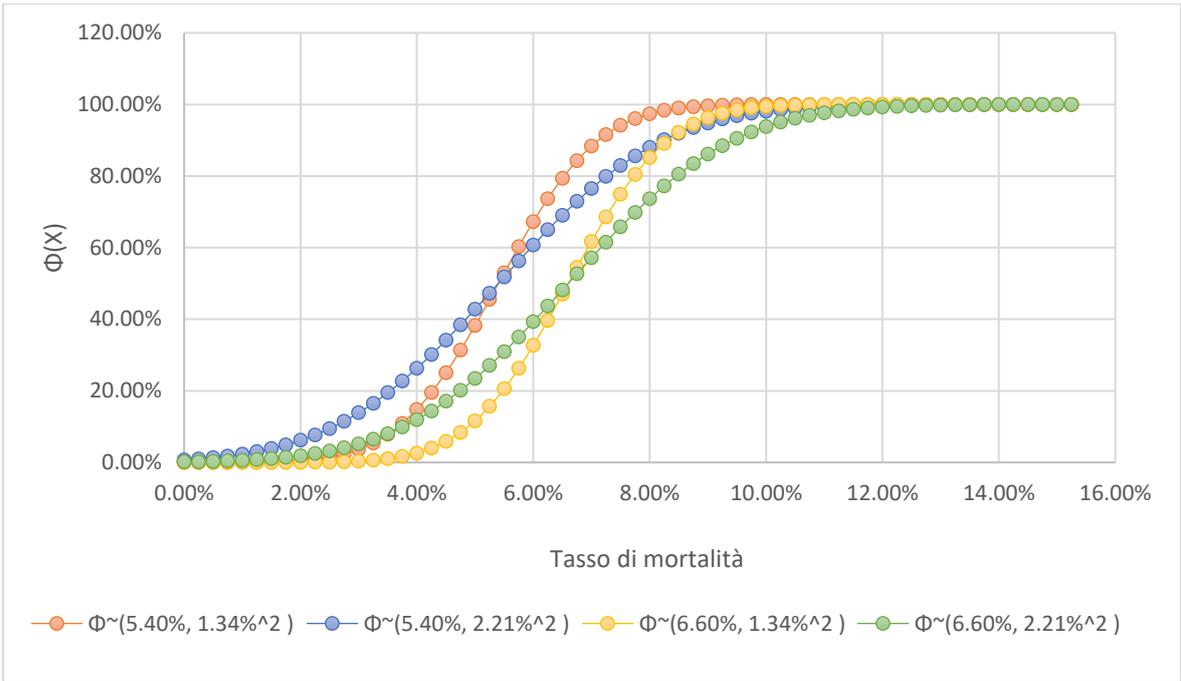


Figura 12: Distribuzioni cumulate normali per il ciclo totale relativo al tasso di mortalità

Come è stato descritto nei paragrafi precedenti, sono infine generati, a partire dalla *Figura 12*, le curve finali con i valori di massimo e minimo derivanti dalle distribuzioni cumulative normali. L'output finale è rappresentato in *Figura 13*, in cui sono evidenziati i principali intervalli di probabilità legati a tassi di mortalità specifici.

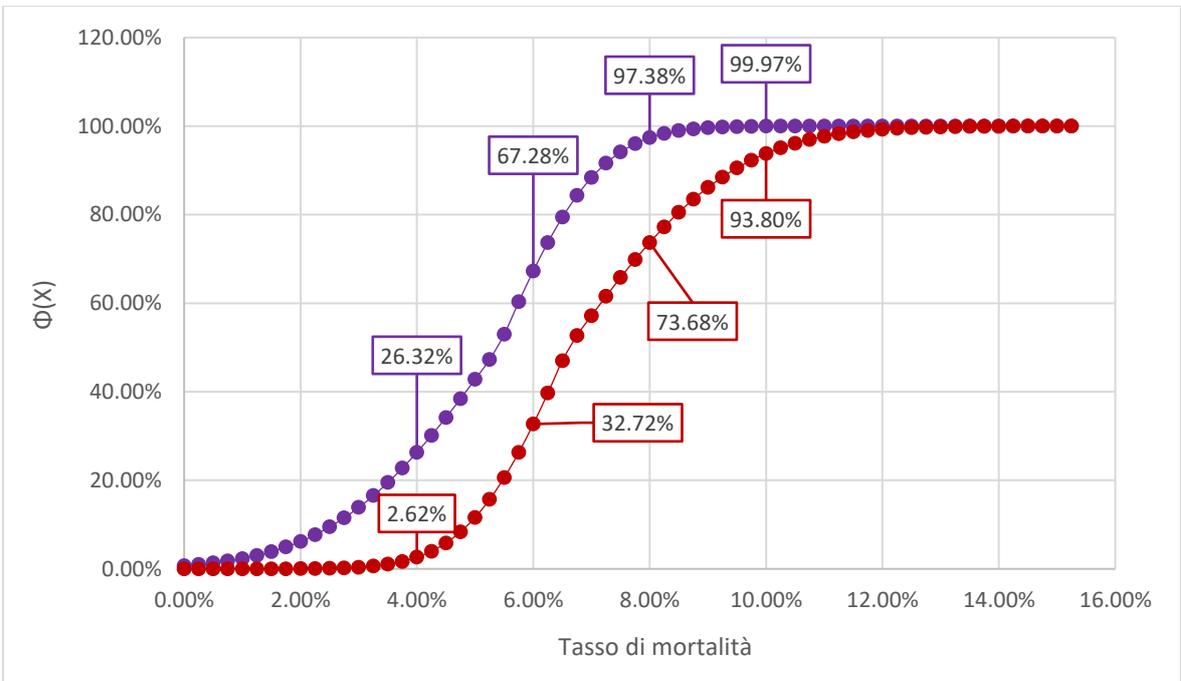


Figura 13: Rappresentazione grafica degli intervalli di probabilità relativi al ciclo totale

2.2.5 Distribuzione settimanale delle morti dei suini

Dopo l'analisi relativa al tasso di mortalità dei vari lotti, nel presente paragrafo l'attenzione si sposta nel valutare come le morti si distribuiscano settimanalmente lungo il ciclo di vita dei suini. La scelta di utilizzare come unità temporale la settimana e non il giorno dipende dal fatto che vi è un condizionamento minore dell'errore umano; infatti, non sempre le morti sono registrate lo stesso giorno in cui avvengono. Oltretutto, possono trascorrere alcuni giorni tra il presentarsi della patologia e la morte. Analizzare l'andamento della mortalità settimanalmente permette di avere una visione più precisa dello stato clinico del lotto. Per contro, il mese sarebbe troppo ampio come intervallo per riuscire a valutare particolari caratteristiche della curva.

Nella parte finale dell'analisi viene sviluppato un modello di previsione della mortalità.

Il primo passo per svolgere l'analisi è quello di costruire un nuovo dataset a partire da quello denominato "Morti Villa Rosa".

L'obiettivo è quello di raggruppare le morti all'interno della stessa settimana per ogni lotto. Attraverso una semplice sottrazione su Excel tra il giorno in cui viene registrata la morte e il giorno di svezzamento (*WeaningDate*) del lotto si ottiene una nuova colonna, in cui per ogni morte registrata, è calcolato il numero di giorni trascorsi dal momento dell'arrivo nell'allevamento di svezzamento. A partire dalle informazioni legate al giorno della mortalità viene creata un'ulteriore colonna, all'interno della quale, sono inserite per ogni morte registrata le settimane in cui è avvenuto il decesso.

Infine, attraverso l'utilizzo di Access, si interroga il nuovo dataset e, attraverso una GROUP BY, per ogni lotto sono sommate le morti avvenute nella stessa settimana.

Le informazioni derivanti dalle morti settimanali sono inserite in una tabella Excel all'interno della quale per ogni settimana è calcolata la proporzione tra le morti avvenute nella specifica settimana e le morti totali del lotto. Infine, si calcola la cumulata per ogni settimana.

Per comprendere l'oggetto dell'analisi è presentata una descrizione analitica della costruzione della variabile di interesse.

Indichiamo con:

- $x_{i,t}$ il numero di suini morti del lotto i -esimo nella settimana t ,
- T_i le morti totali dell' i -esimo lotto.

Allora tramite:

$$R_{i,t} = \frac{x_{i,t}}{T_i} \quad (2.19)$$

si calcola la proporzione di morti dell' i -esimo lotto all'interno della settimana t .

Infine la variabile oggetto di studio è pari a:

$$X_{i,t} = \sum_{t=1}^t R_{i,t} \quad (2.20)$$

che rappresenta come precedentemente affermato la proporzione cumulata di morti fino alla settimana t .

La scelta di utilizzare la proporzione delle morti permette di inserire all'interno del campione un numero maggiore di lotti. Un numero maggiore di dati si traduce in uno studio più strutturato e completo. Se si fosse utilizzato per l'analisi il tasso di mortalità cumulato settimanale, il numero di lotti inseriti nel campione sarebbe stato minore. Il motivo risiede nella variabilità, che, come è stato evidenziato, risulta molto elevata. Se si fosse deciso di inserire ugualmente tutti i lotti disponibili, l'analisi sarebbe stata affetta da una variabilità molto elevata e i risultati avrebbero avuto poco valore.

Il campione selezionato, quindi, comprende tutti i lotti con data di svezzamento precedente a settembre 2022. La scelta è dovuta al fatto che il dataset comprende i dati fino a maggio 2023 e quindi i lotti con data di svezzamento nel mese di settembre 2022 non hanno ancora terminato il ciclo di ingrasso e il loro tasso di mortalità non è ancora definibile. Il totale dei lotti inseriti nel campione è pari a 88.

Per ogni lotto e per ogni settimana è calcolata la variabile $X_{i,t}$. È quindi calcolata la media e la deviazione standard campionaria della variabile $X_{i,t}$ per ogni settimana sul campione di 88 lotti. Viene presentato un breve esempio su due settimane. Si consideri un qualsiasi lotto che ha presentato un numero di morti totali pari a cento e ha presentato nella prima settimana due decessi e nella seconda settimana tre decessi. Il valore di $X_{i,1}$ è allora pari al 2%, mentre il valore di $X_{i,2}$ è pari al 5%.

L'output dell'analisi viene rappresentato nella *Tabella 23*, in cui è presentata anche una media distinta per ogni anno fino al 2022. Nelle ultime due colonne è invece presentata la media e deviazione standard campionaria calcolate sugli 88 lotti del campione.

Generalmente, il ciclo di vita dei suini ha una durata pari a nove mesi, che equivalgono indicativamente a 40 settimane. In alcuni casi però la durata si può estendere fino a un massimo di 46 settimane. L'analisi verterà quindi su un totale di 46 settimane.

	Media 2018	Media 2019	Media 2020	Media 2021	Media 2022	Media	Dev.std.c
0	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
1	4.14%	3.46%	3.37%	1.91%	2.01%	3.00%	2.84%
2	11.95%	13.90%	8.41%	5.35%	5.31%	9.16%	8.03%
3	25.63%	23.63%	15.22%	11.27%	11.44%	17.84%	14.16%
4	36.85%	34.01%	22.53%	17.69%	20.14%	26.70%	16.04%
5	47.49%	41.75%	27.42%	22.66%	29.84%	34.13%	18.74%
6	55.29%	50.05%	32.85%	26.60%	38.84%	40.69%	21.37%
7	60.56%	56.18%	35.31%	30.42%	45.21%	45.35%	22.16%
8	68.00%	61.62%	37.58%	34.02%	51.15%	49.98%	23.31%
9	74.54%	65.38%	40.14%	37.36%	56.21%	54.14%	24.03%
10	79.83%	70.33%	43.21%	42.21%	60.13%	58.71%	23.98%
11	86.24%	75.01%	48.25%	48.48%	67.01%	64.10%	23.37%
12	86.59%	76.67%	50.88%	52.16%	72.05%	66.69%	22.14%
13	87.92%	78.56%	55.22%	55.32%	75.33%	69.45%	20.52%
14	88.46%	79.93%	58.90%	59.39%	77.15%	71.83%	18.91%
15	88.71%	81.10%	62.51%	63.49%	79.87%	74.28%	17.40%
16	91.10%	81.75%	66.30%	66.92%	82.23%	76.87%	16.09%
17	91.61%	82.36%	70.32%	70.65%	85.14%	79.25%	14.70%
18	92.22%	83.27%	73.42%	73.49%	86.83%	81.25%	13.74%
19	92.64%	84.86%	76.78%	76.02%	88.67%	83.39%	12.65%
20	93.00%	85.75%	78.46%	78.19%	89.94%	84.63%	12.09%
21	93.34%	86.21%	80.24%	79.96%	90.57%	85.75%	11.64%
22	94.59%	87.56%	81.48%	82.79%	91.34%	87.42%	10.55%
23	94.98%	88.36%	82.82%	84.48%	92.06%	88.47%	10.02%
24	95.45%	89.18%	84.12%	85.77%	92.59%	89.45%	9.31%
25	96.00%	89.71%	85.24%	87.06%	93.40%	90.29%	8.70%
26	96.21%	90.53%	86.72%	88.05%	93.86%	91.11%	8.11%
27	96.45%	91.76%	87.71%	89.25%	94.58%	91.98%	7.45%
28	96.62%	92.70%	89.02%	90.62%	94.98%	92.87%	7.03%
29	96.82%	93.28%	90.20%	91.71%	95.42%	93.59%	6.58%
30	97.32%	93.79%	91.59%	92.46%	95.90%	94.33%	6.10%
31	97.72%	95.34%	92.34%	93.16%	96.50%	95.17%	5.06%
32	97.96%	96.09%	93.40%	94.22%	97.09%	95.90%	4.43%
33	98.47%	97.01%	94.65%	95.07%	97.58%	96.68%	3.57%
34	99.10%	98.14%	95.43%	95.95%	98.56%	97.51%	3.36%
35	99.36%	98.47%	96.91%	96.64%	98.89%	98.12%	2.82%

36	99.77%	99.01%	97.96%	97.66%	99.11%	98.77%	2.54%
37	99.77%	99.42%	98.47%	98.09%	99.46%	99.10%	2.39%
38	99.77%	99.85%	98.80%	98.36%	99.62%	99.32%	2.28%
39	99.77%	100.00%	99.40%	99.49%	99.71%	99.71%	0.98%
40	99.77%	100.00%	99.67%	99.65%	99.71%	99.79%	0.88%
41	100.00%	100.00%	99.70%	99.65%	99.73%	99.85%	0.74%
42	100.00%	100.00%	99.85%	99.85%	99.98%	99.94%	0.31%
43	100.00%	100.00%	99.89%	99.88%	99.98%	99.95%	0.30%
44	100.00%	100.00%	99.92%	100.00%	100.00%	99.98%	0.15%
45	100.00%	100.00%	99.97%	100.00%	100.00%	99.99%	0.05%
46	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	0.00%

Tabella 23: Media della variabile $X_{i,t}$ lungo le 46 settimane del ciclo di vita dei suini negli anni 2018, 2019, 2020, 2021, 2022 e definizione della media e deviazione standard della variabile $X_{i,t}$ sul campione selezionato.

Dai dati in tabella si costruisce un grafico (*Figura 14*) in modo per poter valutare visivamente come le morti si distribuiscano. Nella *Figura 14* sono rappresentate le medie della *Tabella 23* negli anni 2018, 2019, 2020, 2021 e 2022.

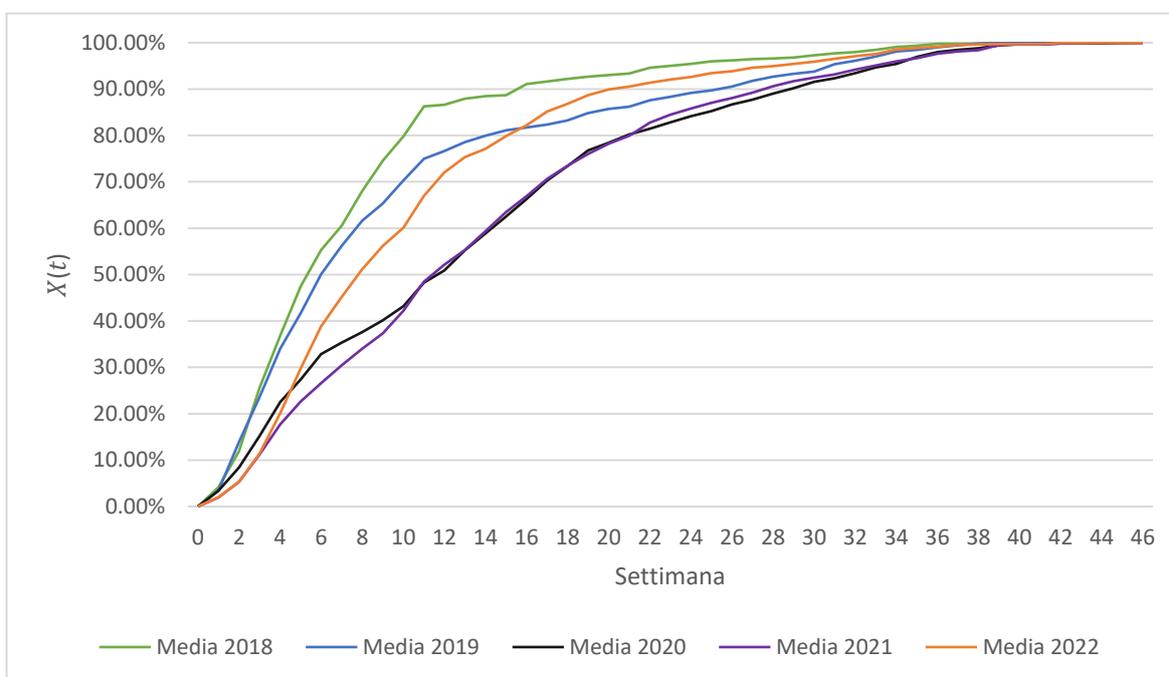


Figura 14: Andamento della Media della variabile X_t lungo le 46 settimane del ciclo di vita dei suini negli anni 2018, 2019, 2020, 2021, 2022

Si nota in *Figura 14* come gli andamenti seguano sostanzialmente tutti una curva con tassi marginali decrescenti. Risulta interessante sottolineare che nelle prime undici settimane, che

corrispondono alla durata complessiva del ciclo di svezzamento si registrano in media circa il 64% delle morti complessive lungo tutto il ciclo di vita.

Dalla *Tabella 23* si può notare come la variabilità nelle diverse settimane assuma valori relativamente elevati. Per la stima della variabilità si utilizza la deviazione standard campionaria. Attraverso la *Figura 15* è rappresentato l'andamento della deviazione standard campionaria.

