

WEBINAR
6 Maggio 2026
Ore 14:30-16:30



Il potere dei dati e dell'intelligenza artificiale nell'allevamento del bovino da latte

COME L'ANALISI DEI DATI E L'INTELLIGENZA ARTIFICIALE POSSONO SUPPORTARE LE DECISIONI TECNICHE IN ALLEVAMENTO, MIGLIORANDO EFFICIENZA PRODUTTIVA, GESTIONE AZIENDALE E SOSTENIBILITÀ

Organizza:  **edagricole** |  **tecniche nuove**

In collaborazione con: **DDW** 

Media partner: **EIZ**  **INFORMATORE ZOOTECNICO**

Il futuro dei dati in zootecnia: verso i Digital Twins

Francesco Maria Tangorra

Università degli Studi di Milano

- **Un mondo in cui ogni processo, macchina e prodotto abbia un corrispettivo virtuale**
- **I Digital Twins (DTs) in zootecnia**
- **Cos'è un DT e come lavora?**
- **Architettura di un DT, tecnologie abilitanti: il ruolo della zootecnia di precisione**
- **Alcuni esempi di DT per l'allevamento della bovina da latte**
- **Sfide e potenzialità**

Un mondo in cui ogni processo, macchina e prodotto abbia un corrispettivo virtuale

... è quello che sta avvenendo nel settore manifatturiero, grazie all'introduzione dei **“gemelli digitali”**:

- modelli virtuali dinamici di oggetti fisici, sistemi o processi, capaci di rispecchiare le operazioni mentre avvengono
- permettono di simulare scenari, analizzare prestazioni e ottimizzare risultati senza intervenire direttamente sul processo produttivo

- Il concetto di oggetto speculare è solo relativamente nuovo
- Dal 1960, la National Aeronautics and Space Administration (NASA) ha creato sistemi a specchio per monitorare le navicelle spaziali in missione e trovare soluzioni ad eventuali problemi
- L'esempio più famoso è un ambiente simulato sviluppato durante la missione Apollo 13 nella quale vennero costruiti due veicoli spaziali identici che si rispecchiavano l'uno nell'altro



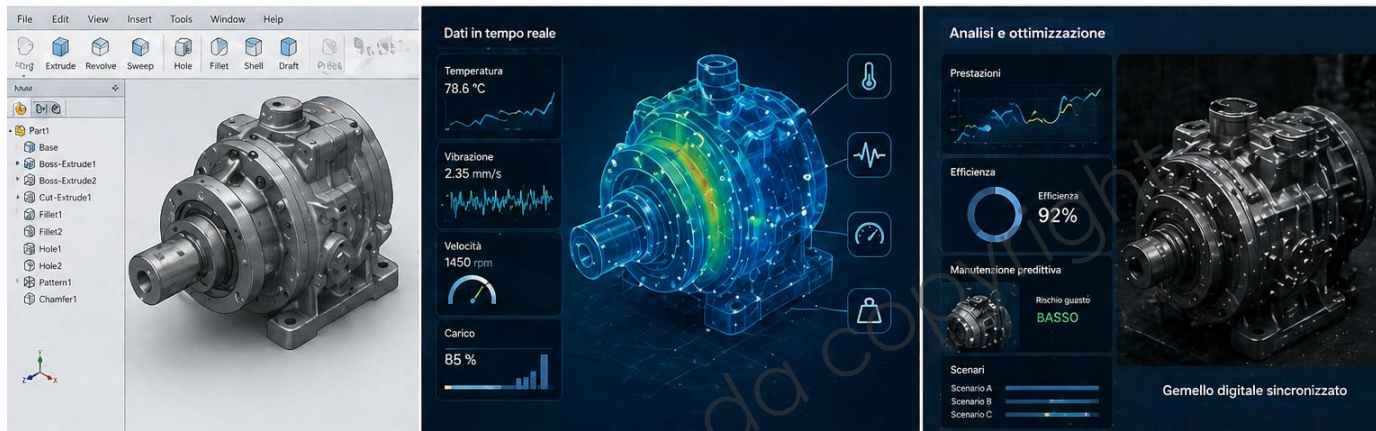
1. CAD
Modelli digitali dettagliati
di oggetti fisici



2. Simulazioni dinamiche
Modelli che interagiscono in tempo reale
con i dati grazie a potenza di calcolo
e diffusione di sensori



3. Gemello digitale
Decisioni, analisi e ottimizzazione
senza intervenire sull'asset fisico



4. La rappresentazione visiva non è un prerequisito

Il modello digitale può anche essere un insieme di equazioni in un foglio di calcolo



	A	B
1	Parametro	Valore
2	Massa (m)	12,5 kg
3	Smorzamento (c)	125 Ns/m
4	Rigidezza (k)	8500 N/m
5	Forza (F)	1000 N
6		

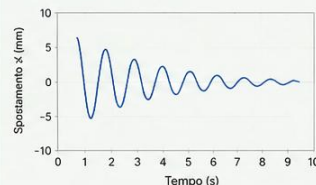
Esempio di modello (equazione)

$$m\ddot{x} + c\dot{x} + kx = F(t)$$

dove:

- m = massa
- c = coefficiente di smorzamento
- k = rigidezza
- F(t) = forza applicata

Simulazione numerica



Il modello digitale
può essere
equazioni
o fogli di calcolo,
non solo grafica 3D.

