

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI SALERNO

**Dipartimento di Scienze Aziendali, Management &  
Innovation Systemw**

Data Science e Gestione dell'Innovazione Cyber Risk Management for  
Advanced Defence Strategies



*Smart Cities and Smart Grids*

Professor Pierluigi Siano - Professor Mariano Acone  
Lucia Brando – mat n. 0222800162  
**Anno Accademico 2025/2026**

---

# Indice

Introduzione .....	3
Animal Welfare .....	3
Precision Livestock Farming .....	3
Strategia «Farm to Fork» .....	3
Focus in Italia .....	3
Obiettivo del progetto .....	4
Interfacce di Input (Sensori) .....	4
Interfacce di Output (Attuatori) .....	4
Tipologia di animali scelti .....	4
Tecnologie utilizzate .....	4
Specifiche funzionali .....	6
Logica di Accesso e Smistamento (Stateflow Chart) .....	7
IsBovinoInLista() .....	8
IsSuinoInLista() .....	8
Specifiche del Microclima (Enabled Subsystem) .....	9
Condizioni di Attivazione e Stato Iniziale .....	9
Logica di determinazione dei Set-Point .....	9
Algoritmo di Regolazione .....	10
Controllo_Climatico() .....	11
Simulazione .....	12
SCENARIO A: PresenzaAnimale = 1, TipoAnimale = 1, CategoriaBovino = 4 .....	12
SCENARIO B: PresenzaAnimale = 1, TipoAnimale = 2, PesoSuino = 90 .....	14
SCENARIO C: PresenzaAnimale = 0 .....	16
Conclusione e sviluppi futuri .....	18

---

## Introduzione

### Animal Welfare

Il **benessere animale** è l'insieme delle condizioni che consentono a un animale d'allevamento di esprimere i propri comportamenti naturali di non patire fame, sete, **dolore o stress prolungato**.

Infatti, **lo stress** è uno dei problemi chiave (secondo le «5 Freedoms», FAWC, 1992) causato dall'isolamento e dalle procedure sanitarie ai quali gli animali devono sottoporsi.

Il **regolamento 2008/120/UE** stabilisce le norme necessarie per assicurare condizioni di vita dignitose per tutti i tipi di animali destinati al macello, siano essi suini, bovini o polli ed impone nuove norme sulla macellazione e le dimensioni ambientali in cui sono allevati, definendo chi deve fare i controlli ufficiali.

Dunque, il **benessere animale** è strettamente dipendente dalle condizioni **microclimatiche** e spaziali e permette di aumentare la produttività in un momento, considerato, critico dell'animale.

### Precision Livestock Farming

Si tratta di un'evoluzione **smart** dell'allevamento tradizionale. E' un approccio gestionale che utilizza tecnologie avanzate per monitorare e gestire i singoli animali (o piccoli gruppi) in tempo reale, in modo continuo ed automatico.

Mentre l'allevamento classico si basa, spesso, *sulla gestione della mandria* come un unico blocco, il PLF usa la tecnologia per ascoltare le esigenze di **ogni singolo animale**.

Si lavora su:

- **Sensori Indossabili:** collari, pedometri, accelerometri.
- **Visione Artificiale:** telecamere intelligenti che pesano gli animali senza toccarli o valutano la pulizia dell'animale.
- **Analisi Audio:** microfoni che analizzano i suoni della stalla.
- **Robotica:** sistemi di mungitura automatica che non solo mungono ma analizzano la qualità del latte in tempo reale.

Si passa dalla cura della malattia alla prevenzione. Gli animali, dunque, soffrono meno perchè i problemi vengono intercettati subito.

In questo modo, animali più sani producono di più e costano meno in spese veterinarie.

### Strategia «Farm to Fork»

Attualmente, il pilastro del **Benessere Animale** nella strategia **Farm to Fork** (piano decennale dell'**Unione Europea** per rendere il sistema alimentare più sostenibile, equo e salutare. E' il *cuore agricolo* del **Green Deal Europeo**) sta vivendo una fase di stallo tattico e frammentazione.