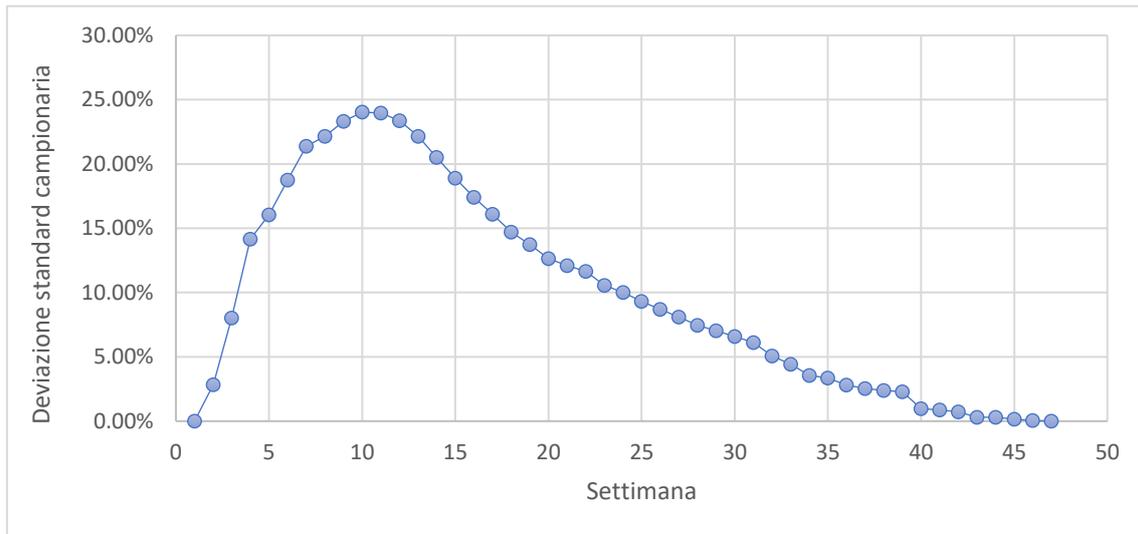


Figura 15: Andamento della deviazione standard campionaria relativa alla media della variabile X_t calcolata sul campione

Si nota chiaramente come la deviazione standard campionaria cresce costantemente fino a raggiungere il valore massimo nella settimana dieci per poi decrescere nelle settimane seguenti.

Bisogna considerare però che la deviazione standard campionaria è influenzata dai valori su cui è calcolata. In particolare, nel nostro studio i dati non sono dispersi all'interno di un intervallo ristretto stabile, ma trattandosi di una cumulata, al crescere delle settimane i valori di riferimento su cui è calcolata la deviazione standard campionaria sono più alti. La variabilità nelle prime settimane seppur bassa deve essere letta sapendo che comunque anche i valori su cui è calcolata sono relativamente bassi.

Per evitare errori di interpretazione è necessario calcolare anche il coefficiente di variazione. Il coefficiente di variazione è calcolato per ogni settimana dividendo la deviazione standard campionaria per la relativa media. Sostanzialmente esso permette di confrontare la variabilità tra le diverse settimane.

L'output finale è rappresentato attraverso il grafico in *Figura 16*.

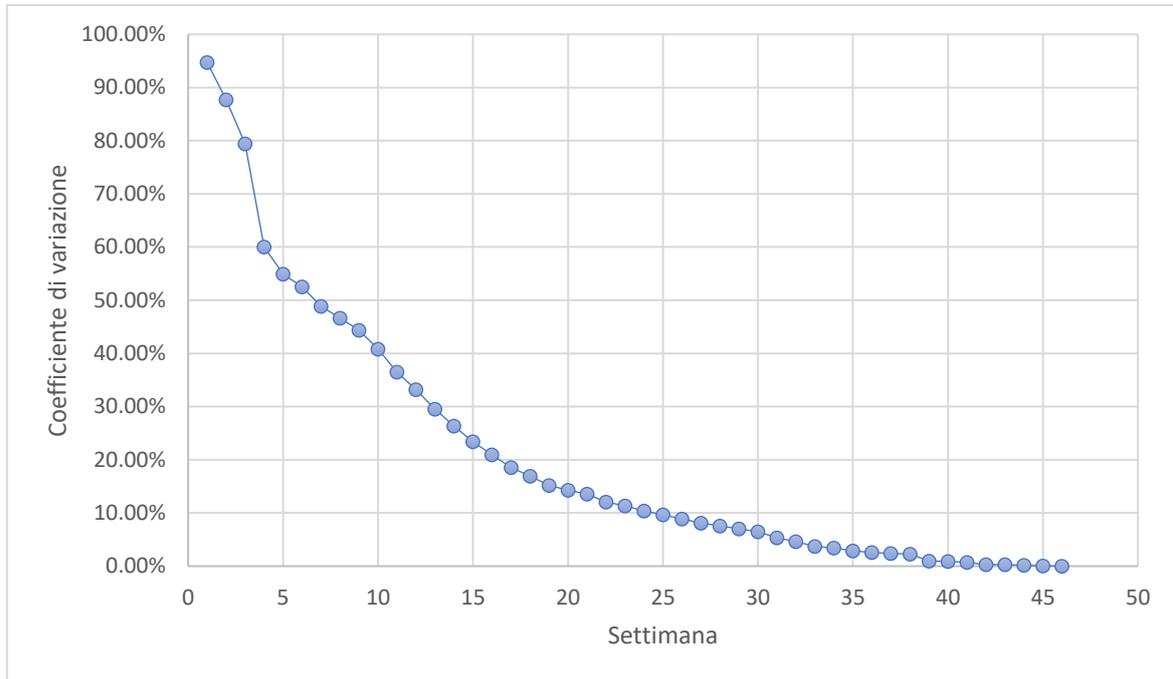


Figura 16: Andamento nelle 46 settimane del coefficiente di variazione

Si nota dalla *Figura 16* come l'andamento sia decrescente. Il grafico in *Figura 16* non misura effettivamente la variabilità, ma fornisce una lettura più accurata dei valori della deviazione standard campionaria e permette di effettuare un confronto della variabilità tra le diverse settimane. Per esempio, il valore della deviazione standard campionaria della prima settimana seppur pari a 2.84% risulta molto elevato e si può affermare che la variabilità della prima settimana risulta maggiore rispetto alla variabilità della seconda settimana.

In sintesi, quello che evidenzia questa analisi è come la distribuzione delle morti non sia lineare nel tempo, ma segua una curva con un andamento a tassi marginali decrescenti.

Sostanzialmente nel periodo di svezzamento avvengono la maggior parte dei decessi e la variabilità risulta molto elevata. Invece, nelle settimane relative al ciclo di ingrasso, in particolare nelle ultime, sia le morti settimanali sia la variabilità legata ad esse risultano notevolmente minori.

È infine sviluppato un semplice modello predittivo attraverso l'interpolazione della media in colonna sette della *Tabella 23*. L'interpolazione è eseguita attraverso la funzione di Excel. Nella *Figura 17* si nota come la funzione interpolante segua una funzione logaritmica.

La funzione interpolante presenta la seguente equazione:

$$y = 0.3195 \ln(x) - 0.1691.$$

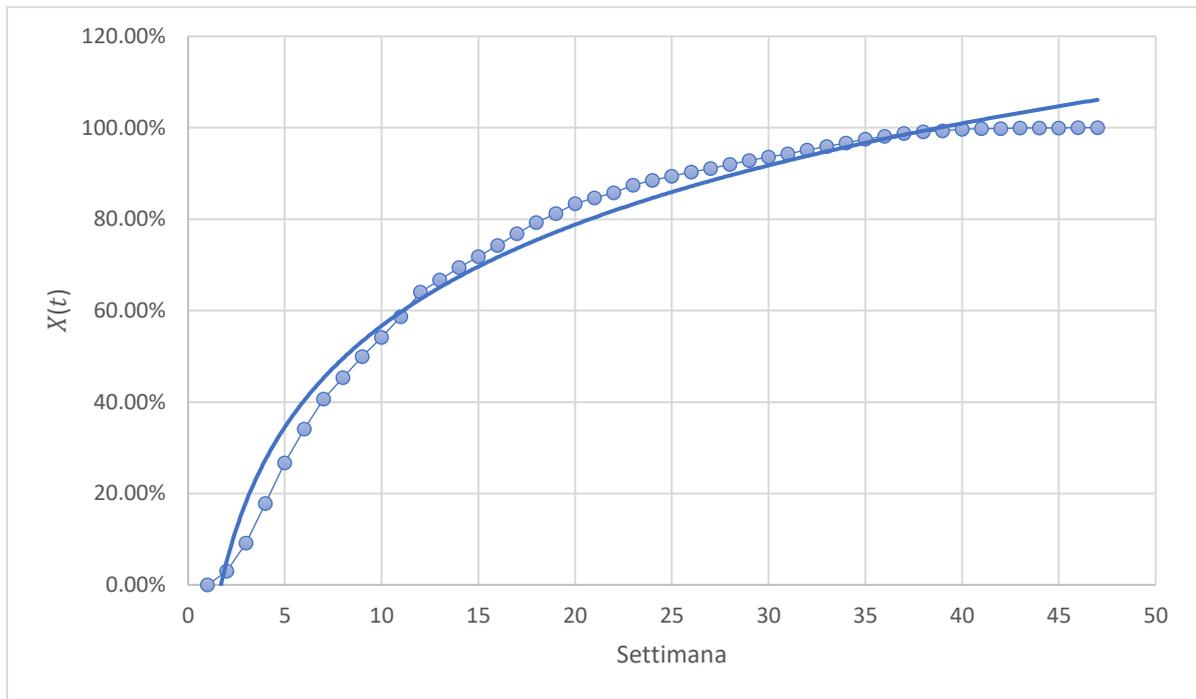


Figura 17: Rappresentazione grafica della media relativa al campione della variabile X_t e curva logaritmica interpolante

2.2.6 Mortalità negli allevamenti di svezzamento

In questo paragrafo è valutato l'andamento del tasso di mortalità all'interno dei singoli allevamenti di svezzamento. Gli allevamenti sottoposti all'analisi sono presentati con il loro IDFarm. Sono analizzati tutti gli allevamenti che dal 2018 hanno ospitato i lotti in uscita dalla scrofaia di Villa Rosa. In particolare, oggetto dello studio sono i seguenti allevamenti: 13, 14, 16, 22, 96 e 97.

Dato che un lotto non è sempre diretto interamente verso lo stesso allevamento di svezzamento, risulta interessante valutare l'andamento delle morti nei singoli allevamenti. È possibile anche individuare quale allevamento è stato maggiormente colpito dalla diffusione del virus della PRSS.

Per riuscire a sviluppare questa analisi è stato necessario valutare dal dataset "Ingressi" come il lotto in uscita dalla scrofaia di Villa Rosa sia stato diviso nei singoli allevamenti. Successivamente, dopo aver calcolato le morti avvenute nei singoli allevamenti di svezzamento, è stato calcolato il tasso di mortalità.

Sono rappresentati singolarmente gli andamenti dei tassi di mortalità degli allevamenti

attraverso la *Tabella 24*. Ogni colonna indica un diverso allevamento, mentre per ogni riga è inserito il singolo lotto.

Lot	WeaningDate	13	14	16	22	96	97
4917D	04/01/2018			3.56%			
5217D	25/01/2018		4.22%				
0318T	15/02/2018			4.35%			
0618T	08/03/2018				7.76%		
0918C	29/03/2018			5.27%			
1218B	19/04/2018		4.67%				
1518A	10/05/2018			4.25%			
1818AM	31/05/2018				3.64%		
2118M	21/06/2018			4.16%			
2418P	12/07/2018		6.62%				
2718PL	02/08/2018			3.79%			
3018L	23/08/2018				3.35%		
3318E	13/09/2018			3.37%			
3618ES	04/10/2018		4.84%				
3918S	25/10/2018			4.61%			
4218R	15/11/2018				4.01%		
4518RH	06/12/2018			3.82%			
4818H	27/12/2018		7.94%				
5118D	17/01/2019			22.21%			
0219T	07/02/2019				39.95%		
0519TC	28/02/2019			15.31%			
0819C	21/03/2019		12.53%				
1119B	11/04/2019			6.88%			
1419BA	02/05/2019				12.46%		
1719A	23/05/2019			6.93%			
2019M	13/06/2019		8.12%				
2319MP	04/07/2019			4.56%			
2619P	25/07/2019				7.62%		
2919L	14/08/2019			6.28%			
3219E	05/09/2019		5.86%				
3519E	26/09/2019			2.50%			
3819S	17/10/2019				3.32%		
4119R	07/11/2019			4.06%			
4419R	28/11/2019		4.14%				
4719H	19/12/2019			4.08%			
5019D	09/01/2020				5.25%		
0120DT	30/01/2020	30.60%		12.20%			
0420T	17/02/2020	19.25%	7.53%				
0720C	12/03/2020	18.42%		5.54%			
1020CB	02/04/2020	24.00%			17.98%		
1320B	23/04/2020	11.19%		14.56%			
1620A	14/05/2020	5.96%	6.23%				
1920AM	04/06/2020	4.12%		5.16%			
2220M	25/06/2020	1.07%			1.96%		
2520P	16/07/2020	4.67%		0.34%			
2820L	06/08/2020	4.44%	2.38%				
3120L	27/08/2020	2.21%		2.13%			
3420E	17/09/2020	3.39%			2.36%		
3720ES	08/10/2020	4.08%		2.48%			
4020SR	29/10/2020	5.85%	2.86%				
4320R	19/11/2020	7.94%		2.45%			
4620H	10/12/2020	31.57%			9.44%		
4920HD	31/12/2020	10.45%		3.87%			
5220D	21/01/2021	12.68%	5.87%				

0221T	11/02/2021	7.84%		2.94%			
0521TC	04/03/2021	6.16%			2.99%		
0821C	25/03/2021			3.77%			
1121B	15/04/2021	1.69%	3.01%				
1421A	06/05/2021	4.89%		2.77%			
1721AM	27/05/2021	3.82%			1.74%		
2021M	17/06/2021	12.02%		2.86%			
2321P	08/07/2021	25.40%	2.52%				
2621PL	29/07/2021	42.07%		6.72%			
2921L	19/08/2021				6.61%		
3221E	09/09/2021			8.43%			
3521ES	30/09/2021		10.48%				
3821S	21/10/2021			6.67%			
4121R	08/11/2021					9.13%	8.41%
4421H	29/11/2021	14.55%				4.40%	
4721H	20/12/2021				2.00%		
5021D	10/01/2022	28.46%	16.67%				
0122T	31/01/2022					16.83%	
0422T	21/02/2022	36.65%					27.16%
0722C	14/03/2022				18.95%		
1022B	04/04/2022		14.39%				
1322BA	25/04/2022					30.44%	
1622A	16/05/2022	22.12%					8.07%
I VR 1922M	06/06/2022				4.24%		
I VR 2222MP	27/06/2022	14.73%	13.09%				
I VR 2522P	18/07/2022					11.45%	
I VR 2822L	08/08/2022	16.73%					14.61%
I VR 3122LE	29/08/2022				7.53%		
I VR 3422E	19/09/2022	16.57%	10.57%				
I VR 3722S	10/10/2022					22.41%	
I VR 4022SR	31/10/2022	10.50%					6.36%
I VR 4322R	21/11/2022				4.90%		
I VR 4622H	12/12/2022	15.15%		1.85%			
I VR 4922DH	02/01/2023		2.16%				
I VR 5222D	23/01/2023	10.00%		6.71%			
I VR 0323T	13/02/2023				21.26%		
I VR 0623C	06/03/2023	2.92%		12.69%			

Tabella 24: Andamento del tasso di mortalità nei differenti allevamenti di svezzamento

Il campione selezionato per lo studio è lo stesso utilizzato per l'analisi del tasso di mortalità nel paragrafo 2.2.1.

Dalla Tabella 24 si nota come è cambiato il sistema di gestione del lotto nel tempo. Fino al lotto 0120DT con data di svezzamento 30 gennaio 2020, i lotti in uscita da Villa Rosa erano diretti verso gli allevamenti 14, 16 e 22 senza che venissero divisi.

Dal 30 gennaio 2020 fino al mese di luglio 2021 il lotto veniva suddiviso tra l'allevamento 13 e uno tra gli allevamenti 14,16 e 22.

In questo periodo in media il 20% della numerosità di ogni lotto era destinata all'allevamento 13.

Successivamente, al mese di luglio 2021, sono stati aperti due nuovi allevamenti di svezzamento: l'allevamento 96 e l'allevamento 97 e la gestione dei lotti è nuovamente

variata. La suddivisione di ogni lotto interessa però sempre al più due allevamenti. Risulta particolarmente interessante confrontare la mortalità dell'allevamento 13 con quella dei diversi allevamenti in cui la restante parte del lotto era destinata. Questo tipo di confronto è rappresentato attraverso un grafico a colonne (*Figura 18*).

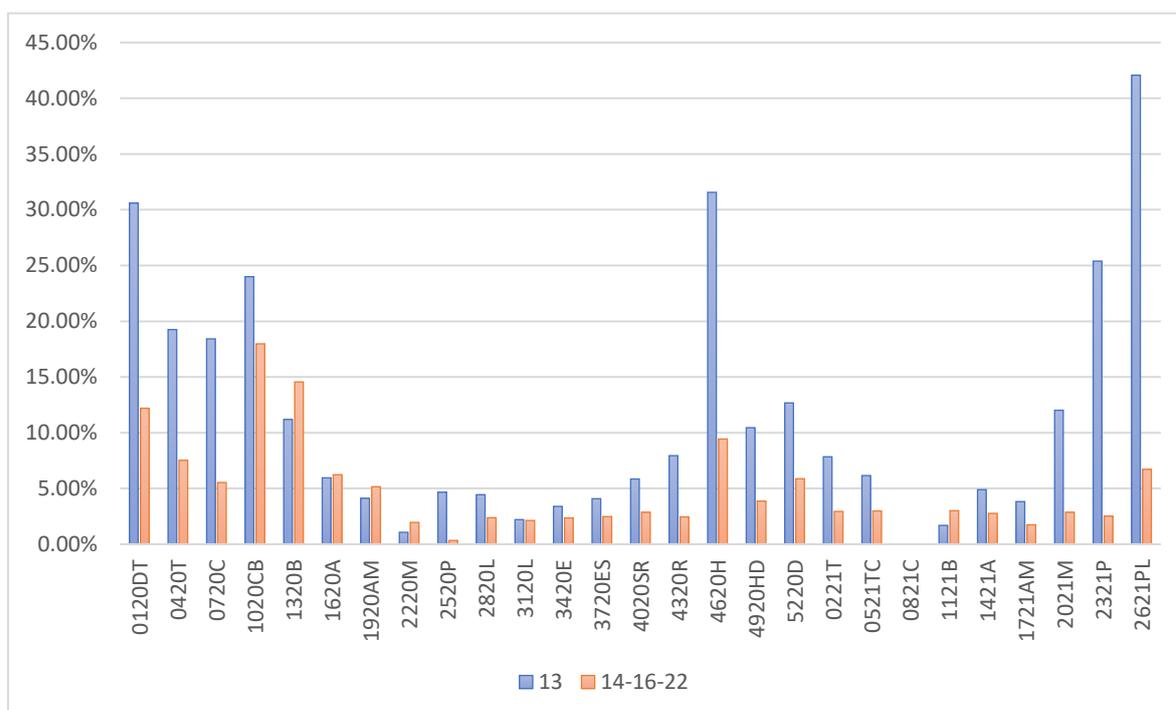


Figura 18: Confronto del tasso di mortalità tra l'allevamento 13 e gli allevamenti 14-16-22

Dalla *Figura 18* si può notare come nel periodo che va da gennaio 2020 a luglio 2021, nella maggior parte dei casi, per ogni lotto, il tasso di mortalità all'interno dell'allevamento 13 è superiore all'allevamento che ospita la restante parte del lotto.

Questo può essere dovuto al fatto che l'allevamento 13 ospita nello stesso momento in media quattro lotti; mentre gli allevamenti 14 e 22 ospitano un solo lotto alla volta e l'allevamento 16 solo due.