GEMELLI DIGITALI: INNOVAZIONE E AFFIDABILITÀ IN AZIONE

Modelli virtuali dinamici che replicano asset fisici, integrano dati in tempo reale, prevedono guasti, ottimizzano prestazioni e riducono costi.



Gemelli digitali per progettare, collaudare e gestire la manutenzione degli aerei. Prevedono i guasti prima che si manifestino e ottimizzano le prestazioni.

-80%
tempi di
assemblaggio

-50%
tempi di sviluppo
software

RISPARMI
nei costi di
manutenzione
e riparazioni



SETTORE AEROSPAZIALE

AIRBUS

Gemelli digitali alimentati da dati in tempo reale per perfezionare la progettazione e la produzione dei velivoli. I modelli virtuali riproducono ogni aspetto delle prestazioni, dall'aerodinamica al funzionamento dei sistemi.



Gemelli digitali per monitorare i motori a reazione. I cloni virtuali anticipano le necessità di manutenzione. Risultati: -40% manutenzione e aumento dell'uptime.

UPTIME
+40%

MANUTENZIONE
-40%



- Ottimizzazione dei consumi di carburante
- Riduzione dell'impatto ambientale
- Aviazione più sostenibile



Ogni auto ha una controparte digitale che raccoglie dati lungo l'intero ciclo di vita.

Migliora i progetti, anticipa la manutenzione e accresce la soddisfazione dei clienti.

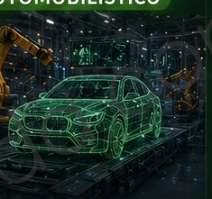


SETTORE AUTOMOBILISTICO



BMW

Gemelli digitali per ottimizzare la produzione, simulare linee di montaggio e prestazioni dei veicoli in diverse condizioni. Migliorano qualità, sicurezza e accelerano sviluppo e validazione di nuove funzionalità.



CATERPILLAR

Monitora in tempo reale le macchine movimento terra. Anticipa gli interventi necessari, riducendo fermate inattese.

Addestra gli operatori e aumenta l'uptime e riduce i costi.



- Manutenzione proattiva
- Maggiore sicurezza
- Maggiore uptime e riduzione costi



Gemelli digitali per ottimizzare le linee produttive e innalzare la qualità dei prodotti.

Simulano scenari per individuare i processi più efficienti, ridurre sprechi e consumi energetici e mantenere coerenza e qualità tra i siti produttivi.



SETTORE INDUSTRIALE

Processi più efficienti

Riduzione sprechi e consumi

Qualità costante e conformità

P&G
Procter & Gamble

Gemelli digitali per rendere più efficiente la supply chain e ottimizzare la produzione.

Simulano scenari logistici, individuano colli di bottiglia, riducendo costi e garantendo qualità e rispetto degli standard.



- Supply chain più efficiente
- Riduzione dei costi
- Qualità garantita e standard rispettati

DATI IN TEMPO REALE
Raccolti da sensori e sistemi

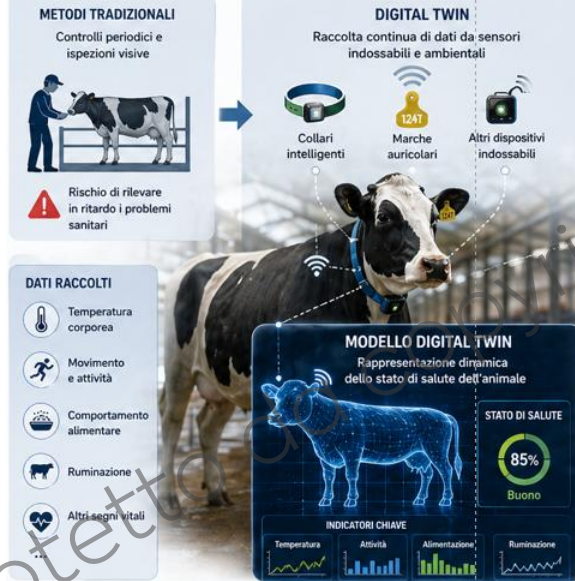
MODELLI VIRTUALI DINAMICI
Simulazioni fedeli e aggiornate