Le ambizioni iniziali di una revisione totale e sistemica si sono scontrate con la realtà politica ed economica, portando la **Commissione Europea** a spezzettare la riforma: alcuni pezzi vanno avanti mentre i più costosi per gli allevatori sono stati congelati.

Ad esempio, le proposte per aumentare lo spazio vitale per ogni animale e migliorare le condizioni ambientali nelle stalle sono in stand-by, in attesa di ulteriori valutazioni d'impatto economico.

### Focus in Italia

In Italia, nel tardo 2025, il rapporto tra **Precision Livestock Farming** e strategia **Farm to Fork** è entrato in una fase di «pragmatismo tecnologico».

Dopo le frenate politiche europee, in Italia la transazione non si è fermata ma ha cambiato volto: non ha più divieti imposti dall'alto ma **forti incentivi economici** per chi usa la tecnologia (PLF) per raggiungere gli obiettivi di sostenibilità.

---

## Obiettivo del progetto

Dato il contesto precedente, si vuole progettare un **automa a stati finiti (FMS)** per gestire un **varco di smistamento intelligente** che non solo devia gli animali in box specializzati ma, successivamente, gestisce attivamente il **microclima** dell'area di isolamento in cui si trova l'animale.

Troviamo, dunque, le seguenti fasi:

- **Identificazione:** riconoscere la presenza e la tipologia di animale.
- **Smistamento:** decidere se l'animale può raggiungere la zona di isolamento o varcare il cancello principale in base a parametri di salute o produzione.
- **Controllo ambientale:** attivare un microclima specifico solo per gli animali in isolamento.

## Interfacce di Input (Sensori)

- **PresenzaAnimale:** *booleano*, segnala l'arrivo di un animale.
- **TipoAnimale:** *intero*, indica la tipologia di animale (1 = Bovino, 2 = Suino).
- **CategoriaBovino:** *intero*, specifica lo stato del bovino (1 = alta produzione, 2 = post-parto, 3 = gravidanza, 4 = giovane vitello).
- **PesoSuino:** *double*, peso dell'animale in kg.
- **FineIsolamento:** *booleano*, pulsante/segnale manuale per liberare la zona di isolamento.

## Interfacce di Output (Attuatori)

- **CmdCancelloPrincipale:** apre l'accesso alla zona comune.
- **CmdCancelloDeviazione:** apre l'accesso alla zona di isolamento.
- **AttivaMicroclima:** abilita il sottosistema di controllo temperatura.