Nonostante ciò, l'allevamento 13 influenza il tasso di mortalità del lotto totale in maniera limitata, in quanto al suo interno ospita una porzione ristretta del lotto totale.

Infine, sono presentate le medie annuali e la media totale del tasso di mortalità nei diversi allevamenti con le rispettive deviazioni standard campionarie in *Tabella 25*.

		2018	2019	2020	2021	2022-2023
13	Media	//	//	11.13%	13.11%	17.38%
	Dev.std.c.	//	//	9.91%	12.26%	9.66%
	n	//	//	17	10	10
14	Media	5.66%	7.66%	4.75%	5.47%	11.37%
	Dev.std.c.	1.57%	3.63%	2.52%	3.65%	5.60%
	n	5	4	4	4	5
16	Media	4.13%	8.09%	5.41%	4.88%	7.08%
	Dev.std.c.	0.58%	6.46%	4.82%	2.33%	5.43%
	n	9	9	9	7	3
22	Media	4.69%	15.84%	7.40%	3.34%	11.38%
	Dev.std.c.	2.07%	16.50%	6.63%	2.25%	8.11%
	n	4	4	5	4	5
96	Media	//	//	//	6.77%	20.28%
	Dev.std.c.	//	//	//	3.34%	8.12%
	n	//	//	//	2	4
97	Media	//	//	//	8.41%	14.05%
	Dev.std.c.	//	//	//	//	9.43%
	n	//	//	//	1	4

Tabella 25: confronto delle medie e deviazioni standard campionarie annuali del tasso di mortalità nei diversi allevamenti di svezzamento dal 2018

La Tabella 25 è costruita in modo da poter visualizzare per ogni anno il tasso di mortalità medio e la deviazione standard campionaria di ogni allevamento. Oltre a ciò, è indicato anche il numero di lotti che nell'anno sono passati per il rispettivo allevamento.

Dalla tabella emerge che l'allevamento 13 presenta tassi di mortalità in media superiori se confrontati con gli altri allevamenti. Infine, si nota come nell'anno 2018 tutti gli allevamenti attivi hanno avuto tassi di mortalità relativamente bassi con una variabilità anch'essa limitata a differenza dell'ultimo biennio 2022-2023, in cui invece, i tassi di mortalità e la variabilità sono aumentate molto a causa diffusione del virus della PRRS.

2.2.7 Analisi sulle cause di decesso

All'interno del paragrafo sono analizzati i tassi di mortalità relativi alle singole cause di decesso.

Le cause di decesso sono inserite nel dataset denominato "Morti". Per ogni morte registrata è infatti indicata anche la causa del decesso. Il campione selezionato per l'analisi è lo stesso utilizzato nel paragrafo 2.2.3.

Nella *Tabella 26* sono presentati i relativi tassi di mortalità per ogni tipologia di causa di decesso.

	Media	Deviazione standard campionaria
Tasso mortalità Scarto	2.36%	1.35%
Tasso mortalità Varie	2.03%	0.97%
Tasso mortalità Soppresso	0.73%	0.85%
Tasso mortalità Scoppiato	0.41%	0.48%
Tasso mortalità Meningite	0.31%	0.27%
Tasso mortalità Ulcere	0.10%	0.18%
Tasso mortalità Bello	0.09%	0.21%
Tasso mortalità Polmonite	0.05%	0.10%
Tasso mortalità Enterite	0.02%	0.06%
Tasso mortalità Epidermite	0.01%	0.02%

Tabella 26: Tassi di mortalità relativi ad ogni causa di decesso individuata dall'azienda

Con “scarto” si intende una situazione clinica in cui il suino ha perso molto peso fino al sopraggiungere della morte, mentre con il termine “scoppiato” sono indicate le morti dovute a indigestioni. Infine, le morti sono registrate con il termine “bello” quando non si sono rilevate particolari sofferenze o sintomi anteriori alla morte.

Dalla tabella si evince che le cause di morte più frequenti sono legate alla voce “scarto” e alla voce “varie”.

È necessario sottolineare che l’indicazione della causa di morte proviene spesso da operatori non specializzati in materie veterinarie e che non hanno le competenze necessarie per individuarla con precisione. Oltre a ciò, in altre situazioni invece risulta complesso individuare con precisione la causa del decesso. Per questi motivi la voce “varie” presenta un tasso di mortalità così alto.

2.3 Analisi sui consumi di acqua e cibo

In questo paragrafo è sviluppato uno studio riguardante i consumi di acqua e di cibo all’interno dell’allevamento di svezzamento con ID 16.

Attraverso l’utilizzo di sensori all’interno dell’allevamento 16, da settembre 2020 sono memorizzati i dati relativi al peso dei silos in cui è contenuta l’alimentazione e l’acqua di cui i suini si approvvigionano durante il ciclo di svezzamento. L’allevamento 16 è il primo e unico allevamento dell’azienda in cui questa tecnologia è implementata.

L'alimentazione dei suini, come spiegato nel capitolo 1, cambia dopo i primi 37 giorni circa, passando da un'alimentazione secca a un'alimentazione umida.

Per quanto riguarda l'acqua, essa è contenuta in silos differenti. In particolare, nel lavoro è utilizzato il termine "CTL01" per indicare il silos che contiene l'acqua fornita ai suini nei primi 37 giorni del ciclo di svezzamento, con il termine "ACQUA" invece è indicata l'acqua di cui si approvvigionano i suini negli ultimi 37 giorni.

L'obiettivo dell'analisi è quello di sviluppare un modello che possa stimare quali sono i consumi per singola unità lungo tutto il ciclo di svezzamento.

Per sviluppare tale lavoro, per ogni categoria di consumo, è necessario inizialmente individuare i lotti che sono transitati dall'allevamento 16 da settembre 2020. Tali lotti sono i seguenti: 3221E, 2621PL, 2021M, 1421A, 0821T, 3821S, 0623C, 0221C, 4920HD. Conoscere i lotti transitati dall'allevamento 16 è necessario per sapere giornalmente il numero di suini all'interno dell'allevamento in modo da poter valutare successivamente il consumo per suino.

La difficoltà principale del lavoro di rielaborazione dei dati è stata quella, appunto, di stabilire per ogni giorno il numero esatto di suini presenti nell'allevamento 16 e sotto quale regime di alimentazione fosse il lotto. Bisogna sottolineare che l'allevamento 16 ospita contemporaneamente sempre due lotti, che, però, sono sempre sotto regimi di alimentazione differenti.

L'analisi sull'alimentazione a secco purtroppo non ha portato ad alcun risultato, in quanto i dati di partenza presentavano una variabilità molto alta e non era possibile sviluppare uno studio attendibile e completo. La variabilità elevata avrebbe infatti portato a generare risultati che avrebbero avuto poco valore; come, per esempio, la media o i limiti di fiducia. Oltretutto, non era neanche visibile una tendenza crescente dei consumi nel tempo; situazione poco logica in quanto i suini all'inizio del ciclo di svezzamento crescono molto velocemente. Per quanto riguarda invece le analisi sui consumi riguardanti l'alimentazione umida e l'acqua nei due cicli, essi sono presentati singolarmente all'interno dei paragrafi successivi.

2.3.1 Analisi sull'alimentazione umida

All'interno del paragrafo sono sviluppate due analisi. La prima riguarda la stima dell'andamento giornaliero dei consumi mentre, la seconda si concentra sulla costruzione degli intervalli di fiducia della media.

In *Figura 19* è presentato il grafico che riassume l'andamento dei consumi relativi

all'alimentazione umida nei 37 giorni in cui è somministrata ai suini. Ogni serie rappresentata con un colore diverso è relativa a un lotto distinto.

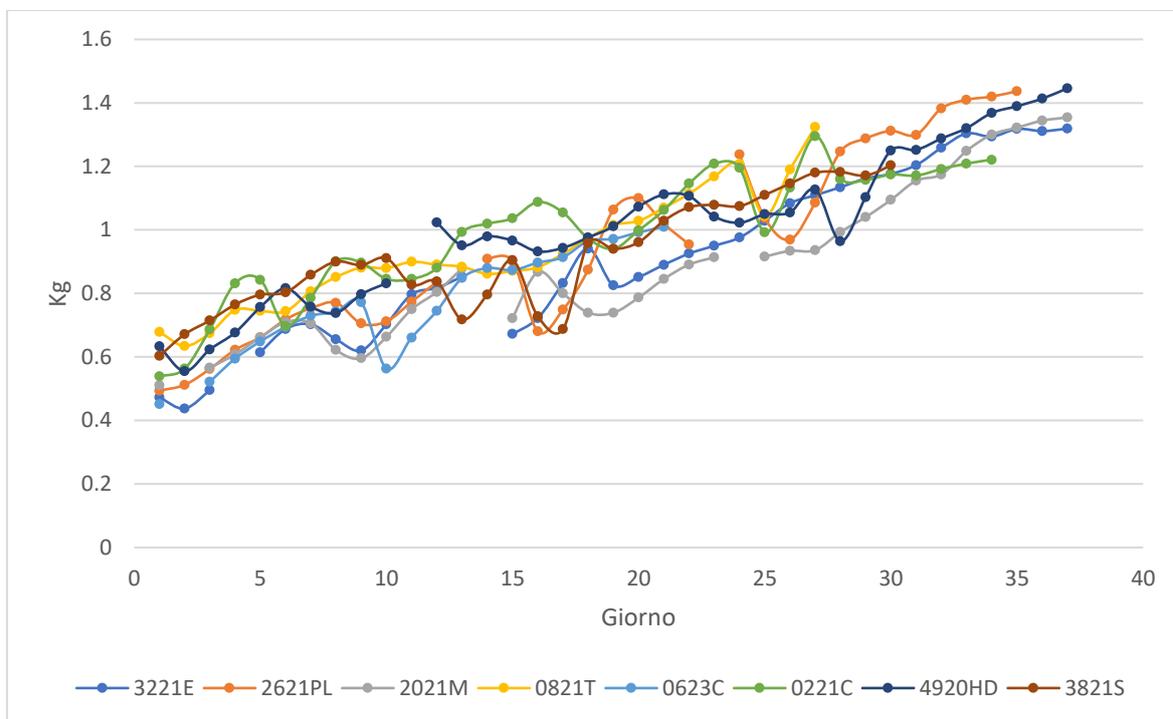


Figura 19: Rappresentazione grafica dei consumi per suino di alimentazione umida durante la seconda metà del ciclo di svezzamento

Nell'asse delle ordinate è rappresentato il consumo di cibo per suino espresso in chilogrammi, mentre nell'asse delle ascisse sono rappresentati i giorni in cui tale misurazione è calcolata.

Come si nota dal grafico, alcuni punti nella serie non presentano nessuna misurazione. Infatti, in un'analisi preliminare sono stati eliminati i punti in cui la misurazione assumeva valori ritenuti fuori scala che, se inseriti nel lavoro, avrebbero distorto i risultati finali. La presenza di outliers potrebbe essere causata dal fatto che, quando i silos vengono riempiti dagli operatori, il software non depura il peso finale dall'aggiunta precedente. Il risultato è un consumo molto elevato se confrontato con gli altri dati a disposizione.

Questa valutazione non sarà ripetuta nei paragrafi successivi, ma è valida anche per quanto riguarda i consumi di acqua.

Da queste misurazioni è calcolata una media giornaliera sulla base dei diversi lotti presenti in *Figura 19*. L'andamento della media giornaliera è rappresentato in *Figura 20* e, attraverso una regressione lineare, viene anche visualizzata una retta interpolante. Tale retta è stata generata tramite Excel ed è caratterizzata dalla seguente equazione:

$$y = 0.0214x + 0.5644$$

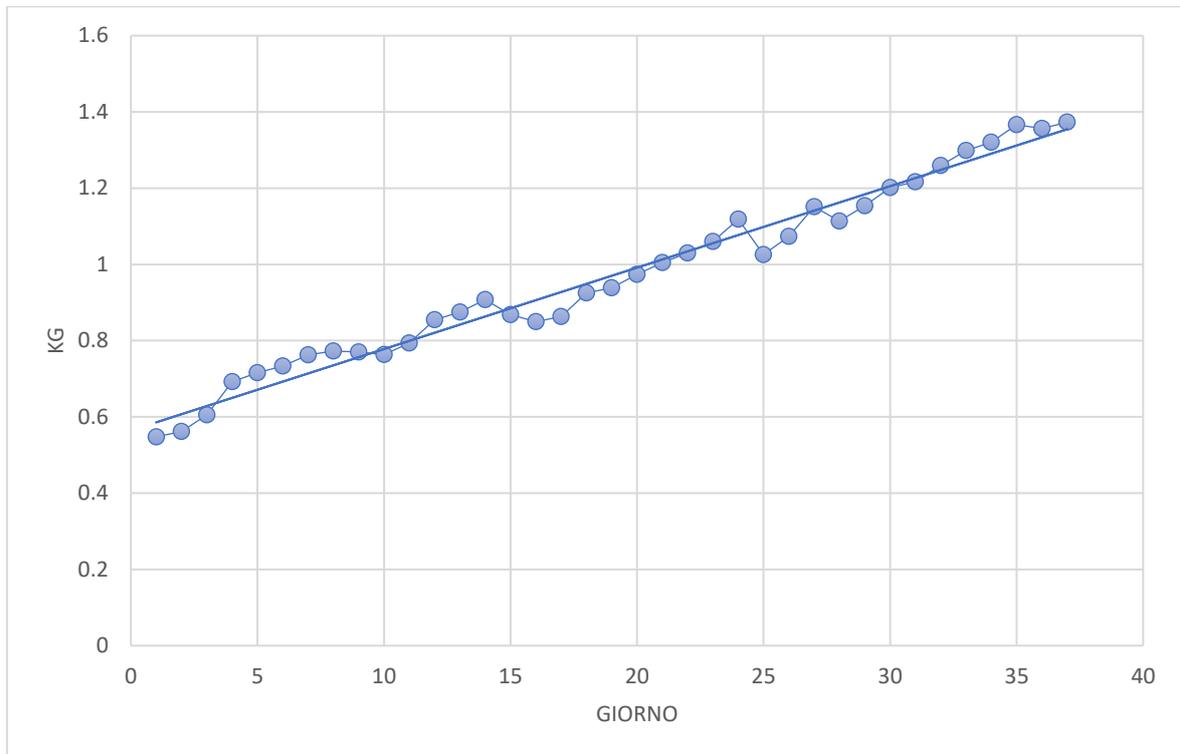


Figura 20: Andamento del consumo medio giornaliero di alimentazione umida calcolato sul campione definito nel paragrafo 2.3 e retta interpolante la media

Come si nota dalla *Figura 20*, l'andamento della media è ben approssimato dalla retta, anche se in alcuni periodi si nota un comportamento poco logico in cui i dati, anziché aumentare nel tempo, diminuiscono. È necessario sottolineare che per valutare i consumi sarebbe corretto valutare anche la componente legata al periodo dell'anno in cui i lotti arrivano nell'allevamento di svezzamento. Infatti, il fabbisogno dei suini cambia nelle diverse stagioni dell'anno. Ma, poiché la tecnologia è relativamente recente, non sono abbastanza numerosi i lotti per poter valutare l'effetto della variabile legata alla stagione sui consumi. In futuro, quando il dataset sarà più ampio, sarà possibile sviluppare analisi più approfondite. Per superare tale criticità è possibile, però, analizzare i dati secondo un'altra prospettiva. Anziché valutare i consumi medi, si può stimare quello che è l'incremento percentuale dei consumi a partire dai dati in *Figura 20*. In questo modo, a partire dai pochi dati osservati nei primi giorni, si riescono a prevedere quelli che possono essere i consumi futuri a partire dagli incrementi percentuali sviluppati dallo storico.

L'incremento percentuale è costruito sulla base dei dati della media dei consumi. Viene quindi calcolato l'incremento percentuale dei vari giorni rispetto al giorno uno.

Se indichiamo con x_t il consumo nel giorno t , allora l'incremento è calcolato come:

$$IP_t = \frac{x_t - x_1}{x_1} \quad (2.21)$$

In *Figura 21* è rappresentato graficamente l'andamento degli incrementi percentuali e, attraverso Excel, viene creata una retta interpolante. La retta ha la seguente equazione:

$$y = 0.0387x + 0.0774$$

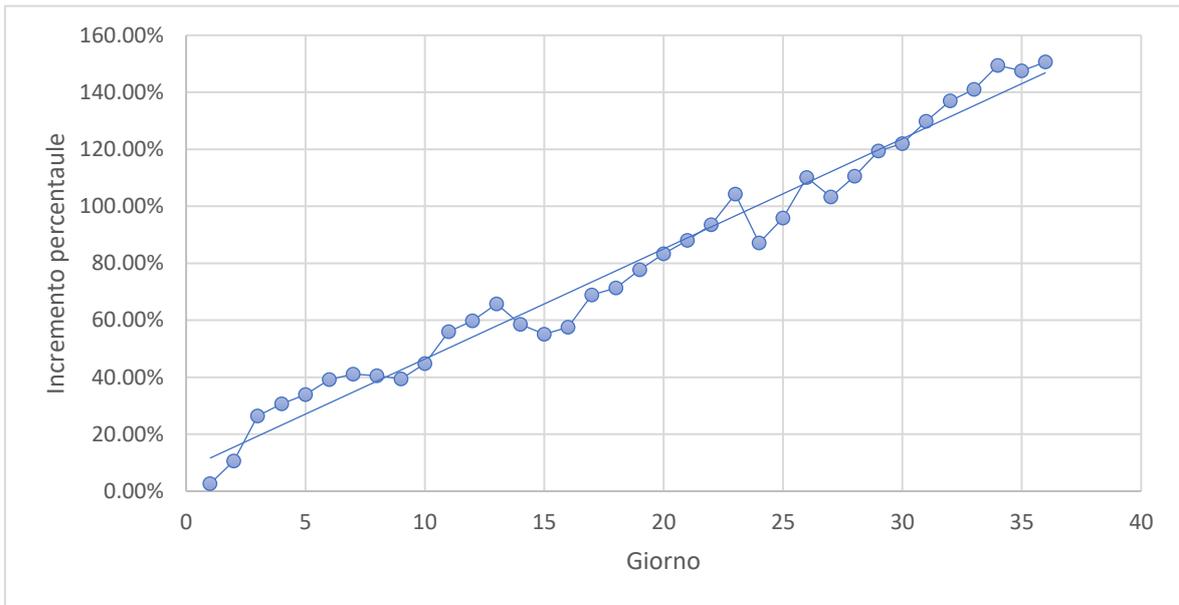


Figura 21: Andamento dell'incremento percentuale dei consumi di alimentazione umida

Dal grafico in *Figura 21* ci si aspetterebbe un andamento strettamente crescente. Alcuni valori, invece, risultano inferiori rispetto ad altri relativi a giorni precedenti. Questo comportamento è una criticità del modello, ma potrà essere superato quando l'azienda disporrà di una base dati più ampia. Infine, in *Tabella 27* sono riportati alcuni esempi di incrementi percentuali.

Giorno	Incremento percentuale
5	30.66%
10	39.39%
15	58.53%
20	77.78%
25	87.15%
30	119.36%
35	149.47%
37	150.64%

Tabella 27: Incrementi percentuali relativi ai giorni 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 37

Riprendendo la *Figura 21*, si evidenzia che i consumi passano da un valore medio pari a 0.55 kg/suino nel giorno uno a un valore medio di 1.37 Kg/suino nel giorno trentasette. L'incremento percentuale di tutto il ciclo è dunque circa il 150%.