PREVISIONI E ANALISI
Anticipano problemi e opportunità

DECISIONI OTTIMIZZATE
Migliori prestazioni e competitività

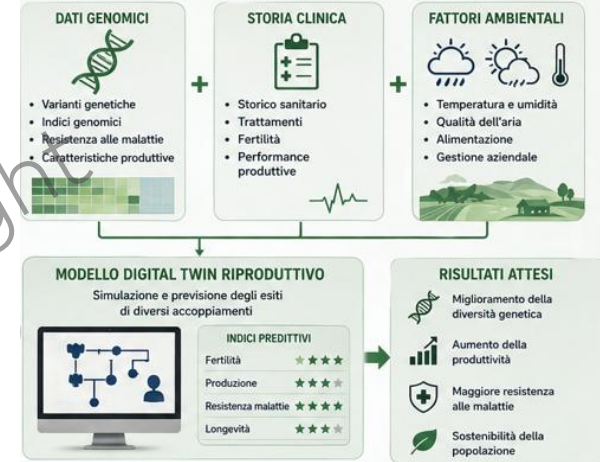
Applicazioni chiave in zootecnia

1. MONITORAGGIO IN TEMPO REALE DELLA SALUTE ANIMALE



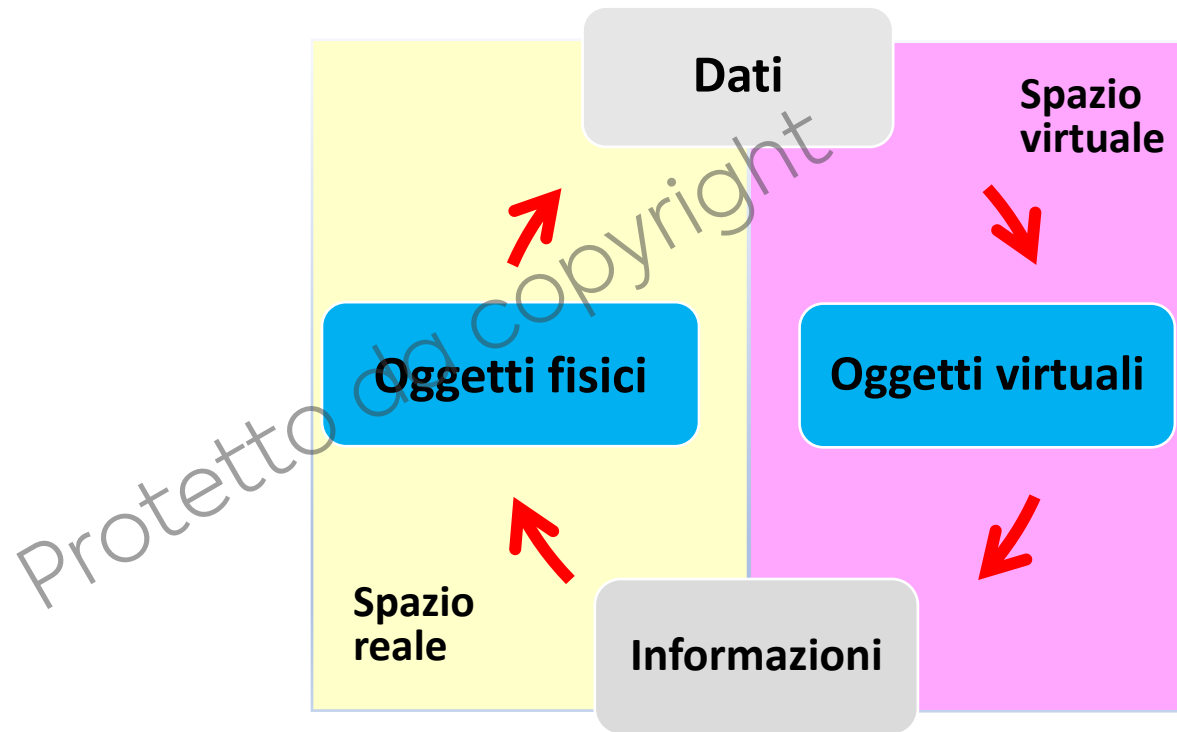
2. OTTIMIZZAZIONE DELLE STRATEGIE DI RIPRODUZIONE

I Digital Twin integrano molteplici dati per comprendere e prevedere le migliori condizioni riproduttive.