## Tipologia di animali scelti

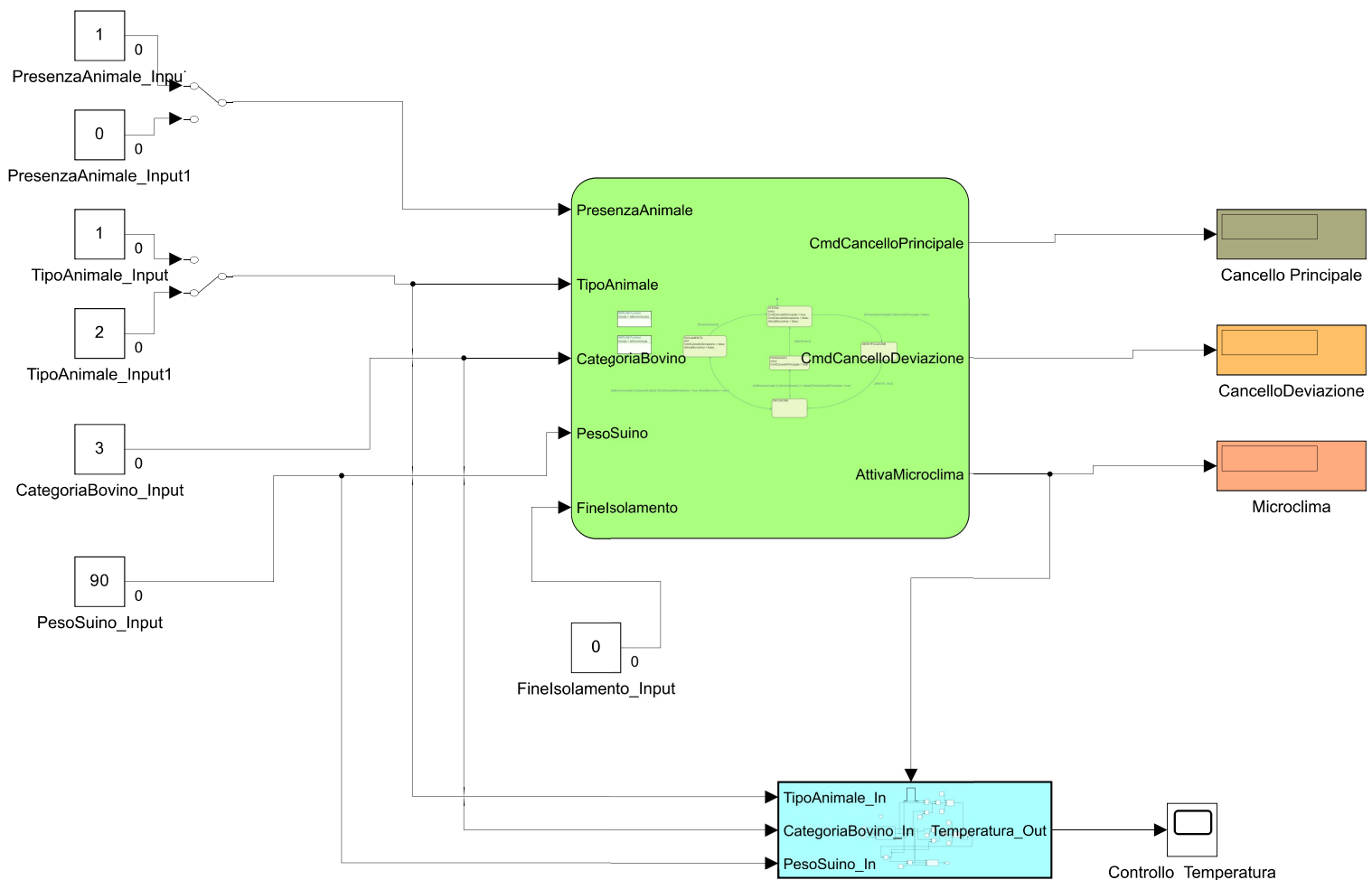
Tipologia animale	Categoria	Motivazione
Bovini	1	Separare <b>bovine ad alta produzione (1)</b> , <b>post-partum (2)</b> e in <b>gravidanza (3)</b> che necessitano <b>stalle raffrescate</b> da <b>giovani vitelli (4)</b> che necessitano <b>stalle più calde</b> .
Suini	2	I suini sono estremamente sensibili alle condizioni microclimatiche che impattano direttamente sulla crescita e la conversione alimentare. Lo smistamento viene fatto in base al peso ( <b>&lt;50kg</b> necessitano <b>stalle più calde</b> , <b>&gt;85kg</b> , necessitano <b>stalle più fresche e ventilate</b> )

## Tecnologie utilizzate

- **Simulink:**
  - **Integrator:** per simulare l'inerzia termica e la variazione graduale della temperatura nel tempo.
  - **Scope & Display:** per la visualizzazione dei risultati grafici.

- 
- **Logical & Relational Operators:** per creare la logica di confronto (*AND*, *>*, *==*) nel sottosistema del microclima.
  - **Enabled Subsystem:** per incapsulare la logica del microclima e attivarla solo quando necessario, risparmiando risorse computazionali.
  - **Stateflow:** è stato utilizzato un *diagramma a stati finiti (FSM)* per gestire la logica di supervisione e il flusso decisionale. Si tratta del *cervello* che coordina i cancelli e decide in quale stato si trova il sistema.
  - **MATLAB Function:** per gestire logiche complesse
    - **Nel Microclima:** la funzione *Controllo\_Climatico* definisce i set-point di temperatura.
    - **Nello Stateflow:** le funzioni *IsBovinoInLista* e *IsSuinoInLista* incapsulano le regole per determinare se un animale va isolato.