2.3.1.1 Intervalli di fiducia

Per stimare in modo più accurato rispetto alla media campionaria quale possa essere la vera media della popolazione, in questo paragrafo sono costruiti gli intervalli di fiducia. All'interno degli intervalli di fiducia, con un certo livello di significatività, è presente la media della distribuzione.

Per la costruzione degli intervalli di fiducia è necessario sempre assumere che le distribuzioni relative ai consumi nei diversi giorni seguano tutte una normale. Presa per vera tale assunzione, sono costruiti gli intervalli di fiducia. Non sono presentati tutti gli intervalli di fiducia per ogni giorno, ma solo quelli relativi ai seguenti giorni: 7, 14, 21, 28 e 35, ovvero l'ultimo giorno di ogni settimana.

Per la costruzione dei limiti si utilizza la seguente formula:

$$(L_i, L_s) = (\bar{X}_n - t_{n-1, 1-\alpha/2} \frac{S_n}{\sqrt{n}}, \bar{X}_n + t_{n-1, 1-\alpha/2} \frac{S_n}{\sqrt{n}}) \quad (2.22)$$

Si sceglie un livello di significatività α pari al 5%.

In *Tabella 28* sono presentati gli intervalli di fiducia giornalieri.

Giorno	$-t_{n-1, 1-\alpha/2}$	$t_{n-1, 1-\alpha/2}$	n	S_n	\bar{X}_n	L_i	L_s
7	-2.365	2.365	8	0.0530	0.762	<u>0.718</u>	<u>0.807</u>
14	-2.571	2.571	6	0.0812	0.908	<u>0.823</u>	<u>0.993</u>
21	-2.365	2.365	8	0.0912	1.005	<u>0.929</u>	<u>1.081</u>
28	-2.571	2.571	6	0.111	1.114	<u>0.997</u>	<u>1.231</u>
35	-2.776	2.766	5	0.0573	1.367	<u>1.296</u>	<u>1.439</u>

Tabella 28: Intervalli di fiducia della media relativa ai consumi di alimentazione umida per suino

2.3.2 Analisi sui consumi di acqua nel primo periodo di svezzamento

All'interno del paragrafo sono stimati i consumi di acqua nella prima parte del ciclo di svezzamento. L'impostazione del lavoro è del tutto identica a quella presentata nel capitolo

2.3.1. Per questo motivo sono evitate ripetizioni nel presentare e spiegare l'impostazione dell'analisi.

In *Figura 22* è presentato il grafico relativo ai consumi di acqua nei primi 37 giorni. Ogni serie di colore differente rappresenta un lotto distinto. Sull'asse delle ordinate sono presenti i consumi espressi in litri. Il consumo, anche in questo caso, è da intendersi per suino.

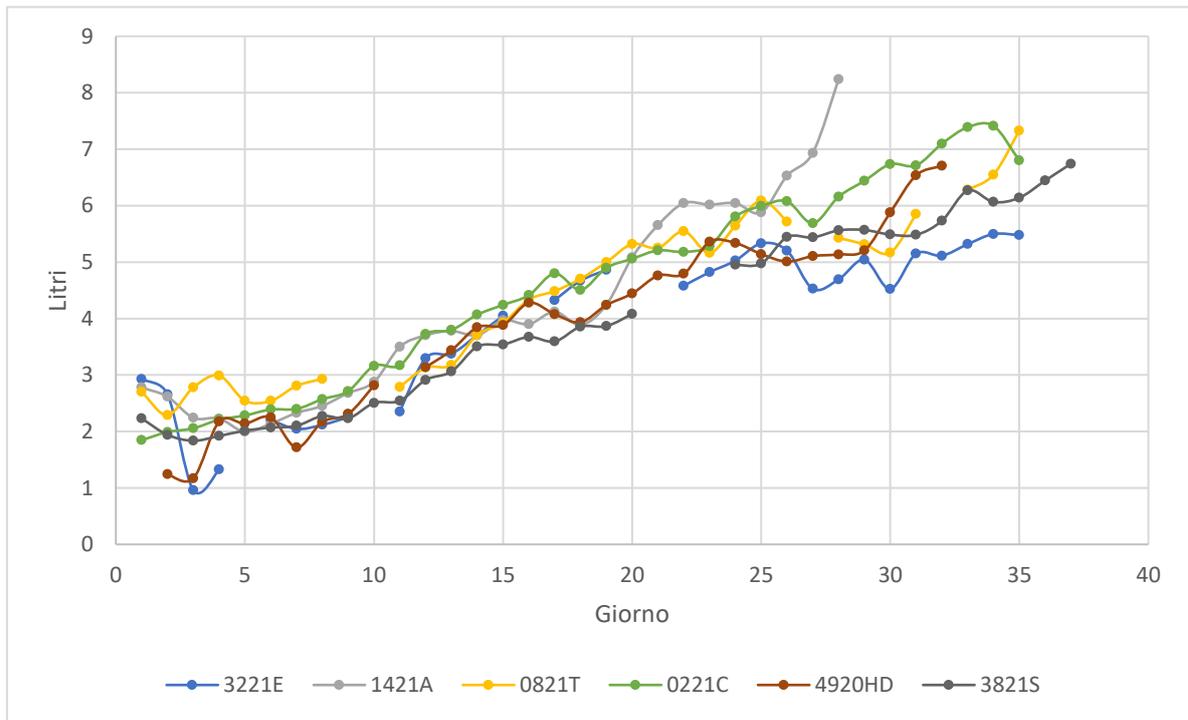


Figura 22: Rappresentazione grafica dei consumi per suino di acqua durante la prima metà del ciclo di svezzamento

Come si nota, anche in questo grafico la variabilità non è trascurabile.

Per completezza, è necessario specificare che dai lotti considerati sono stati esclusi due lotti, in quanto i valori che presentavano erano notevolmente inferiori se confrontati con i valori degli altri lotti. Per evitare che tali lotti influenzassero le analisi successive e generassero una variabilità campionaria elevata, sono stati eliminati.

Anche in questo studio, sono stati rimossi dall'analisi alcuni valori considerati poco sensati. In particolare, sono stati cancellati dall'analisi tutti quei dati che, rispetto al periodo precedente, mostravano una rapida diminuzione o un importante aumento.

Nella *Figura 23* è rappresentato l'andamento della media e la funzione interpolante, che sarà successivamente discussa. Attraverso una regressione lineare eseguita su Excel, è stata costruita una retta interpolante con la seguente equazione:

$$y = 0.143 x + 1.6523$$

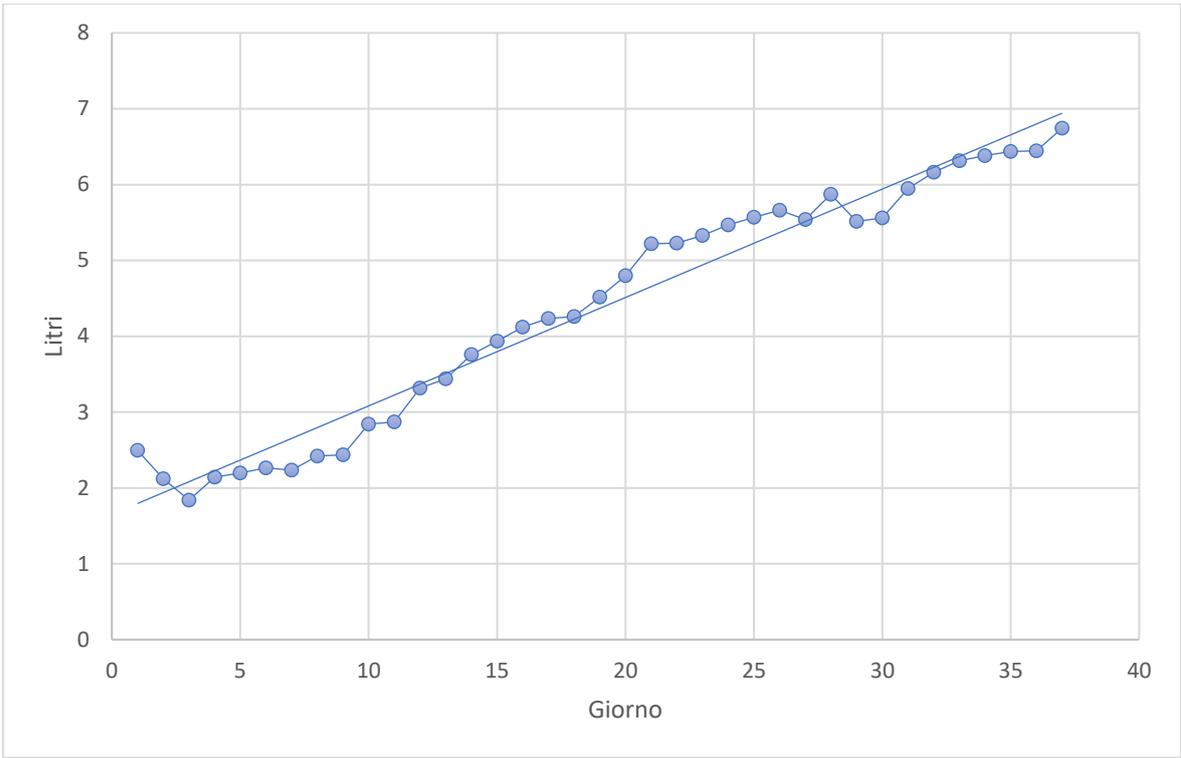


Figura 23: Andamento del consumo medio giornaliero di acqua nella prima metà del ciclo di svezzamento calcolato sul campione e retta interpolante la media

In Figura 24 è rappresentato graficamente l'andamento degli incrementi percentuali e, attraverso Excel, viene creata una retta interpolante. La retta ha la seguente equazione:

$$y = 0.0695x - 0.1385$$

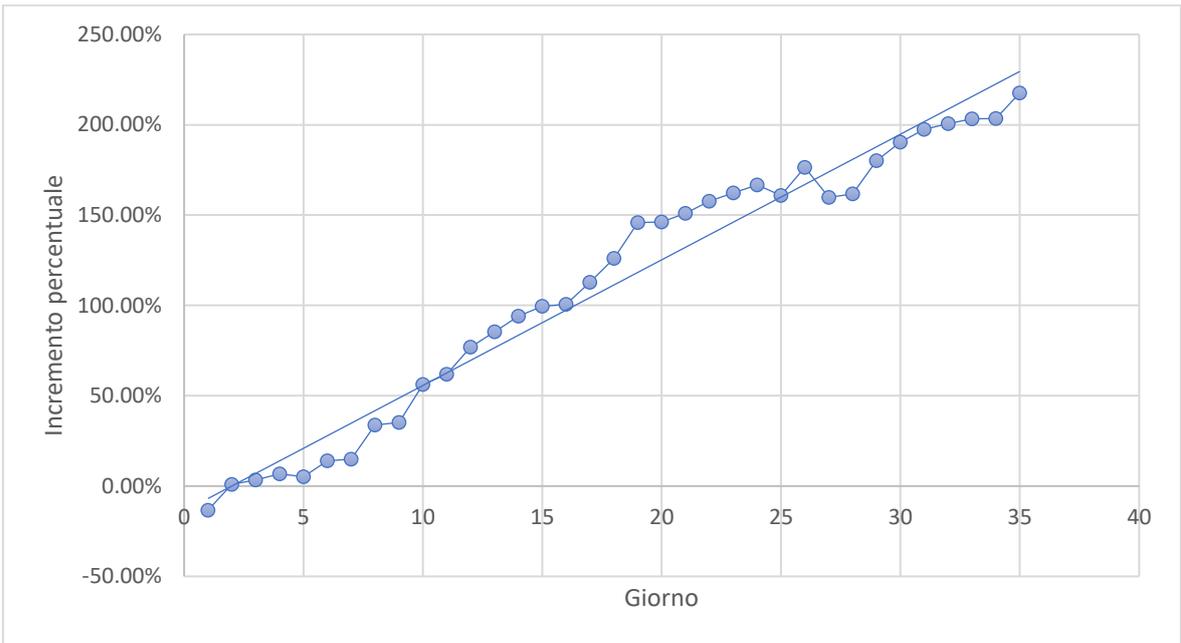


Figura 24: Andamento dell'incremento percentuale dei consumi di acqua nella prima metà del ciclo di svezzamento

Dalla *Figura 23* si nota come il consumo nel giorno uno risulti maggiore di tutti i valori successivi fino al giorno dieci. Per evitare di avere troppi valori negativi, l'incremento percentuale è stato calcolato in relazione al giorno due. Se si fosse utilizzato, come valore di riferimento, il consumo del giorno uno, tutti gli incrementi percentuali fino al giorno dieci sarebbero stati negativi.

Infine, in *Tabella 29* sono riportati alcuni esempi di incrementi percentuali.

Giorno	Incremento percentuale
5	6.73%
10	35.22%
15	94.14%
20	145.80%
25	166.78%
30	180.12%
35	203.52%
37	217.62%

Tabella 29: Incrementi percentuali relativi ai giorni 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35

Riprendendo la *Figura 23*, si evidenzia che i consumi passano da un valore medio pari a 2.12 litri/suino nel giorno uno a un valore medio di 6.74 litri/suino nel giorno trentasette. L'incremento percentuale di tutto il ciclo è dunque circa il 217%.

2.3.2.1 Intervalli di fiducia

Anche per quanto riguarda i consumi di acqua è necessario assumere che la distribuzione giornaliera della popolazione sia una normale.

In *Tabella 30* sono presentati gli intervalli di fiducia. Per la costruzione degli intervalli di fiducia si utilizza un valore di α pari al 5%.

Giorno	$-\ t_{n-1, 1-\alpha/2}$	$t_{n-1, 1-\alpha/2}$	n	S_n	\bar{X}_n	L_i	L_s
7	-2.571	2.571	6	0.371	2.233	<u>1.844</u>	<u>2.622</u>
14	-2.571	2.571	6	0.188	3.757	<u>3.560</u>	<u>3.954</u>
21	-2.776	2.776	5	0.365	5.218	<u>4.765</u>	<u>5.671</u>
28	-2.571	2.571	6	1.258	5.870	<u>4.550</u>	<u>7.190</u>
35	-2.776	2.776	5	0.805	6.438	<u>5.439</u>	<u>7.437</u>

Tabella 30; Intervalli di fiducia della media relativa ai consumi di acqua per suino nella prima metà del ciclo di svezzamento

Come si nota, i limiti sono molto ampi per quanto riguarda gli intervalli di fiducia relativi al giorno 28 e 35. La causa di ciò è imputabile direttamente alla deviazione standard campionaria abbastanza elevata e al ristretto numero di osservazioni a disposizione.

Un numero più elevato di osservazioni potrà in futuro portare l'azienda a sviluppare un'analisi più strutturata e precisa.

2.3.3 Analisi sui consumi di acqua nel secondo periodo di svezzamento

L'ultima analisi sviluppata riguarda i consumi di acqua nel secondo periodo di svezzamento. In *Figura 25* è presentato il grafico che permette di visualizzare i consumi di acqua dal giorno 38 al giorno 74.

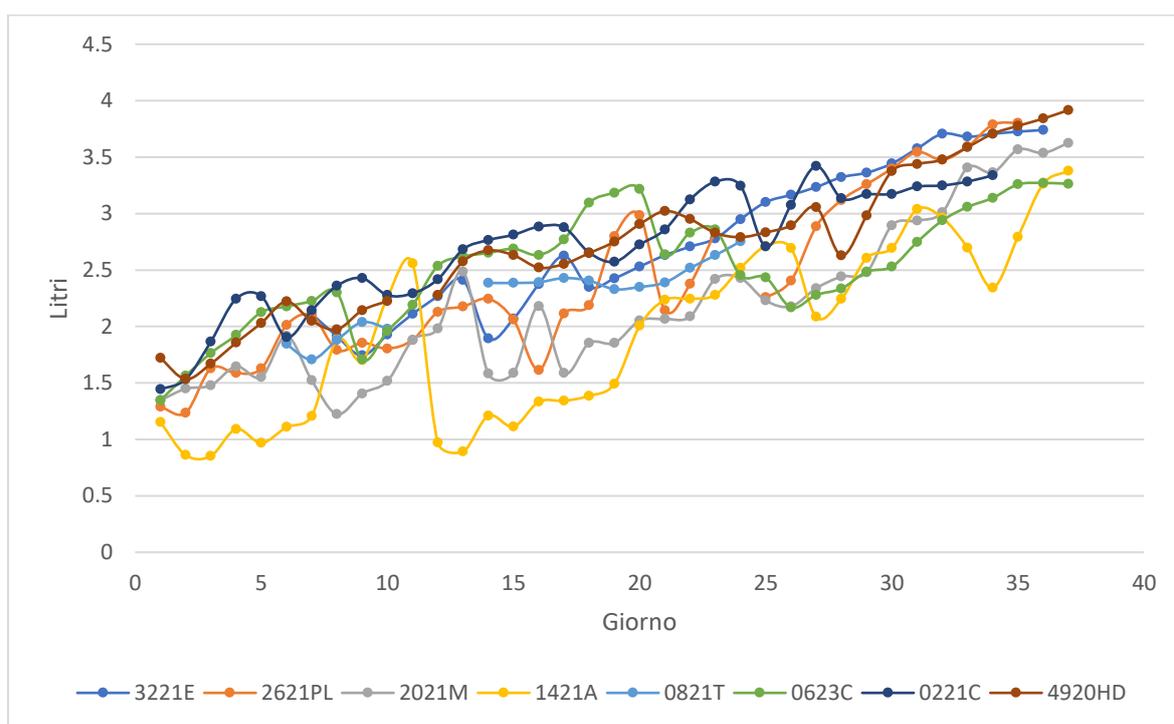


Figura 25: : Rappresentazione grafica dei consumi per suino di acqua durante la seconda metà del ciclo di svezzamento

Nell'asse delle ascisse sono rappresentati i giorni. Il giorno uno rappresenta il giorno 38 a partire dall'ingresso del lotto nello svezzamento e il primo giorno in cui è cambiato regime alimentare.

Anche per quanto riguarda questa analisi, si nota come la variabilità sia molto alta. Rispetto al primo periodo (1-37 gg), i consumi di acqua risultano minori; ciò può essere dovuto dal

fatto che comunque l'alimentazione che viene somministrata ai suini in questo periodo è umida e, quindi, in parte è soddisfatto il loro fabbisogno di acqua.