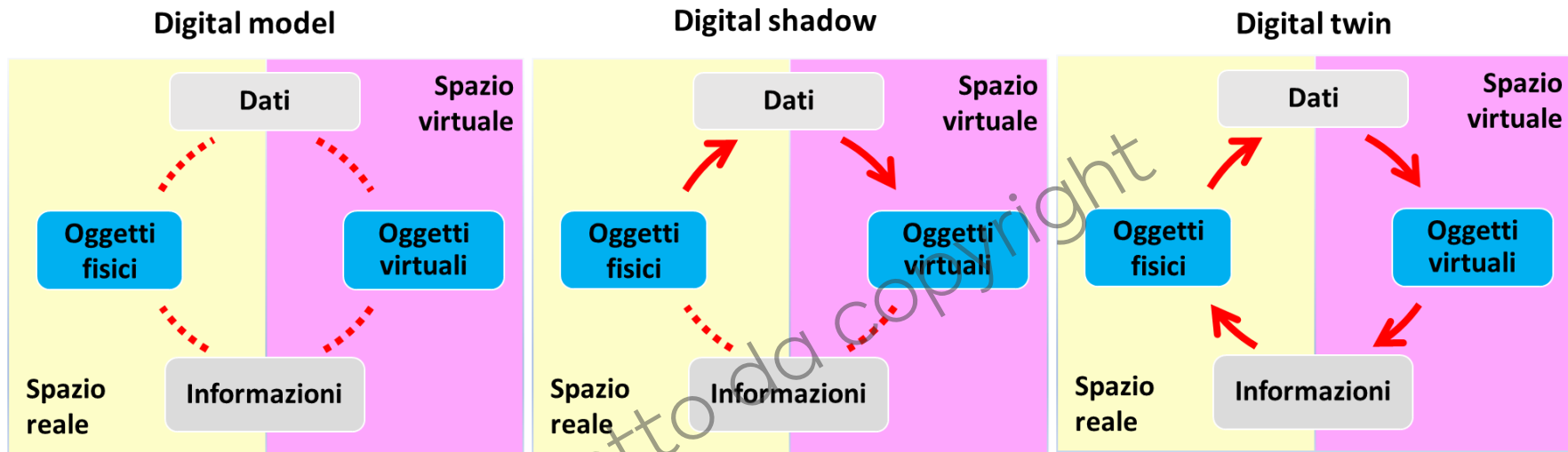


Cos'è un Digital Twin?

- Rappresentazione digitale di un'entità fisica esistente;
- Sistema costituito da tre sottosistemi principali:



Digital Model (DM), Digital Shadow (DS), Digital Twin (DT)

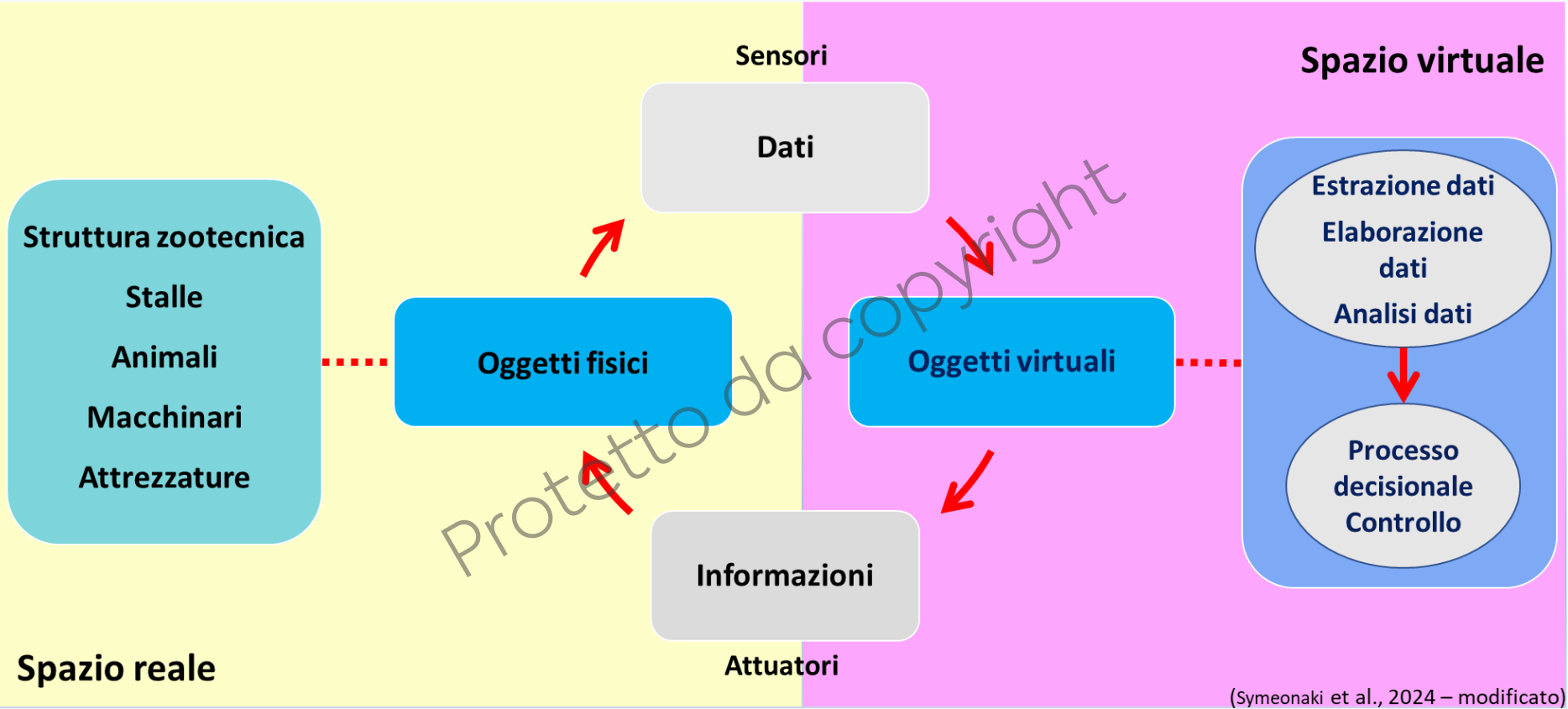


- rappresentazione digitale di un'entità fisica;
 - **NO** scambio dati automatico tra prodotto fisico e prodotto virtuale;
 - Una **modifica** nel prodotto fisico **non provoca** una modifica nel prodotto virtuale e viceversa.
- rappresentazione digitale di un'entità fisica;
 - **Flusso unidirezionale e automatizzato** di dati tra prodotto fisico e prodotto virtuale;
 - Una **modifica** nel prodotto fisico **provoca** una modifica nel prodotto virtuale ma **non viceversa**.
- rappresentazione digitale di un'entità fisica;
 - **Flusso bidirezionale e automatizzato** di dati/informazioni tra prodotto fisico e prodotto virtuale;
 - Una **modifica** nel prodotto fisico **provoca** una modifica nel prodotto virtuale e **viceversa**.