# Specifiche funzionali



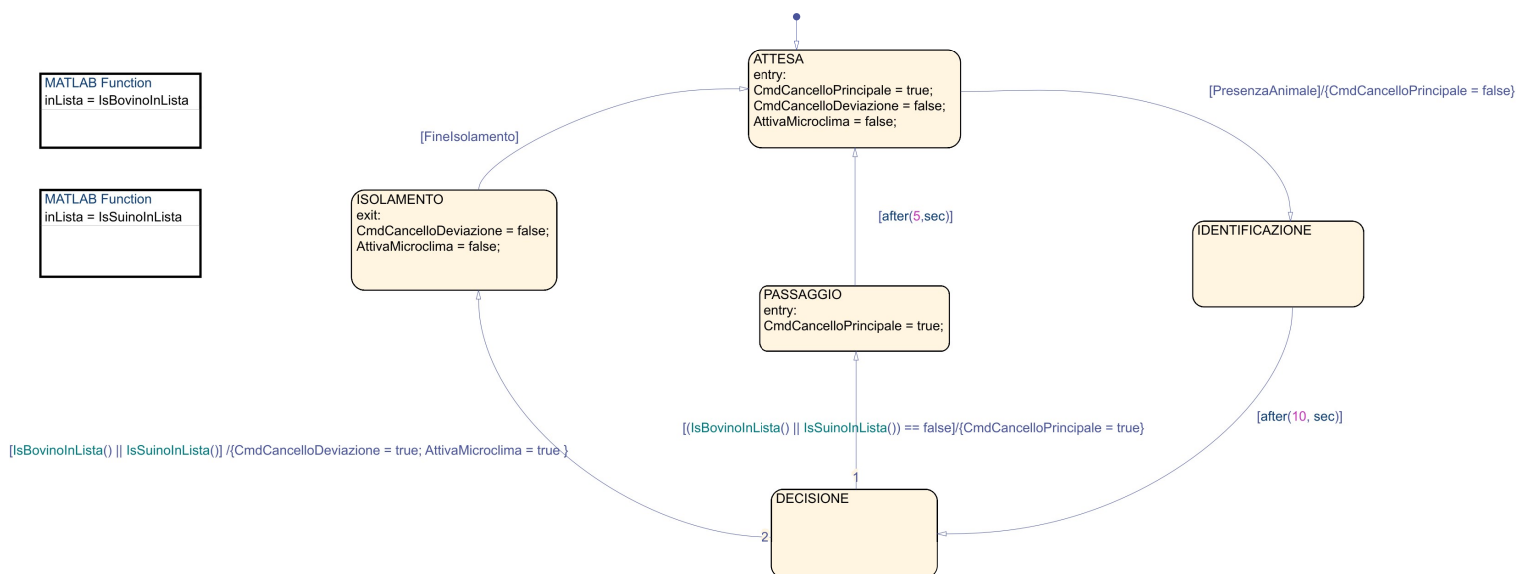
Il modello simula la logica di controllo per la gestione di un allevamento. Il sistema elabora diversi segnali di ingresso (*sensori simulati*) per governare l'apertura di cancelli di smistamento e l'attivazione di sistemi di climatizzazione, basandosi sulle caratteristiche dell'animale rilevato.