Nella *Figura 26* sono interpolati i punti relativi alla media attraverso una regressione lineare su Excel che è caratterizzata dalla seguente equazione:

$$y = 0.0567x + 1.295$$

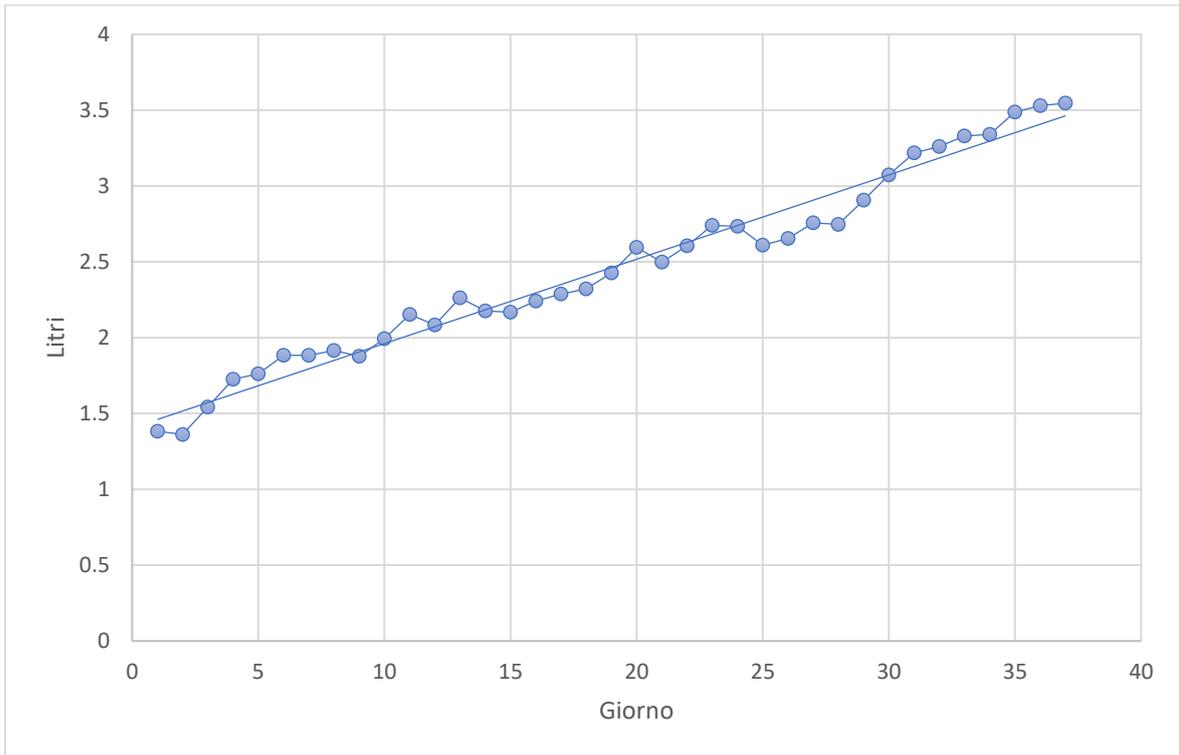


Figura 26: Andamento del consumo medio giornaliero di acqua nella seconda metà del ciclo di svezzamento calcolato sul campione e retta interpolante la media

In *Figura 27* è rappresentato graficamente l'andamento degli incrementi percentuali e, attraverso Excel, viene creata una retta interpolante. La retta ha la seguente equazione:

$$y = 0.0695x - 0.1385$$

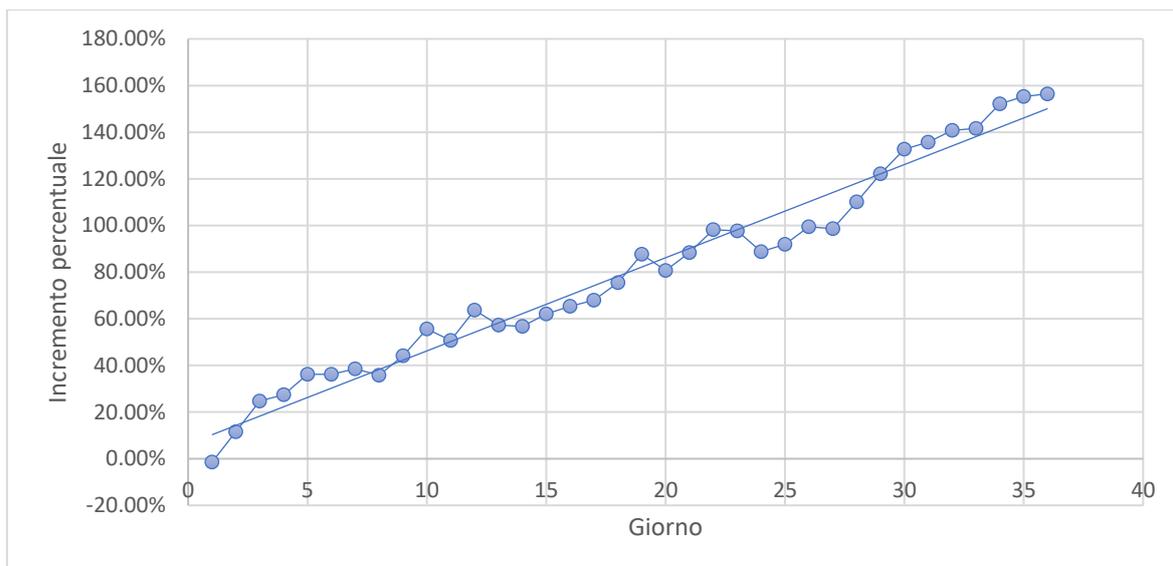


Figura 27: Andamento dell'incremento percentuale dei consumi di acqua nella seconda metà del ciclo di svezzamento

Infine, in Tabella 31 sono riportati alcuni esempi di incrementi percentuali.

Giorno	Incremento percentuale
5	27.43%
10	44.15%
15	56.81%
20	87.73%
25	88.81%
30	122.23%
35	152.21%
37	156.44%

Tabella 31: Incrementi percentuali relativi ai giorni 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 37

Riprendendo la Figura 26, si evidenzia che i consumi passano da un valore medio pari a 1.38 litri/suino nel giorno uno a un valore medio di 3.55 litri/suino nel giorno trentasette. L'incremento percentuale di tutto il ciclo è dunque circa il 156%.

2.3.3.1 Intervalli di fiducia

Anche in questo paragrafo sono calcolati gli intervalli di fiducia relativi ai seguenti giorni: 7, 14, 21, 28, 35. Deve valere sempre l'assunzione di normalità della distribuzione di partenza. Data comunque la variabilità alta evidenziata dalla Figura 25, ci si aspetta di avere dei limiti relativamente alti.

Nella *Tabella 32* sono calcolati i limiti di fiducia.

Giorno	$-t_{n-1, 1-\alpha/2}$	$t_{n-1, 1-\alpha/2}$	n	S_n	\bar{X}_n	L_i	L_s
7	-2.365	2.365	8	0.364	1.882	<u>1.578</u>	<u>2.186</u>
14	-2.365	2.365	8	0.566	2.176	<u>1.702</u>	<u>2.649</u>
21	-2.365	2.365	8	0.346	2.498	<u>2.209</u>	<u>2.787</u>
28	-2.447	2.447	7	0.438	2.746	<u>2.341</u>	<u>3.151</u>
35	-2.571	2.571	6	0.395	3.349	<u>2.934</u>	<u>3.764</u>

Tabella 32: Intervalli di fiducia della media relativa ai consumi di consumi per suino nella seconda metà del ciclo di svezzamento

I limiti calcolati, ad eccezione dell'ultimo, si sovrappongono parzialmente. Questa situazione è ovviamente una criticità dell'analisi, ma, dai dati di partenza a disposizione, non è possibile migliorare il modello. I limiti calcolati con l'analisi della media campionaria possono, però, essere considerati come un punto di riferimento per future valutazioni. Attraverso la continua raccolta dati, in futuro, sarà possibile effettuare un nuovo studio. Con una variabilità ridotta e un numero maggiore di dati, i limiti dell'intervallo di fiducia potranno essere meno ampi e la stima della media potrà essere più precisa.

Capitolo 3 - STRUMENTI DI CONTROLLO

All'interno del capitolo sono proposti degli strumenti per controllare l'andamento dei processi dell'azienda. L'obiettivo dello studio è quello di creare degli strumenti che rispondano in maniera rapida a cambiamenti nei processi e che siano facilmente interpretabili dagli operatori.

È inoltre riportata la metodologia con cui questi sono sviluppati e i requisiti necessari per la costruzione di essi. Per rendere il lavoro allineato anche con le valutazioni precedenti è utilizzato, per lo studio legato al tasso di mortalità nel periodo di svezzamento, il campione definito nel paragrafo 2.2.3.

Nello specifico, sono riportate nei paragrafi successivi due carte di controllo, una relativa al tasso di mortalità giornaliero nel ciclo di svezzamento e una relativa al peso dei suini.

Infine, è presentato un modello che permette di valutare, lungo le undici settimane del ciclo di svezzamento, la mortalità cumulata del lotto.

3.1 Accenni sulle carte di controllo

Le carte di controllo permettono di valutare l'andamento di un sistema produttivo mentre esso opera. Tramite questi strumenti, se correttamente costruiti, è possibile individuare con tempismo se il processo si è spostato. Tecnicamente se la variabile che viene osservata attraverso la carta di controllo segue nel tempo sempre la stessa distribuzione normale, con una certa media e una certa deviazione standard, allora il processo può definirsi in controllo. Se per qualche ragione dovesse cambiare la media o la deviazione standard della distribuzione, allora si può affermare che la distribuzione del processo si è spostata. L'obiettivo delle carte di controllo è quello di segnalare più rapidamente possibile se è avvenuto questo spostamento, di modo da poter attuare le azioni necessarie per riportarlo in centro. Oltre a ciò, attraverso questo strumento, è possibile individuare situazioni particolari da tenere sotto controllo, come ad esempio una continua crescita dei valori della variabile selezionata o comportamenti ciclici.

Da un punto di vista statistico le carte di controllo, sono un'applicazione del test di ipotesi nel tempo. Ogni volta che si estrare un campione si effettua un test d'ipotesi indipendente. Per questo motivo, per costruire una carta di controllo è necessario che i dati di partenza seguano una distribuzione normale. Anche se la variabile analizzata all'interno del processo non segue una distribuzione normale è possibile, sfruttando il teorema del limite centrale,

costruire una carta di controllo per quella variabile. Infatti, il teorema del limite centrale afferma che la somma di n variabili indipendenti aventi identica distribuzione è una variabile che si distribuisce normalmente qualsiasi sia la tipologia di distribuzione di partenza [11].

A partire dai dati provenienti da qualsiasi distribuzione è possibile attraverso la media campionaria, che non è altro che la somma di n variabili identicamente distribuite divisa per il valore n, avvicinarsi ad un andamento gaussiano.

Le carte di controllo sono costruite a partire dalla definizione di tre limiti:

- UCL, limite di controllo superiore,
- CL, limite centrale,
- LCL, limite di controllo inferiore.

I limiti si costruiscono nel seguente modo:

$$\begin{cases} UCL = \mu + z\alpha \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \\ CL = \mu \\ LCL = \mu - z\alpha \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \end{cases} \quad (3.1)$$

Il valore di α considerato è pari circa al 3%, che equivale ad una z pari a 3.

Nei paragrafi successivi sono presentate le carte \bar{X} -R e le carte X con range mobile che rappresentano i modelli di carte sviluppate per l'azienda.

3.1.2 Carta \bar{X} -R con numerosità campionaria costante

La carta \bar{X} -R si compone di due distinte carte che lavorano in coppia. La carta \bar{X} valuta la dispersione all'interno del campione, mentre la carta R valuta la variabilità tra i campioni.

L'utilizzo della singola carta \bar{X} sarebbe un errore, in quanto, anche se il valore della media del campione rientra all'interno dei limiti, non si tiene traccia della variabilità al suo interno.

I limiti della carta \bar{X} sono costruiti a partire dalla 3.1.

La media μ e la deviazione standard σ della distribuzione di partenza non sono note e devono quindi essere stimate. Per la stima si prelevano k campioni di numerosità n fissa. Per ciascun campione sono definite le medie campionarie \bar{X}_k e i range R_k cioè, le differenze tra il valore maggiore e minore all'interno del campione espresso in valore assoluto.

La stima della media della distribuzione deriva dalla media delle medie pari a:

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\sum_1^k \bar{X}_i}{k} \quad (3.2)$$

La stima della variabilità deriva invece dal range medio calcolato nel seguente modo:

$$\bar{R} = \frac{\sum_1^k R_i}{k} \quad (3.3)$$

Come precedentemente affermato, non è nota la deviazione standard della distribuzione di partenza, per questo motivo è necessario sviluppare uno specifico stimatore.

In particolare, la deviazione standard σ viene stimata attraverso:

$$\hat{\sigma} = \frac{\bar{R}}{d_2} \quad (3.4)$$

I limiti della carta R si costruiscono nel seguente modo:

$$\begin{cases} UCL = \bar{R} + 3 \sigma_R \\ CL = \bar{R} \\ LCL = \bar{R} - 3 \sigma_R \end{cases} \quad (3.5)$$

I valori di σ_R non sono noti.

È possibile stimare σ_R attraverso:

$$\hat{\sigma}_R = d_3 \frac{\bar{R}}{d_2} \quad (3.6)$$

In particolare, i valori d_2 e d_3 dipendono dalla numerosità campionaria e si ricavano attraverso apposite tabelle.

A partire dalla 3.2 e 3.3 i limiti della carta di controllo \bar{X} diventano:

$$\bar{X} = \begin{cases} UCL = \bar{\bar{X}} + 3 \frac{\bar{R}}{d_2} \frac{1}{\sqrt{n}} = \bar{\bar{X}} + A_2 \bar{R} \\ CL = \bar{\bar{X}} \\ LCL = \bar{\bar{X}} - 3 \frac{\bar{R}}{d_2} \frac{1}{\sqrt{n}} = \bar{\bar{X}} - A_2 \bar{R} \end{cases} \quad (3.7)$$

dove, $A_2 = \frac{3}{\sqrt{n}} \frac{1}{d_2}$ [12].

Infine, i limiti della carta R sono calcolati come:

$$R = \begin{cases} UCL = \bar{R} + 3 d_3 \frac{\bar{R}}{d_2} = \left(1 + 3 \frac{d_3}{d_2}\right) \bar{R} = D_4 \bar{R} \\ CL = \bar{R} \\ LCL = \bar{R} - 3 d_3 \frac{\bar{R}}{d_2} = \left(1 - 3 \frac{d_3}{d_2}\right) \bar{R} = D_3 \bar{R} \end{cases} \quad (3.8)$$

dove, D_4 e D_3 sono rispettivamente pari a $\left(1 + 3 \frac{d_3}{d_2}\right)$ e $\left(1 - 3 \frac{d_3}{d_2}\right)$ [12].

3.1.3 Carta \bar{X} con range mobile

La carta \bar{X} con range mobile viene utilizzata quando la numerosità del campione estratto è pari a uno. Il valore A_2 relativo a $n = 1$ non può esistere; quindi, l'idea è quella di costruire dei campioni mobili. Sostanzialmente il campione mobile è creato mettendo insieme misurazioni consecutive; in altre parole, se è utilizzato un campione mobile con numerosità pari a due, il primo campione è composto da x_1 e x_2 , il secondo da x_2 e x_3 e così via. Per ogni campione è calcolato il valore del range pari a:

$$\bar{R} = \frac{\sum_1^{k-1} R_i}{k-1} \quad (3.9)$$

In questa situazione la stima della media della distribuzione si calcola invece, come semplice media di tutti i singoli valori.

I limiti della carta sono equivalenti alla 3.7 e 3.8.

Se è utilizzato un campione mobile con numerosità pari a due, che rappresenta la scelta più comune, i valori di A_2, D_4, D_3 si ricavano da apposite tabelle e sono pari rispettivamente a 2.66, 3.267 e 0 [12].

I limiti di una carta X con campione mobile pari a due sono i seguenti:

$$\bar{X} = \begin{cases} UCL = \bar{X} + 2.66\bar{R} \\ CL = \bar{X} \\ LCL = \bar{X} - 2.66\bar{R} \end{cases} \quad (3.10) \quad R = \begin{cases} UCL = 3.267\bar{R} \\ CL = \bar{R} \\ LCL = 0 \end{cases} \quad (3.11)$$

L'utilizzo di questa tipologia di carta presenta però delle criticità. La prima risiede nel fatto che, come precedentemente detto, il valore di D_3 associato a un campione mobile con $n = 2$ è pari a 0. Ciò determina l'asimmetria della carta R in quanto il limite inferiore diventa pari a 0. Ulteriore osservazione è relativa ai punti della carta R , che non sono indipendenti, in quanto, i campioni mobili al loro interno contengono un valore presente anche in un altro campione.

Infine è necessario precisare che in questa situazione non si ha la garanzia che i valori inseriti nella carta seguano una distribuzione normale in quanto, non si può ricorrere al teorema del limite centrale. Diventa necessario, quindi, verificare il requisito di normalità dei dati.

3.2 Carta di controllo per il peso dei suini

Dai dati di partenza si crea una carta di controllo per valutare l'andamento del peso dei suini.

I dati a disposizione relativi al peso sono calcolati in due distinti momenti: all'ingresso dei

suini dall'allevamento di svezzamento e all'uscita da esso. Sostanzialmente, ogni tre settimane sono inseriti nelle carte di controllo due valori relativi al peso in ingresso e al peso in uscita.

Per ogni lotto considerato è possibile ricavare il peso per suino in ingresso, in quanto il dataset "Ciclo-Lotti" presenta il peso totale del lotto con la corrispettiva numerosità. Per quanto riguarda il peso in uscita, i dati si possono ricavare dal dataset "Ingressi", in cui attraverso un'attenta analisi degli spostamenti dei lotti si riesce a ricavare il peso per suino del lotto in uscita dall'allevamento di svezzamento.

Solitamente questi strumenti sono utilizzati in ambiti differenti da quelli della zootecnia, generalmente l'applicazione più comune avviene in contesti di produzioni industriali in cui i prodotti finiti sono omogenei e seguono processi standardizzati.

Nell'ambito della zootecnia questo discorso differisce leggermente, in quanto, ogni suino non è confrontabile con altri poiché presenta una genetica diversa. Oltre a ciò, anche gli allevamenti che ogni lotto attraversa sono differenti.

In altre parole, i suini non possono essere considerati come il prodotto finale di un sistema produttivo che genera output indistinguibili e perfettamente confrontabili.

Infine come già è stato detto, una buona carta di controllo permette di segnalare in maniera rapida la deriva di una distribuzione. In questo caso, le misurazioni del peso avvenendo ogni tre settimane non consentono una tempestiva azione correttiva.

Nonostante le criticità discusse, una carta di controllo per il peso rappresenterebbe comunque uno strumento utile per mantenere sotto controllo il peso dei suini e per individuare situazioni di fuori controllo.

Il tipo di carta di controllo più idonea è una carta \bar{X} con campioni mobili e numerosità campionaria pari a due discussa nel paragrafo 3.1.3.

La variabile studiata è il peso per suino espressa in chilogrammi.

3.2.1 Carta di controllo per il peso dei suini all'inizio del ciclo di svezzamento

I lotti selezionati per la costruzione della carta sono tutti quelli usciti dalla scrofaia di Villa Rosa dall'anno 2018. In totale il numero di lotti risulta pari a 92.

Prima di sviluppare i limiti della carta di controllo è necessario valutare se i dati di partenza seguono una distribuzione normale. In caso negativo sarebbe sbagliato costruire la carta di controllo e di per sé questo strumento, oltre ad essere privo di senso, porterebbe gli operatori a considerazioni errate.

Per poter affermare che i dati provengono da una distribuzione normale si effettua il test di

Shapiro-Wilk. Il test è spiegato all'interno del paragrafo 2.2.3.1.

Per sviluppare il test è calcolata la statistica W .

$$W = \frac{(\sum_{i=1}^n a_i x_i)^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (3.11)$$

Si ottiene un valore di W pari a 0.9942 e un p-value associato al test pari al 96%. Quindi, non può essere rifiutata l'ipotesi nulla e i dati a disposizioni possono essere considerati normalmente distribuiti.