..... Manual dataflow

→ Automatic dataflow

DTs nelle produzioni zootecniche



(Symeonaki et al., 2024 – modificato)

1 RACCOLTA DEI DATI dall'oggetto fisico

Una rete di sensori rileva in modo continuo diversi parametri.

Esempio - impianto di mungitura:

- Livello del vuoto
- Frequenza e rapporto di pulsazione
- Flusso di stacco
- Tempo di attesa flusso prima dello stacco dei gruppi prendicapezzoli
- ...



2 PIATTAFORMA IoT Elaborazione e gestione dei dati

I dati raccolti dai sensori vengono elaborati tramite piattaforme IoT che gestiscono la connessione, il monitoraggio, l'analisi e l'elaborazione dei dati, fungendo da intermediario tra hardware e applicazioni.



3 CREAZIONE DEL MODELLO DI DIGITAL TWIN con software di simulazione

Viene creato il modello di DT utilizzando dati in tempo reale per costruire una replica virtuale dettagliata dell'oggetto fisico e aggiornarla continuamente per riflettere cambiamenti o anomalie.



4 MACHINE LEARNING E INTELLIGENZA ARTIFICIALE

Algoritmi di ML e AI analizzano dati storici e in tempo reale per stimare le future prestazioni e le potenziali criticità.



Come lavora un DT

7 FEEDBACK CONTINUO TRA MONDO FISICO E VIRTUALE

I cambiamenti nel mondo fisico sono riflessi nel DT e gli insight del DT ottimizzano le operazioni fisiche, mantenendo il Digital Twin aggiornato, accurato ed efficace.



6 VISUALIZZAZIONE E INTERAZIONE CON L'UTENTE

Interfaccia intuitiva con funzionalità avanzate.



5 SIMULAZIONI E ANALISI PREDITTIVE

Esecuzione di simulazioni in ambiente virtuale per testare scenari differenti, prevedere la manutenzione e pianificare interventi per ridurre i fermi.



SIMULAZIONI DI SCENARI



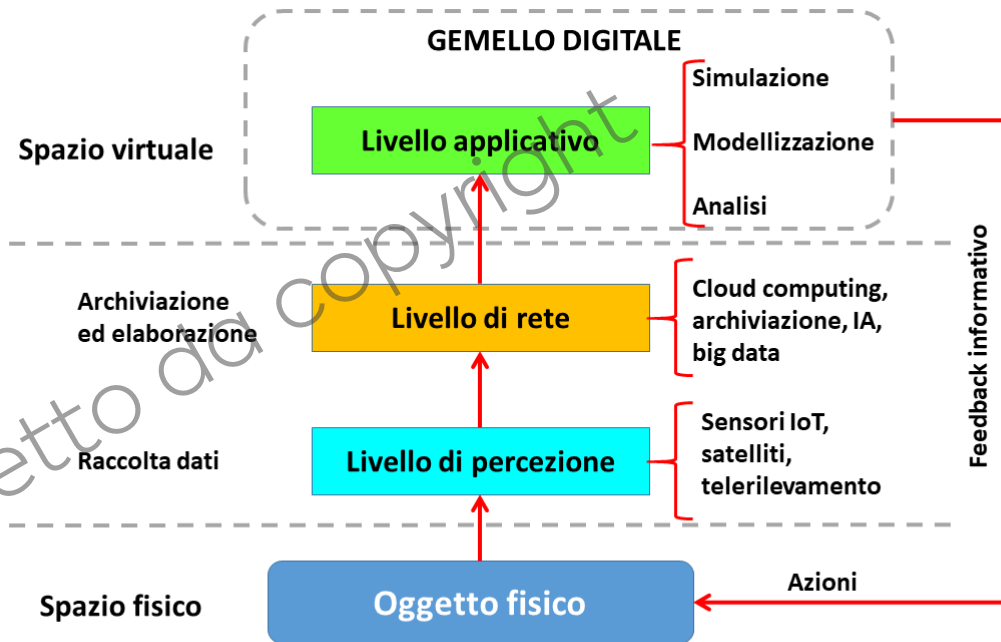
MANUTENZIONE PREDITTIVA



PIANIFICAZIONE INTERVENTI

Architettura di un DT

- L'architettura fondamentale di un DT è organizzata in tre livelli:



(Zhang et al. 2025)

- Nel tempo l'architettura dei DT è cambiata grazie ai progressi realizzati in aree chiave come il calcolo, le comunicazioni e le tecnologie sensoristiche
- Nel **contesto agro-zootecnico**, le architetture devono essere adattate per gestire **dati ad alta frequenza, biologicamente variabili e distribuiti nello spazio**, garantendo al contempo reattività e scalabilità in condizioni di vincoli di risorse.
- I compiti di classificazione e di preelaborazione dei dati vengono delegati a livello aziendale ai dispositivi edge, come microcontrollori embedded (circuiti integrati che combinano un processore, memoria e periferiche su un singolo chip).
- Le simulazioni più complesse e le routine di ottimizzazione sono demandate al Cloud.