Anche graficamente (*Figura 28*) si nota come i dati sembrano seguire una distribuzione normale.

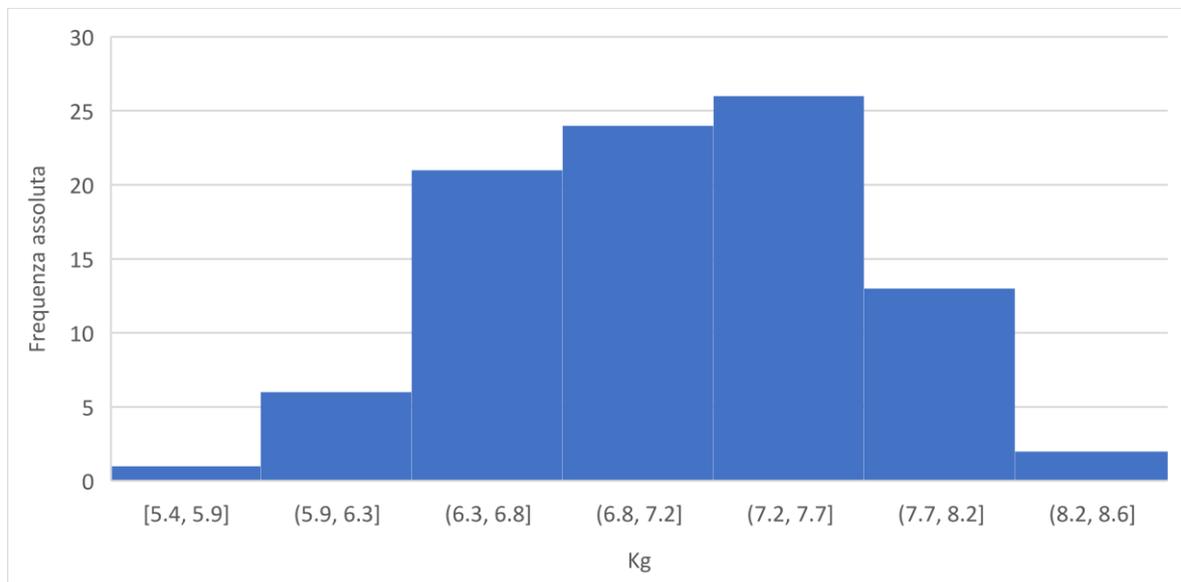


Figura 28: Rappresentazione grafica della distribuzione del peso dei suini all'ingresso dell'allevamento di svezzamento

Il requisito della normalità è quindi assicurato attraverso il test di Shapiro-Wilk.

Per sviluppare la carta di controllo è necessario calcolare la media dei 92 valori e il range medio su 91 valori.

Dai calcoli risulta che:

$$\bar{X} = 7.13 \text{ kg},$$

$$\bar{R} = 0.36 \text{ kg}.$$

I risultati sono inseriti all'interno della 3.10 e 3.11 e limiti delle carte \bar{X} e R risultano pari a:

$$\bar{X} = \begin{cases} UCL = 8.08 \\ CL = 7.13 \\ LCL = 6.18 \end{cases}$$

$$R = \begin{cases} UCL = 1.17 \\ CL = 0.36 \\ LCL = 0 \end{cases}$$

Le carte \bar{X} e R sono rappresentate rispettivamente in *Figura 29* e *Figura 30*.

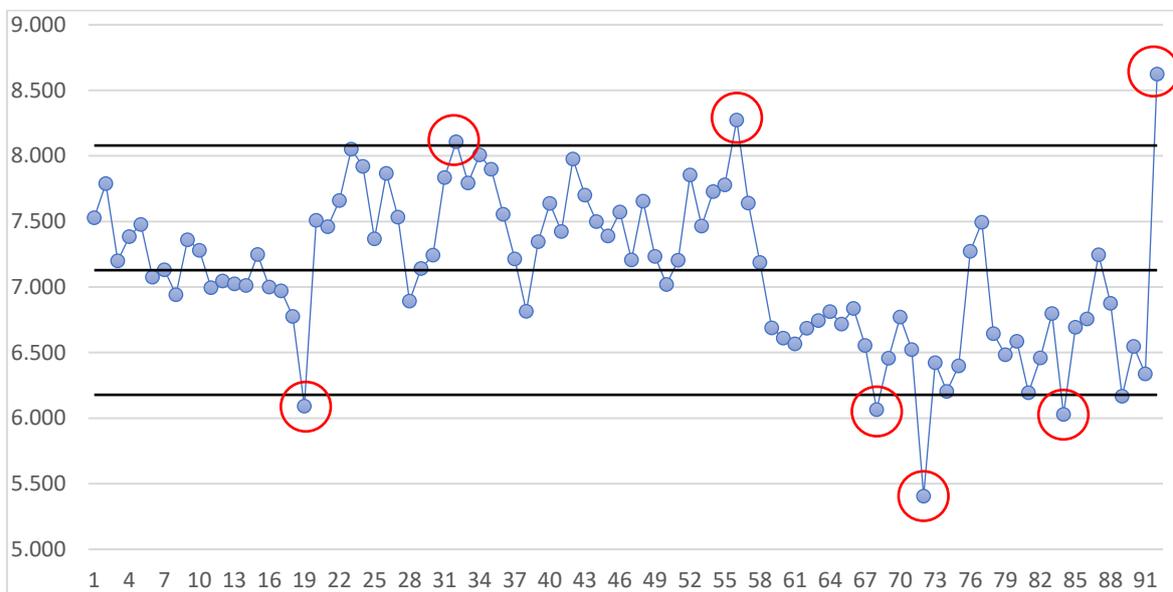


Figura 29: Prima costruzione della carta di controllo \bar{X} relativa al peso dei suini in ingresso nell'allevamento di svezzamento

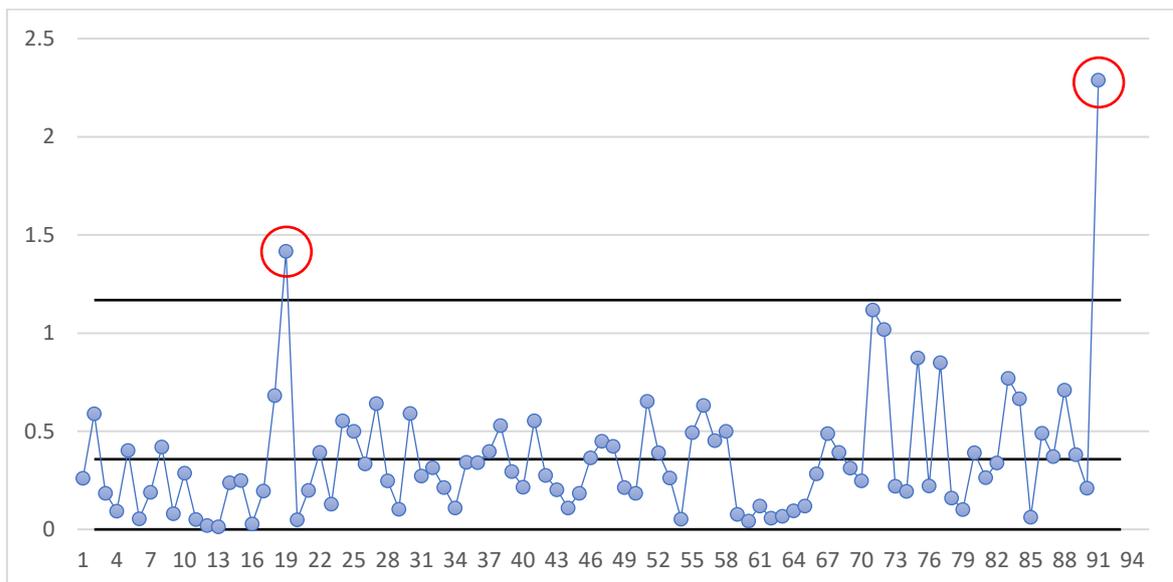


Figura 30: Prima costruzione della carta di controllo R relativa al peso dei suini in ingresso nell'allevamento di svezzamento

Come si nota in *Figura 29* e *Figura 30* sono presenti dei punti che escono dai limiti.

Quando si presentano dei valori fuori controllo significa che presumibilmente la distribuzione di partenza si è spostata e risulta molto importante andare a capire quali possano essere le cause che hanno generato questa deviazione.

Nella costruzione delle carte di controllo è necessario che tutti i valori rientrino all'interno dei limiti. Occorre quindi ricalcolare i limiti escludendo tutti quei valori fuori dai limiti di controllo in entrambe le carte. Questo processo si ripete iterativamente fino a quando tutti i valori rientrano all'interno dei limiti per entrambe le carte.

Le nuove carte di controllo presentano i seguenti limiti:

$$\bar{X} = \begin{cases} UCL = 7.84 \\ CL = 7.14 \\ LCL = 6.45 \end{cases} \quad R = \begin{cases} UCL = 0.86 \\ CL = 0.26 \\ LCL = 0 \end{cases}$$

In *Figura 31* e *Figura 32* sono rappresentate rispettivamente le carte finali \bar{X} e R.

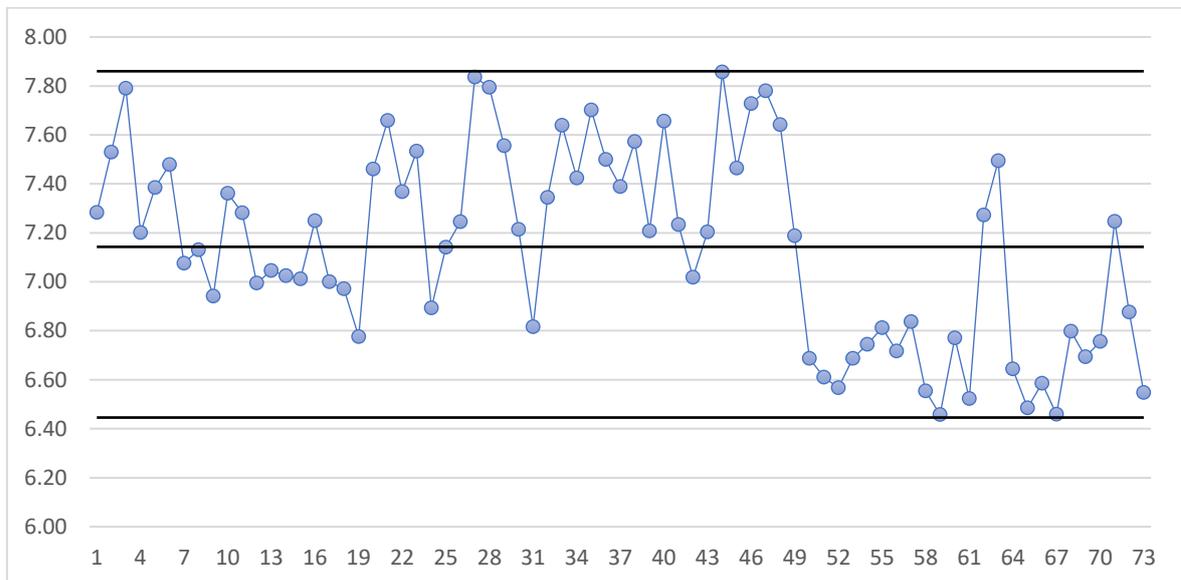


Figura 31: Costruzione finale della carta di controllo \bar{X} relativa al peso dei suini in ingresso nell'allevamento di svezzamento

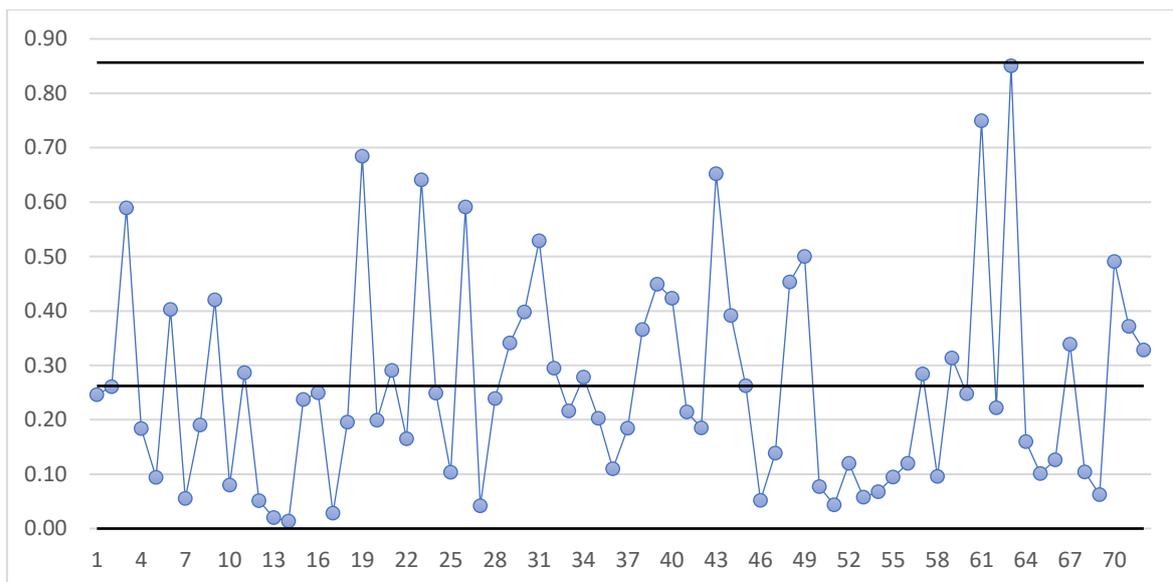


Figura 32: Costruzione finale della carta di controllo R relativa al peso dei suini in ingresso nell'allevamento di svezzamento

Infine, risulta interessante sottolineare come in *Figura 31* i valori finali, che corrispondono indicativamente al peso dei suini in lotti con data di svezzamento intorno alla seconda metà del 2021, presentino un peso inferiore rispetto ai punti precedenti. Questo fenomeno può essere stato causato dal virus della PRSS, in quanto proprio in quel periodo ha cominciato a diffondersi all'interno degli allevamenti. Il processo in questo periodo, anche se tutti i valori rientrano all'interno dei limiti, presumibilmente si è spostato. Una serie consecutiva di valori infatti ricade nella parte inferiore del grafico. Il virus probabilmente ha debilitato i suini portandoli ad avere un peso inferiore nel momento dell'ingresso nel ciclo di svezzamento. Le carte di controllo e il metodo utilizzato per la costruzione di esse hanno lo scopo di presentare all'azienda un possibile esempio e approccio per la costruzione di questi strumenti. In futuro l'azienda potrà, a partire da questo studio, valutare la possibilità di utilizzare un campione differente e sviluppare nuove carte di controllo.

3.2.2 Carta di controllo per il peso dei suini alla fine del ciclo di svezzamento

Lo stesso procedimento utilizzato per la costruzione della carta nel paragrafo 3.2.1 è utilizzato anche in questo paragrafo.

La variabile di interesse analizzata è il peso per suino all'uscita del ciclo di svezzamento. Il campione utilizzato si compone di 84 lotti in quanto, rispetto al paragrafo precedente, alcuni lotti non avevano concluso il periodo di svezzamento e in altre situazioni non è stato

possibile risalire al peso dei suini tramite il dataset “ingressi”.

Per valutare se i dati si possano considerare normalmente distribuiti, è eseguito il test di normalità di Shapiro-Wilk, con un livello di significatività α pari al 5%. La statistica W assume valore pari a 0.977 e il p-value presenta un valore pari al 13,36%. Dal momento che il p-value risulta maggiore del livello di significatività α , non è possibile rifiutare l’ipotesi nulla di normalità.

In *Figura 33* si nota come i dati sembrano seguire una distribuzione normale.

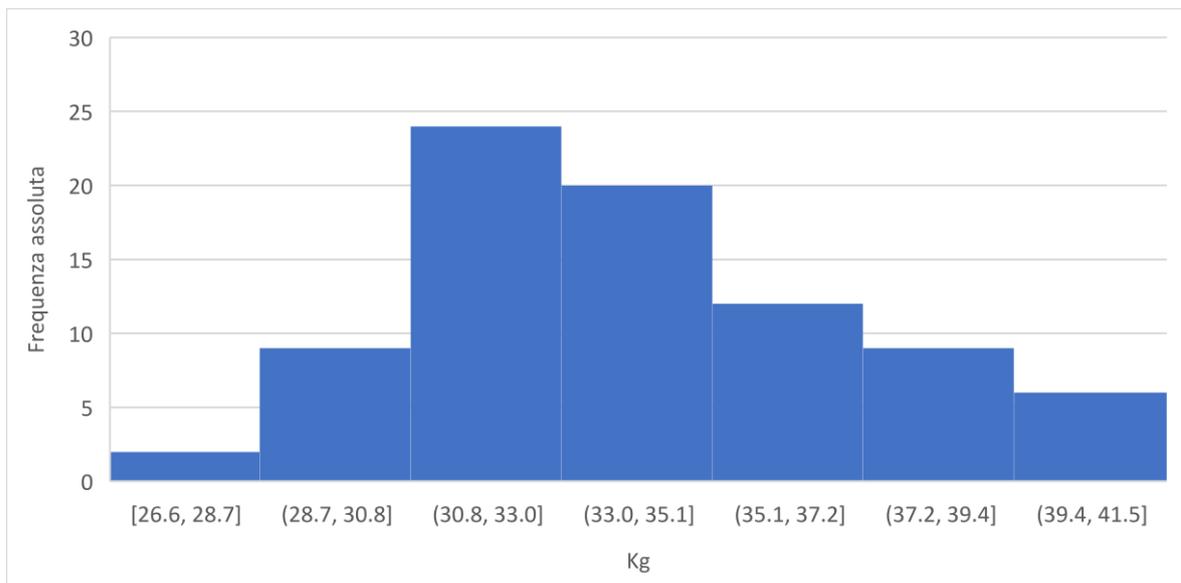


Figura 33: Rappresentazione grafica della distribuzione del peso dei suini all’ingresso dell’allevamento di svezzamento

Sono quindi calcolati i limiti delle carte \bar{X} e R secondo la 3.10 e 3.11 e risultato pari a:

$$\bar{X} = \begin{cases} UCL = 42.57 \\ CL = 33.97 \\ LCL = 25.36 \end{cases} \quad R = \begin{cases} UCL = 10.57 \\ CL = 3.24 \\ LCL = 0 \end{cases}$$

In *Figura 34* e *Figura 35* sono rispettivamente rappresentate le carte di controllo \bar{X} e R .

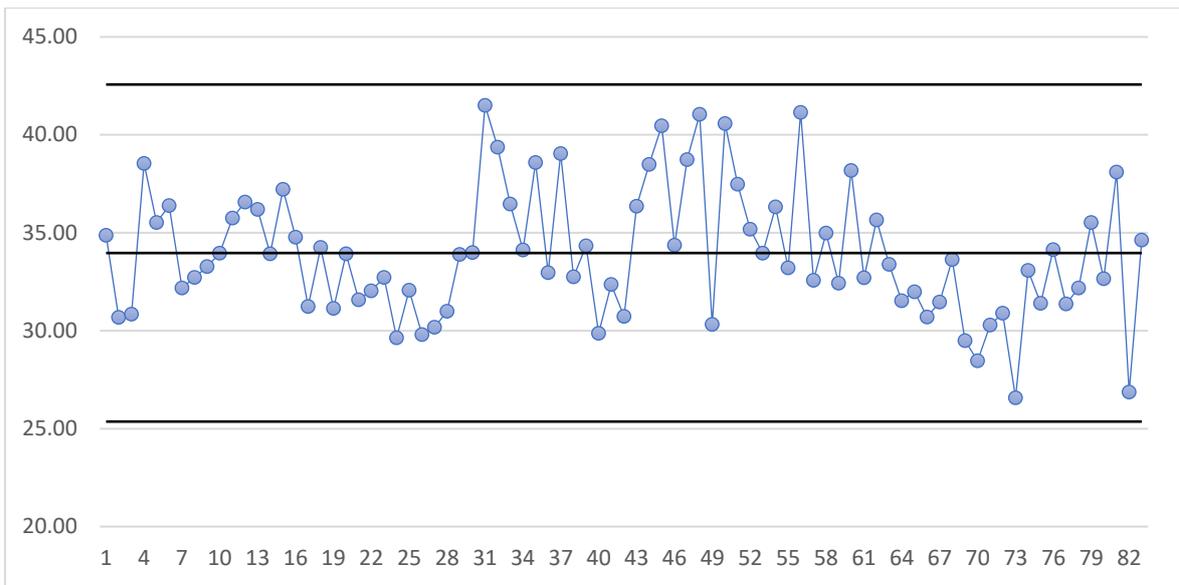


Figura 34: Prima costruzione della carta di controllo \bar{X} relativa al peso dei suini in uscita dall'allevamento di svezzamento

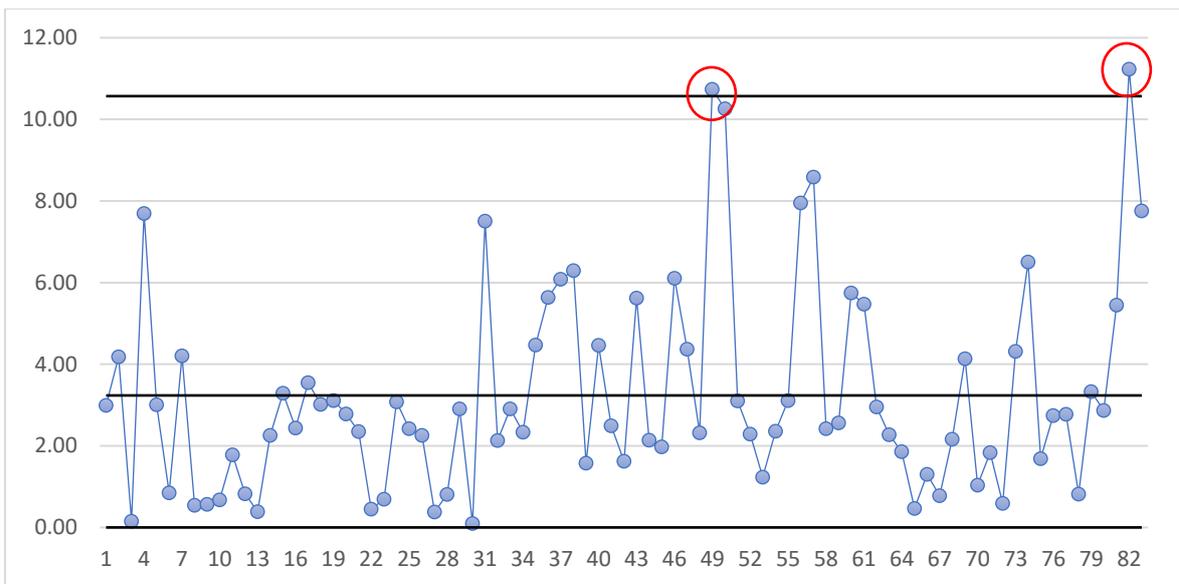


Figura 35: Prima costruzione della carta di controllo R relativa al peso dei suini in uscita dall'allevamento di svezzamento

Come si nota in *Figura 35* sono presenti due valori fuori controllo, è necessario quindi ricalcolare i limiti fino a quando tutti i valori non rientrano all'interno dei limiti.

I limiti finali delle carte risultano essere:

$$\bar{X} = \begin{cases} UCL = 41.60 \\ CL = 33.97 \\ LCL = 26.33 \end{cases} \quad R = \begin{cases} UCL = 9.38 \\ CL = 2.87 \\ LCL = 0 \end{cases}$$

In Figura 36 e Figura 37 sono riportate le carte \bar{X} e R finali.

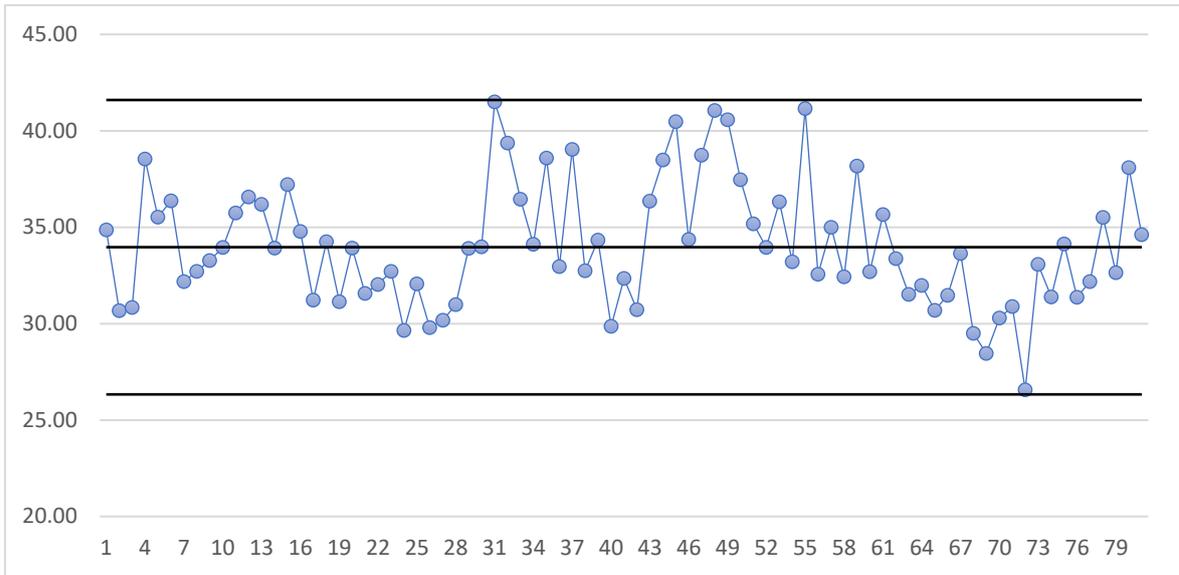


Figura 36: Costruzione finale della carta di controllo \bar{X} relativa al peso dei suini in uscita dall'allevamento di svezzamento

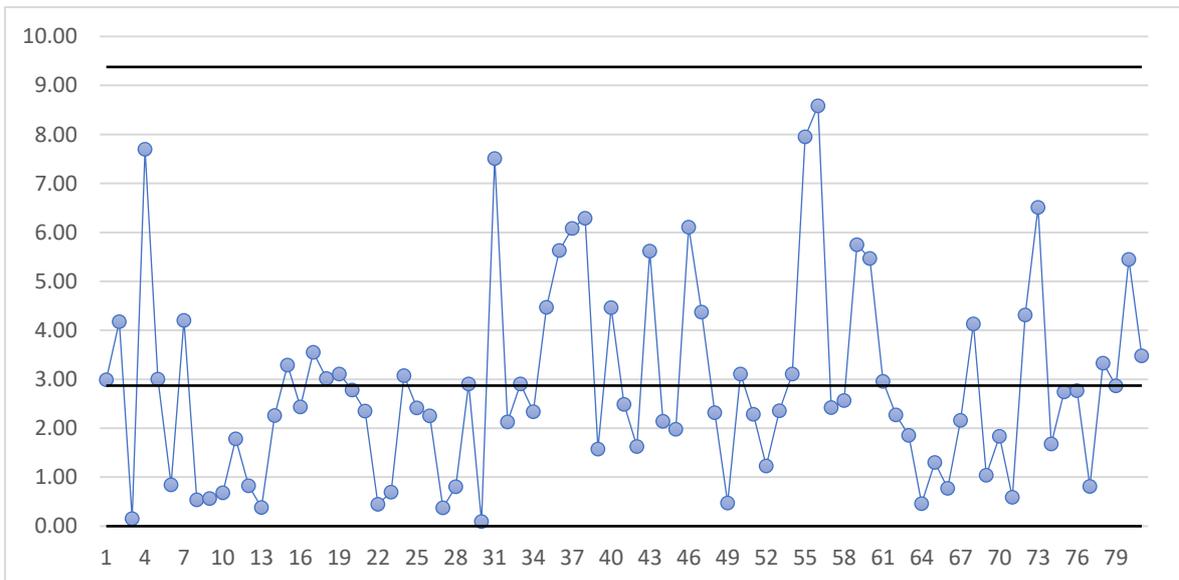


Figura 37: Costruzione finale della carta di controllo R relativa al peso dei suini in uscita dall'allevamento di svezzamento

3.3 Carta di controllo per la mortalità giornaliera nello svezzamento

All'interno del paragrafo è presentato lo sviluppo di una carta di controllo relativa al tasso di mortalità giornaliero nel ciclo di svezzamento. La scelta di creare una carta di controllo

per il ciclo di svezzamento nasce dalle analisi svolte all'interno del capitolo 2. In particolare, è emerso che il tasso di mortalità nel ciclo di svezzamento risulta maggiore rispetto al ciclo di ingrasso. Oltretutto dal paragrafo 2.2.4 si evidenzia che, al termine delle undici settimane di svezzamento, si verificano in media il 64% delle morti totali lungo tutto il ciclo di vita. Per queste ragioni il periodo di svezzamento è ritenuto il più critico e necessita quindi di strumenti che riescano a supportare gli operatori nella gestione di esso.

La carta individuata per lo studio è una carta \bar{X} -R in quanto, seppur fosse possibile l'applicazione di una carta \bar{X} -S, la carta \bar{X} -R risulta più adatta quando si utilizza un campione ridotto.

I dati di partenza per lo sviluppo della carta provengono dagli stessi lotti individuati nella *Tabella 20* in quanto, come precedentemente affermato, il tasso di mortalità dei lotti è meno disperso e questo campione si può considerare proveniente dalla stessa popolazione. L'utilizzo di un campione più esteso porterebbe a valutazioni erranee. Oltretutto, i limiti della carta sarebbero troppo ampi portando questo strumento a non segnalare possibili anomalie.

Prima di sviluppare la carta risulta necessario assumere che tutti i dati derivino dalla stessa distribuzione. In altre parole, è fondamentale assumere che la distribuzione della popolazione relativa al tasso di mortalità giornaliera, qualunque essa sia, sia sempre la stessa durante i 74 giorni del ciclo di svezzamento.

Una verifica intuitiva e rapida può essere fatta andando ad analizzare il grafico in *Figura 38*.

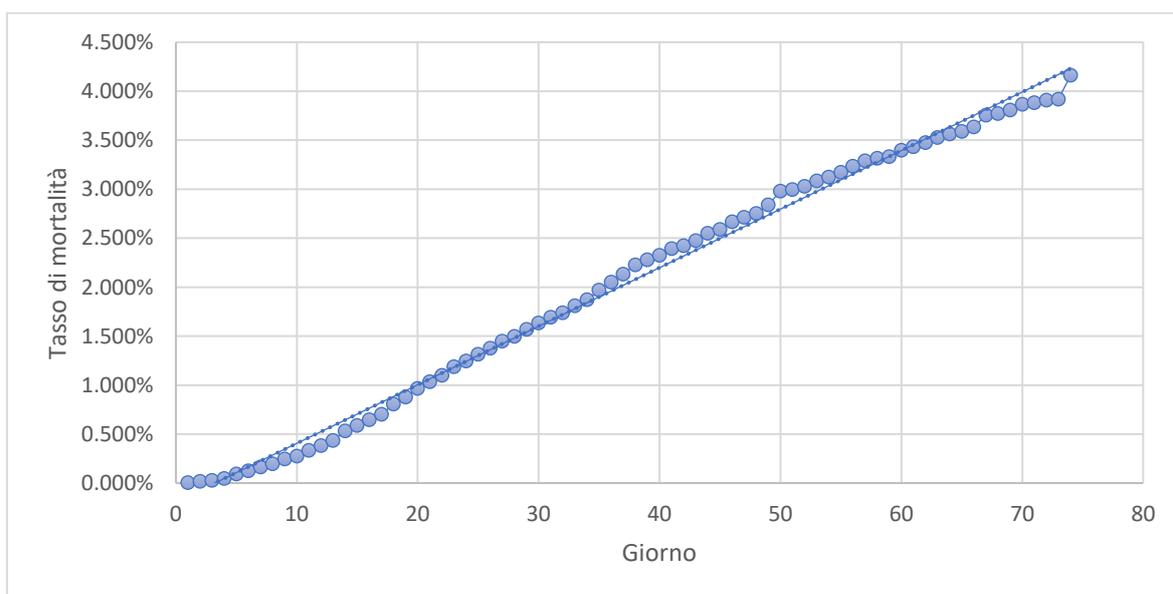


Figura 38: rappresentazione grafica del tasso di mortalità cumulato medio

Il grafico è stato costruito andando ad inserire nell'asse delle ordinate il tasso di mortalità media cumulata dei trentatré lotti utilizzati lungo i 74 giorni. Si nota come i punti sono abbastanza distribuiti in maniera lineare. La retta interpolante presenta un R^2 molto alto pari a 99.42%.

Per completezza viene presentata l'equazione della retta pari a:

$$y = 0.0006x - 0.0019$$

La variabile indipendente x rappresenta il numero del giorno del ciclo di svezzamento.

Seppur questa analisi sia semplicistica, permette di valutare velocemente se i dati possano provenire o meno dalla stessa distribuzione.

Per quanto riguarda il requisito di normalità, questo è garantito dal teorema del limite centrale, in quanto la media campionaria man mano che la numerosità del campione aumenta si avvicina sempre più a una distribuzione normale.

Rispettati i requisiti iniziali e definiti i lotti di partenza, è costruita la carta.

La progettazione della carta necessita di decidere la numerosità del campione. La scelta finale è quella di raccogliere all'interno del campione i dati sul tasso di mortalità giornaliera di ogni settimana. In altre parole, ogni campione è costituito da sette valori che rappresentano ognuno il tasso di mortalità registrato in un singolo giorno all'interno della settimana.

Per ogni campione è quindi calcolata la media e il valore del range.

Successivamente è calcolata la media delle medie, e il valore del range medio e si calcolano i limiti.

I limiti per la carta \bar{X} e per la carta R sono pari a:

$$\bar{X} = \begin{cases} UCL = \bar{\bar{X}} + A_2\bar{R} = 0.000552 + 0.419 * 0.00209 = 0.00140 = 0.14\% \\ CL = \bar{\bar{X}} = 0.000552 = 0.0552\% \\ LCL = \bar{\bar{X}} - A_2\bar{R} = 0.000552 - 0.419 * 0.00209 = 0 = 0\% \end{cases}$$

$$R = \begin{cases} UCL = D_4\bar{R} = 1.924 * 0.00209 = 0.00402 = 0.402\% \\ CL = \bar{R} = 0.00209 = 0.209\% \\ LCL = D_3\bar{R} = 0.076 * 0.00209 = 0.000159 = 0.0159\% \end{cases}$$

Il funzionamento della carta prevede che al termine di ogni settimana sia inserito all'interno della carta il valore del tasso di mortalità media registrato nei sette giorni precedenti e del range medio giornaliero sempre sulla base dei dati registrati all'interno della stessa settimana.

In *Figura 39* e *Figura 40* sono rappresentate graficamente le carte \bar{X} e R appena descritte. Come esempio è preso il lotto 0221T.

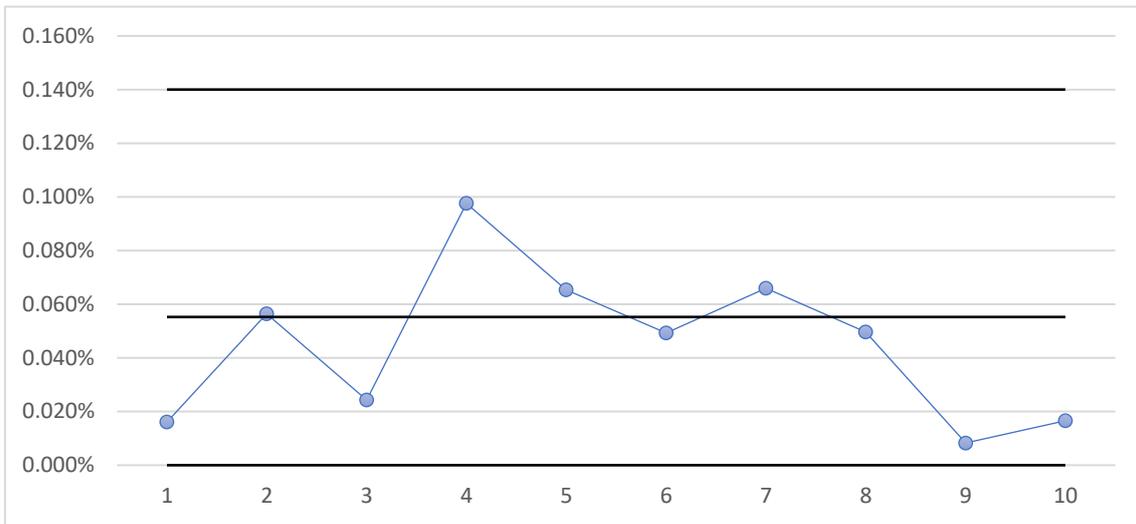


Figura 39: Tasso di mortalità medio giornaliero per ogni settimana del lotto 0221T, visualizzato attraverso una carta di controllo \bar{X}

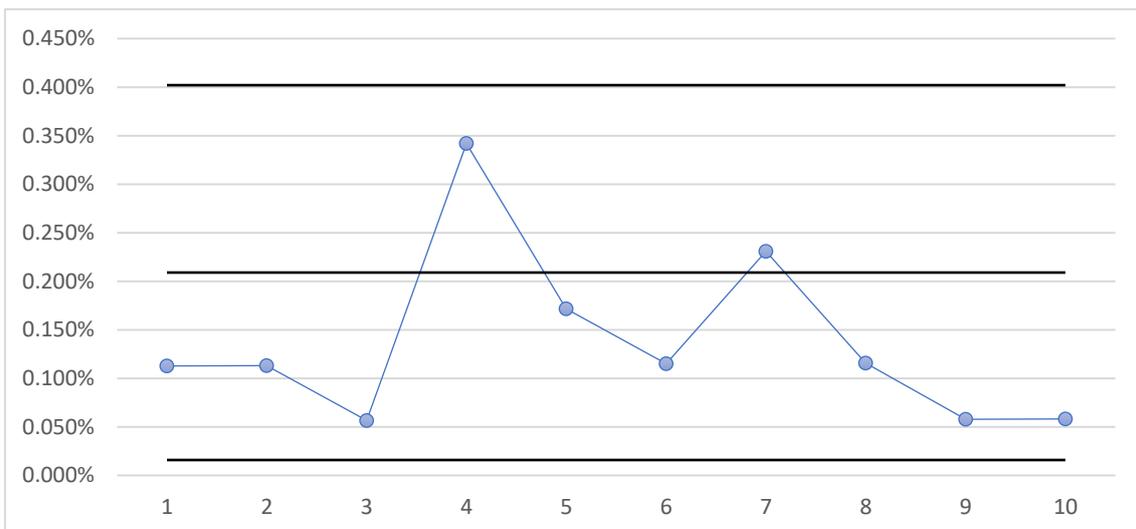


Figura 40: Range settimanale del lotto 0221T, visualizzato attraverso una carta di controllo R

Questo modello, però, presenta delle criticità. La prima riguarda l'asimmetria della carta \bar{X} in quanto il limite di controllo inferiore è pari a zero; mentre la seconda criticità è relativa alla risposta non troppo rapida della carta, in quanto i valori sono inseriti all'interno della carta a cadenza settimanale.