DIGITAL TWIN A 5 LIVELLI

INTEGRAZIONE TRA CONTROPARTI FISICHE E VIRTUALI



1. INTERNET OF THINGS (IoT)

L'IoT è l'ossatura dei Digital Twin: connette oggetti fisici e sensori che acquisiscono e trasmettono dati in tempo reale (temperatura corporea, peso, movimento, ecc.) attraverso protocolli di trasmissione e gateway. Questo mantiene il Digital Twin sincronizzato con l'oggetto fisico e permette di definire scenari tendenziali.



2. MACHINE LEARNING (ML)

Il Machine Learning è una forma di IA che consente ai computer di apprendere dai dati ed elaborare inferenze o decisioni senza programmazione esplicita. Nei Digital Twin fornisce simulazioni avanzate e pianificazione di scenari, offrendo insight a supporto delle strategie e rendendo i processi decisionali più flessibili e guidati dai dati.



4. REALTÀ AUMENTATA (AR) E REALTÀ VIRTUALE (VR)

La Realtà Aumentata e la Realtà Virtuale introducono visualizzazioni immersive nei Digital Twin, consentendo agli utenti di interagire con modelli virtuali nello spazio tridimensionale.

REALTÀ AUMENTATA (AR)



Sovrappone in tempo reale dati sulle apparecchiature reali per supportare attività di manutenzione ed operative.

REALTÀ VIRTUALE (VR)



Impiega simulazioni completamente virtuali per formare il personale in ambienti sicuri e controllati.

Tecnologie abilitanti dei DT

3. CLOUD COMPUTING (CC)

Il Cloud fornisce l'infrastruttura scalabile per gestire i grandi volumi di dati dei Digital Twin. Offrendo accesso remoto a risorse di archiviazione ed elaborazione, supporta il monitoraggio in tempo reale e abilita analisi predittive su scala globale. Riduce il fabbisogno di infrastrutture locali, rendendo l'implementazione dei Digital Twin più flessibile ed economica.



Il ruolo della PLF

1. BIOSENSORI

Monitorano parametri vitali, attività e localizzazione degli animali.

- NON A CONTATTO**
 - Termometri a infrarossi RFID**
Misurano la temperatura cutanea e rilevano lo stato di salute
- INDOSSABILI**
 - Marche auricolari RFID**
Identificazione e tracciamento individuale
 - Sensori di attività**
Rilevano variazioni comportamentali indicative di problemi sanitari o dello stato di estro delle bovine



2. SENSORI PER L'ALIMENTAZIONE

Permettono di valutare e monitorare le attività di alimentazione e ottimizzare l'efficienza dei sistemi di alimentazione.

- MONITORAGGIO DELL'ALIMENTAZIONE**
 - Movimenti della mandibola quantificati direttamente
 - Variazioni di pressione o lunghezza di un sensore attorno al muso
 - Microfoni che catturano e analizzano i pattern acustici durante l'alimentazione
- SISTEMI DI ALIMENTAZIONE AUTOMATICA**
L'identificazione elettronica di ogni animale consente di monitorare:
 - Orario e data dei pasti
 - Peso del mangime consumato
 - Durata dell'alimentazione
- ALTRI VANTAGGI (es. settore avicolo)**
 - Monitoraggio capacità di mangime e acqua dei contenitori
 - Controllo traboccamenti



3. SENSORI AMBIENTALI

Monitorano le condizioni microclimatiche per garantire comfort e salute degli animali.

- Temperatura
- Umidità
- Ventilazione
- Qualità dell'aria
- Illuminamento
- CO₂ Concentrazione di CO₂
- NH₃ Concentrazione di NH₃

Scostamenti dai valori soglia attivano meccanismi di compensazione per evitare stress agli animali.

TECNOLOGIE ABILITANTI

- Dispositivi IoT a basso costo + Risorse Open Source (software e hardware) → Diffusione del monitoraggio ambientale IoT economico ed efficace