3.4 Modello di visualizzazione del tasso di mortalità cumulato nello svezzamento

Per superare la criticità legata alla bassa velocità di risposta della carta presentata nel paragrafo precedente, è costruito un modello per valutare il tasso di mortalità cumulato settimanale nel ciclo di svezzamento. Questo strumento non si può considerare come una carta di controllo, in quanto, i punti che sono inseriti al suo interno non sono indipendenti, come invece è richiesto nella costruzione di una carta di controllo.

Nonostante ciò, questo modello può risultare utile, in quanto i dati riguardo il tasso di mortalità cumulato sono inseriti giornalmente e si possono notare situazioni anomale in maniera più rapida.

La costruzione del modello è simile alla costruzione di una carta \bar{X} con campione mobile pari a due.

A partire dal campione rappresentativo utilizzato nel paragrafo precedente, sono calcolati i tassi di mortalità settimanali lungo le undici settimane del ciclo di svezzamento. Dopo aver sviluppato i dati, si calcolano le mortalità cumulate per ognuno dei trentatré lotti all'interno del campione rappresentativo.

Perché il modello possa essere consistente ed attendibile, è necessario valutare se i tassi di mortalità per ogni settimana si distribuiscano secondo una normale. Per valutare tale condizione viene utilizzato nuovamente il test di Shapiro-Wilk.

In *Tabella 33* sono presentati i risultati del test in cui per ogni settimana sono calcolati la statistica W e il relativo p -value.

Settimana	W	p-value
1	0.9064	0.01395
2	0.9667	0.4741
3	0.976	0.7279
4	0.9689	0.5301
5	0.9816	0.8774
6	0.9594	0.3169
7	0.9556	0.2557
8	0.9695	0.5463
9	0.9662	0.4614
10	0.9505	0.1888
11	0.9602	0.3324

Tabella 33: Valore delle statistiche W e p -value per ogni settimana

Il livello di significatività α considerato per il confronto con il p-value è pari al 5%.

Come si nota dalla tabella, tutti i valori di partenza delle diverse settimane non possono non considerarsi normalmente distribuiti ad eccezione della prima settimana.

Per il calcolo del valore del range è necessario ordinare i lotti in ordine crescente in base alla data di ingresso nell'allevamento di svezzamento.

Il range è calcolato come differenza del tasso di mortalità tra due lotti consecutivi.

Per ogni settimana sono quindi calcolati, sulla base dei lotti all'interno del campione, la media del tasso di mortalità cumulato e il valore del range medio, presentati in *Tabella 34*.

Settimana	Tasso di mortalità cumulato medio	Range medio
1	0.16%	0.14%
2	0.51%	0.31%
3	1.00%	0.53%
4	1.45%	0.60%
5	1.91%	1.06%
6	2.34%	1.30%
7	2.73%	1.47%
8	3.09%	1.46%
9	3.37%	1.50%
10	3.69%	1.50%
11	4.01%	1.65%

Tabella 34: Media del tasso di mortalità cumulato e range medio calcolati per ogni settimana

Infine, a partire dai valori della *Tabella 34*, sono calcolati i limiti della carta \bar{X} (*Tabella 35*) per ogni settimana attraverso la 3.10.

Settimana	UCL	CL	LCL
1	0.52%	0.16%	0.00%
2	1.34%	0.51%	0.00%
3	2.41%	1.00%	0.00%
4	3.05%	1.45%	0.00%
5	4.72%	1.91%	0.00%
6	5.80%	2.34%	0.00%
7	6.64%	2.73%	0.00%
8	6.98%	3.09%	0.00%
9	7.35%	3.37%	0.00%
10	7.68%	3.69%	0.00%
11	8.39%	4.01%	0.00%

Tabella 35: Limiti inferiori, centrali e superiori per settimana del modello

Dalla *Tabella 35* emerge come anche questo modello sia asimmetrico in quanto un limite è pari a zero. Questa situazione è determinata dalla variabilità, che risulta molto elevata.

È importante sottolineare che l'interesse principale dell'azienda è comunque quello di ricevere una "segnalazione" per situazioni anomale di alta mortalità, in modo da poter repentinamente intervenire e capire successivamente cosa ha causato tale mortalità.

In *Figura 41* è rappresentato graficamente il modello in cui all'interno è valutato l'andamento della mortalità del lotto 0221T.

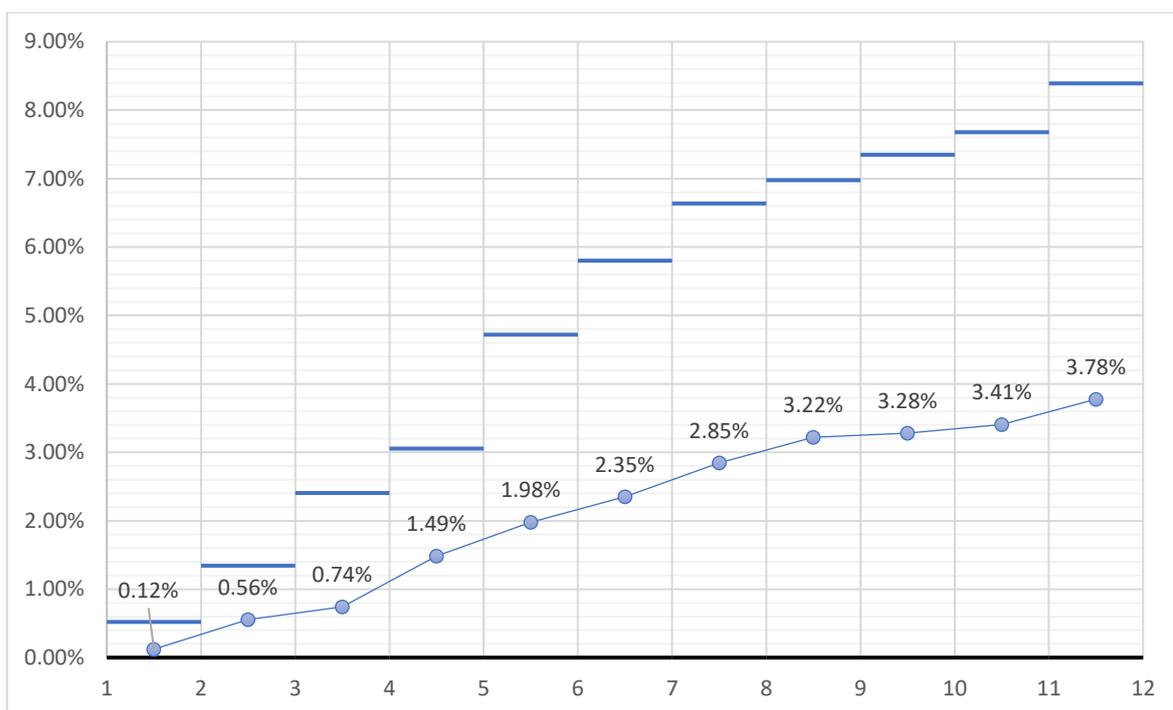


Figura 41: rappresentazione grafica dell'andamento della mortalità cumulata del lotto 0221T attraverso modello

Per avere un modello più rapido, l'idea migliore è quella di inserire i dati giornalmente. Sostanzialmente, per ottimizzare l'utilità del modello è necessario aggiornare giornalmente il tasso di mortalità cumulato andando a salvare il valore al termine dei sette giorni. In questo modo è possibile visionare situazione anomale più velocemente.

CONCLUSIONI

Il presente lavoro aveva l'obiettivo, in primo luogo, di creare delle statistiche descrittive in modo da poter offrire all'azienda una dettagliata reportistica sulle loro performance e, in secondo luogo, di creare strumenti atti a supportare gli operatori nella gestione quotidiana degli allevamenti.

Per quanto riguarda il primo obiettivo, sono stati rielaborati tutti i dati necessari per poter sviluppare un'analisi approfondita ed attinente su temi riguardanti le mortalità e i consumi. Dall'analisi sulla mortalità è emerso che il ciclo di svezzamento presenta una mortalità superiore rispetto al ciclo di ingrasso, seppur la sua durata sia inferiore.

Successivamente, attraverso la scelta di un campione ristretto, sono state stimate le distribuzioni normali del tasso di mortalità per i cicli di svezzamento ed ingrasso. In aggiunta, per quanto concerne il tasso di mortalità, è stata sviluppata un'analisi che mostra come le morti si distribuiscano settimanalmente. In particolare, si è notato come l'andamento della cumulata del tasso di mortalità nelle diverse settimane presenti un andamento a tassi marginali decrescenti. Sostanzialmente, le morti si riducono man mano che passano le settimane. Il periodo ritenuto maggiormente critico riguarda le prime undici settimane in cui si registrano in media il 64% dei decessi totali. La mortalità del lotto nel ciclo di svezzamento risulta comunque complessa da prevedere in quanto, dallo studio emerge che la variabilità in quel periodo risulta molto elevata.

Sempre all'interno dell'analisi della mortalità, è stato sviluppato uno studio che va ad esaminare i tassi di mortalità dei vari lotti all'interno dei differenti allevamenti di svezzamento. Attraverso tale analisi è stato evidenziato che, in particolare, l'allevamento 13 ha presentato mortalità superiori se confrontate con altri rispettivi allevamenti. In linea generale, però, seppur vi siano delle differenze, le mortalità all'interno dei singoli allevamenti hanno seguito gli stessi andamenti. Per esempio, nel 2018 tutti gli allevamenti presentavano valori di mortalità bassa, mentre nell'ultimo biennio i tassi di mortalità sono saliti molto.

Invece, relativamente alle cause di morte, è emerso che le più frequenti sono legate allo "scarto" e alla "soppressione", pari in media rispettivamente, in una situazione di mortalità ottimale, a 2,36 % e 0,73%.

Sullo studio dei consumi è stato sviluppato un modello previsionale che possa aiutare l'azienda a stimare quelli che sono i consumi di cibo e acqua giornalieri e con che tassi crescano.

Nella seconda parte del lavoro sono stati sviluppati degli strumenti atti a monitorare particolari variabili all'interno del ciclo di svezzamento.

La difficoltà maggiore incontrata nello sviluppo dello studio è stata legata al set di dati che, per quanto riguarda la mortalità, presentava una variabilità molto elevata. Questo è dovuto al fatto che i dati utilizzabili per l'analisi erano relativi solo agli ultimi cinque anni (2018-2023). Nel suddetto periodo, però, all'interno degli allevamenti il tasso di mortalità è aumentato notevolmente a causa dell'ingresso del virus della PRRS. I dati di partenza presentavano, quindi, valori di mortalità molto alta e un'analisi su di essi avrebbe portato a conclusioni erronee. Per questo motivo è stato molto importante selezionare un set di dati idoneo a sviluppare lo studio. Le analisi si sono basate, infatti, su un set di dati ristretto. In futuro, quando l'azienda riuscirà a eliminare il virus all'interno degli allevamenti e raccoglierà un numero di dati più ampio potrà andare ad aggiornare e migliorare le analisi qui proposte. In quest'ottica risulterebbe importante riuscire a sviluppare delle carte di controllo che possano monitorare l'andamento dei consumi. Per fare ciò, sarà necessario ampliare la raccolta dei dati anche ad ulteriori allevamenti e superare alcune criticità legate alla corretta misurazione dei pesi dei silos. Purtroppo, nel presente lavoro non è stato infatti possibile sviluppare tali strumenti in quanto, i dati di partenza non erano abbastanza numerosi e presentavano comunque una variabilità abbastanza elevata.

Un aspetto fondamentale nello sviluppo di un progetto come il suddetto è la standardizzazione nella raccolta dei dati. In questo senso, l'azienda nel tempo ha cambiato le modalità di raccolta e memorizzazione dei dati. In particolare, ritengo che a partire dal 2018 le scelte di inserire giornalmente le morti avvenute e collegare ad ogni lotto la rispettiva numerosità nel momento dell'ingresso nell'allevamento di svezzamento siano state corrette. In aggiunta l'azienda dovrebbe sviluppare un ulteriore dataset in cui per ogni chiave ciclo sia collegata la rispettiva numerosità. Questo perché nel momento in cui il lotto si sposta negli allevamenti non si riesce a derivare in maniera semplice in che modo viene suddiviso. Infine, l'ultima osservazione è relativa alla modalità con cui si dovrà aggiornare il tasso di mortalità del lotto. Ritengo sia opportuno che il tasso di mortalità sia misurato in relazione alla chiave ciclo e non sul lotto totale. La scelta deriva dal fatto che, se si vuole misurare la mortalità all'interno dei singoli allevamenti la scelta migliore è quindi avere come soggetto il gruppo di suini all'interno di quel rispettivo allevamento, caratterizzati appunto dall'attributo *CycleKey*. Dato che, il set di dati legati alla mortalità è già presente all'interno del software, sarebbe opportuno per ogni morte registrata associare il tasso di mortalità cumulato e il tasso di mortalità giornaliero relativo al singolo lotto. In questo modo, oltre al

numero di morti avvenute giornalmente, si potrebbe monitorare in maniera semplice anche il tasso di mortalità. In ogni caso, perché la carta di controllo legata al tasso di mortalità possa funzionare è necessario calcolare giornalmente il tasso di mortalità del lotto.

Infine, intendo sottolineare che questo lavoro rappresenta per l'azienda un punto di partenza. Sono stati sviluppati degli strumenti utilizzabili nell'immediato, ma l'utilità maggiore che l'azienda può trarre dal lavoro sono le metodologie e la logica con cui le analisi sono state sviluppate.

SITOGRAFIA

<https://ilmondodeglianimali.altervista.org/le-fasi-della-vita-del-maiale/>

Accenni sulle fasi di vita del suino all'interno di stabilimenti commerciali.

<https://suinicoltura.edagricole.it/salute-e-benessere/scrofe-libere-nel-box-parto-come-cambia-la-gestione>

Articolo che tratta il tema del cambio legislativo apportato dalla Direttiva 2008/120/CE del Consiglio Europeo e dell'utilizzo di box parto in alternativa alle gabbie parto.

<https://www.ceva-italia.it/SPECIE/Suini/Ceva-blog/Come-ridurre-la-mortalita-dei-suinetti-nell-unita-parto>

Indicazioni sul tasso di mortalità in sala parto e principali cause di morte.

<https://www.alimenti-salute.it/content/allevamento-suino>

Panoramica sugli allevamenti suini.

http://www.sardegnaagricoltura.it/documenti/14_43_20200724110305.pdf

Panoramica sulla gestione e sistemi di allevamento dei suini.

<https://www.anmvioggi.it/media/files/IL%20TESTO%20DEL%20DECRETO%20DI%20RECEPIMENTO.pdf>

Decreto Legislativo per l'attuazione della direttiva 2008/120/CE che stabilisce le norme minime per la protezione dei suini.

<https://www.blv.admin.ch/blv/it/home/tiere/tierseuchen/uebersicht-seuchen/alle-tierseuchen/prrs.html>

Spiegazione virus della PRRS, diffusione e impatti sugli allevamenti.

<https://real-statistics.com/tests-normality-and-symmetry/statistical-tests-normality-symmetry/shapiro-wilk-test/>

Spiegazione di come effettuare il test di Shapiro-Wilk su Excel.

<https://paolapozzolo.it/coefficiente-di-variazione-statistica/>

Accenni sul coefficiente di variazione statistica.

<https://suinicoltura.edagricole.it/salute-e-benessere/lallevamento-del-futuro-e-di-precisione/>

Spiegazione della zootecnia di precisione e digitalizzazione all'interno degli allevamenti

BIBLIOGRAFIA

- [1] F. Tonon (2008), LAR-Large Animal Review, volume unico, 81-84.
- [2] Direttiva 2008/120/CE del Consiglio Europeo, 18 dicembre 2008, Allegato 1, Parte 2.
- [3] F. Bertacchini, I. Campani (2013), Manuale di allevamento suino. L'azienda e l'impresa suinicola, Volume 1, pagina 92-96.
- [4] Direttiva 2008/120/CE del Consiglio Europeo, 18 dicembre 2008, Articolo 3.1.b.
- [5] Direttiva 2008/120/CE del Consiglio Europeo, 18 dicembre 2008, Articolo 3.4.
- [6] CoreOrganic II (2015), Migliorare benessere e salute dei suini, prima edizione, volume unico, pagine 75-80.
- [7] Direttiva 2008/120/CE del Consiglio Europeo, 18 dicembre 2008, Articolo 3.1.a.
- [8] Istituto Zooprofilattico Sperimentale delle Venezie (2018), Sindrome Riproduttiva e Respiratoria Suina-Linee Guida, prima edizione, pagine 5-9.
- [9] G. Vicario, R. Fontana (2008), Metodi statistici per la sperimentazione, prima edizione settembre 2008, volume unico, pagine 201-208, 230-234.
- [10] Sam S. Shapiro, Martin Bradbury Wilk (1965). An analysis of variance test for normality (complete samples), volume 52, pagine 591-611.
- [11] Sheldon M. Ross, Probabilità e statistica per l'ingegneria e le scienze, Trento, Apogeo, 2003, 208-217.
- [12] Douglas C. Montgomery (2009), Introduction to Statistical Quality Control, sesta edizione, pagine 228-259.

RINGRAZIAMENTI

Ringrazio il Professore Franceschini per la disponibilità, la gentilezza e i consigli che mi ha offerto per lo sviluppo del lavoro. Ho percepito in lei, fin dal primo momento, la grande passione e professionalità che ha nell'insegnamento.

Ringrazio la Dottoressa Annalisa Scollo per l'aiuto, la comprensione e il tempo che mi ha concesso. Le sue competenze sono state indispensabili per lo sviluppo della tesi.

Ringrazio mia madre per la pazienza e per avermi insegnato ad essere una brava persona. Questo traguardo l'abbiamo raggiunto insieme.

Ringrazio mio padre per avermi insegnato i valori importanti della vita e per esserci sempre stato nel momento del bisogno.

Ringrazio mia sorella per l'amore e la delicatezza che ha sempre avuto nei miei confronti. Ti auguro una vita piena di successi da poter condividere insieme.

Ringrazio la mia fidanzata per essere stata al mio fianco nei momenti belli e soprattutto nei momenti brutti. Grazie per aver portato serenità nella mia vita. Spero di poter condividere con te molti altri traguardi.

Ringrazio gli amici di una vita che mi hanno accompagnato e sostenuto in questo percorso. Spero di continuare a ridere, scherzare e condividere esperienze con voi.