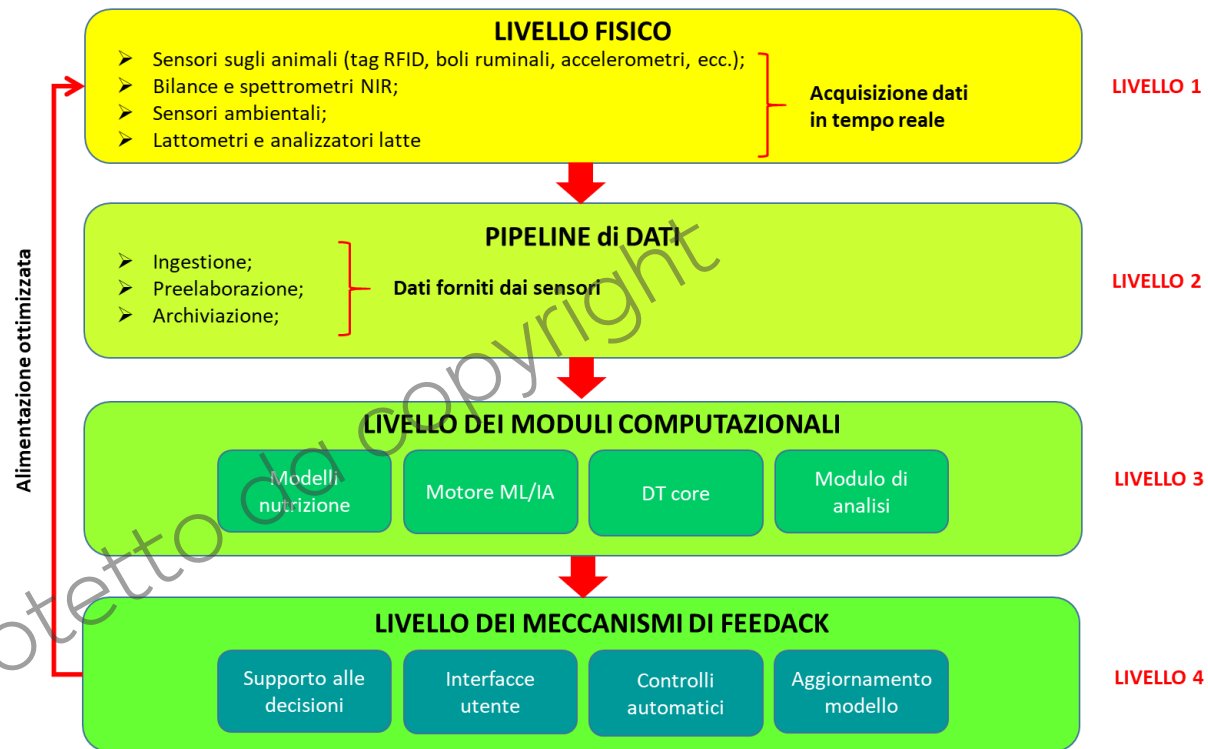


BENEFICI PER L'AZIENDA

- Migliore salute e benessere animale
- Maggiore produttività e qualità dei prodotti
- Uso più efficiente delle risorse
- Riduzione costi di gestione
- Sostenibilità ambientale e sociale



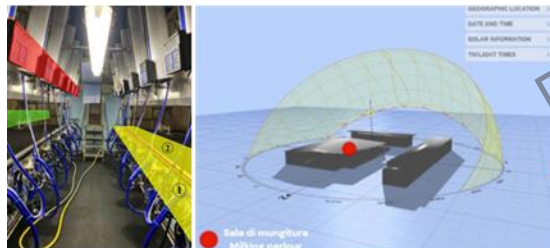
Un DT per la nutrizione di precisione



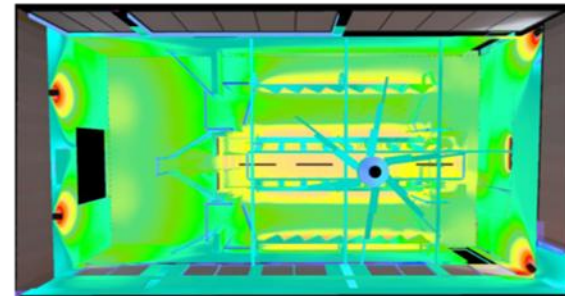
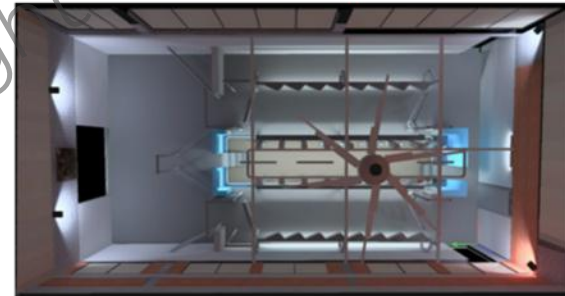
DT a 4 livelli operativi, progettato per la nutrizione di precisione delle bovine da latte (Rao e Neethirajan, 2025)

MungiLUX: un DT per illuminare correttamente la sala di mungitura

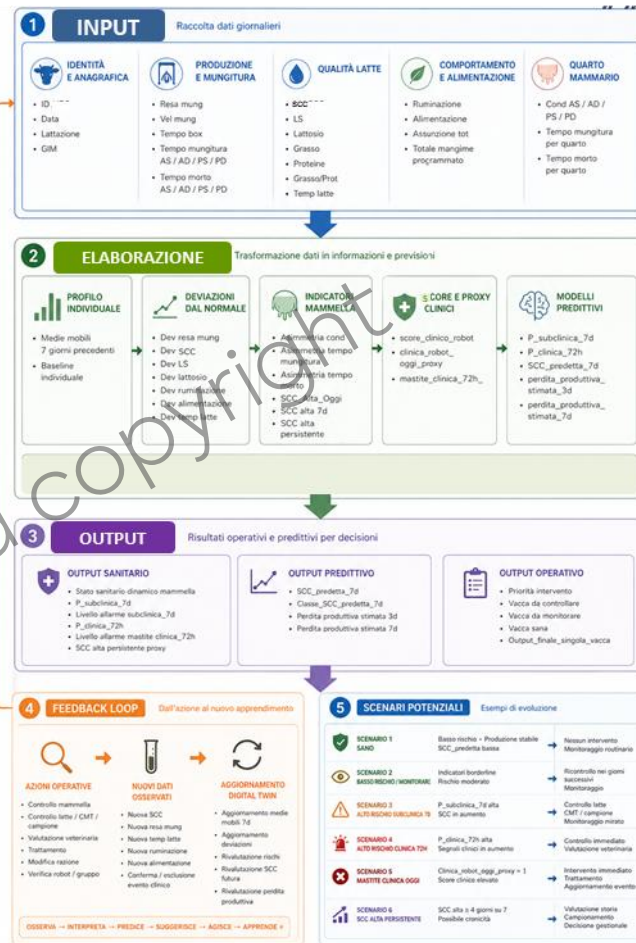
Acquisizione dati



Simulazione prestazioni,
scenari ottimizzati



Un DT per monitorare stato sanitario e produzione della bovina da latte



Protetto da copyright

(Tangorra et al., 2026)

Sfide e potenzialità



PERCHÉ È ANCORA UNA SFIDA

La maggior parte delle aziende agro-zootecniche non è in grado di gestire autonomamente la complessità tecnologica richiesta dai Dt.

Sono necessari investimenti, competenze e infrastrutture adeguate per sfruttarne appieno i vantaggi.

1. COMPLESSITÀ DI IMPLEMENTAZIONE <p>I Dt integrano sensori, piattaforme analitiche e infrastrutture di connettività complesse che la maggior parte delle aziende agro-zootecniche non è in grado di gestire autonomamente.</p>	2. MANUTENZIONE E AGGIORNAMENTI CONTINUI <p>Sensori, dispositivi IoT e software devono essere mantenuti e aggiornati continuamente per evitare guasti o malfunzionamenti che producono dati errati e decisioni inadeguate.</p>	3. CONNETTIVITÀ LIMITATA NELLE AREE RURALI <p>L'accesso limitato a Internet veloce nelle aree rurali ostacola i Dt basati sul Cloud che richiedono trasmissione continua di dati.</p>	4. INTEGRAZIONE CON SISTEMI LEGACY <p>Le difficoltà d'integrazione tra sistemi legacy (software, hardware o tecnologie obsolete) e nuove soluzioni richiedono ulteriori investimenti.</p>	5. RESISTENZA ALL'ADOZIONE <p>Scarsa fiducia, complessità percepita e costi rappresentano barriere culturali e organizzative che rallentano l'adozione dei Dt.</p>
6. CARENZA DI COMPETENZE AVANZATE <p>Mancanza di competenze in data analytics, IoT, Cloud e AI. Senza adeguate capacità analitiche, si rischiano scelte dannose per la salute e il benessere animale.</p>	7. GUASTI TECNOLOGICI <p>Guasti a sensori, connettività o componenti possono generare dati fuorvianti e blocchi di sistema con impatti sull'operatività aziendale.</p>	8. INTELLIGENZA ARTIFICIALE: RISCHI DI INTERPRETAZIONE <p>L'AI può generare implementazioni difettose e/o interpretazioni errate se i modelli non sono allenati correttamente o i dati sono incompleti o di bassa qualità.</p>	9. SOVRACCARICO INFORMATIVO <p>L'eccessiva quantità di dati e alert può sovraccaricare gli operatori rendendo difficile identificare le informazioni veramente utili.</p>	10. SICUREZZA E PROTEZIONE DEI DATI <p>Rischi di accessi non autorizzati, perdita di dati sensibili e attacchi informatici che possono compromettere sistemi e informazioni aziendali.</p>

POTENZIALITÀ DEI DIGITAL TWIN NEL SETTORE ZOOTECNICO

- ✓ Monitoraggio in tempo reale e decisioni più tempestive
- ✓ Miglioramento della salute e del benessere animale
- ✓ Aumento dell'efficienza produttiva e riduzione dei costi
- ✓ Sostenibilità ambientale
- ✓ Maggiore competitività aziendale



Conclusioni

- I DT rappresentano un'evoluzione importante nella gestione dell'allevamento
- I DT possono supportare decisioni più rapide e mirate su salute animale, produzione, nutrizione, riproduzione, manutenzione.
- La zootecnia di precisione ha un ruolo centrale.
- Le applicazioni nella bovina da latte sono promettenti.
- La diffusione su larga scala richiede di superare diverse criticità.
- In prospettiva, i DT possono contribuire a rendere l'allevamento più efficiente, sostenibile e orientato al benessere animale.