Il modello è strutturato in tre sezioni logiche principali:

- **Generazione dei Segnali di Ingresso:** Nello schema sono presenti i blocchi che simulano i sensori di campo e gli input dell'utente. I valori sono definiti tramite blocchi *constant* e gestiti tramite *Manual Switch* per simulare scenari diversi in tempo reale
  - **PresenzaAnimale:** un interruttore permette di alternare 0 (assenza) e 1 (presenza) di un animale.
  - **TipoAnimale:** un interruttore seleziona la tipologia di animale.
  - **CategoriaBovino:** un valore costante che definisce la sottocategoria dell'animale.
  - **PesoSuino:** un valore costante che simula il peso rilevato dell'animale.
  - **FineIsolamento:** un input che segnala lo stato di un eventuale periodo di isolamento.
- **Logica di Elaborazione:** Il cuore del sistema è costituito da due blocchi principali:
  - **Blocco Stateflow:** è il controllore principale del sistema. Riceve tutti gli input sopra descritti e, tramite una logica a stati finiti determina le azioni da intraprendere. Le uscite calcolate sono:
    - **CmdCancelloPrincipale:** comando per il cancello di ingresso/uscita principale.
    - **CmdCancelloDeviazione:** comando per deviare l'animale verso la zona di isolamento.

- **AttivaMicroclima:** segnale booleano per l'accensione del sistema di controllo.
- **Sottosistema «Controllo\_Temperatura»:** questo blocco riceve in parallelo le informazioni su tipo di animale, categoria e peso, oltre al segnale di attivazione del microclima proveniente dal blocco Stateflow. La sua funzione è elaborare la variabile *Temperatura\_Out*, probabilmente simulando la risposta termica o calcolando il set-point ideale.
- **Visualizzazione delle Uscite:** Il sistema dispone di blocchi *Scope* per il monitoraggio in tempo reale dei segnali di attuazione:
  - **Cancello Principale:** visualizza lo stato del comando di apertura/chiusura.
  - **Cancello Deviazione:** visualizza lo stato del cancello di smistamento.
  - **Microclima:** visualizza lo stato di attivazione del sistema ambientale.
  - **Controllo\_Temperatura:** un ulteriore scope dedicato al monitoraggio della variabile di temperatura elaborata del sottosistema.

## Logica di Accesso e Smistamento (Stateflow Chart)



Il ciclo operativo segue questi stati sequenziali:

- **Stato di ATTESA:**
  - Il sistema è a riposo. I cancelli sono chiusi ed il microclima spento.

- 
- **Transizione:** Il sistema resta qui finché non riceve il segnale *PresenzaAnimale*. Appena l'animale arriva, il cancello principale si chiude (*CmdCancelloPrincipale = false*) per bloccarlo nella zona di riconoscimento.
  - **Stato di IDENTIFICAZIONE:**
    - Simula il tempo necessario per leggere i dati dell'animale.
    - **Vincolo Temporale:** Il sistema rimane in questo stato per 10 secondi. Questo è definito dalla condizione temporale *after(10, sec)*. Passati i 10 secondi, si sposta automaticamente allo stato successivo
  - **Logica di DECISIONE (IsAnimalInList?):** il sistema verifica se l'animale deve essere isolato controllando le due **MatLabFunction** presenti. Se l'animale è in lista, si passa allo **stato di ISOLAMENTO** altrimenti si ritorna nello **stato di ATTESA**.
  - **Stati finali (Reset)**
    - **ISOLAMENTO:** Il sistema resta qui a tempo indefinito mantenendo attivo il microclima. Uscirà solo quando l'operatore preme il pulsante *FineIsolamento*. A quel punto torna in **ATTESA**.
    - **PASSAGGIO:** Serve a dare il tempo all'animale di allontanarsi. Uscirà dopo 5 secondi, il sistema considera l'area libera e torna automaticamente in **ATTESA** pronto per il prossimo animale.

#### IsBovinoInLista()

```
function inLista = IsBovinoInLista(TipoAnimale, CategoriaBovino)
    inLista = false;
    if TipoAnimale == 1
        if CategoriaBovino == 1 || ...
            CategoriaBovino == 2 || ...
            CategoriaBovino == 3 || ...
            CategoriaBovino == 4
            inLista = true;
        end
    end
end
```

#### IsSuinoInLista()

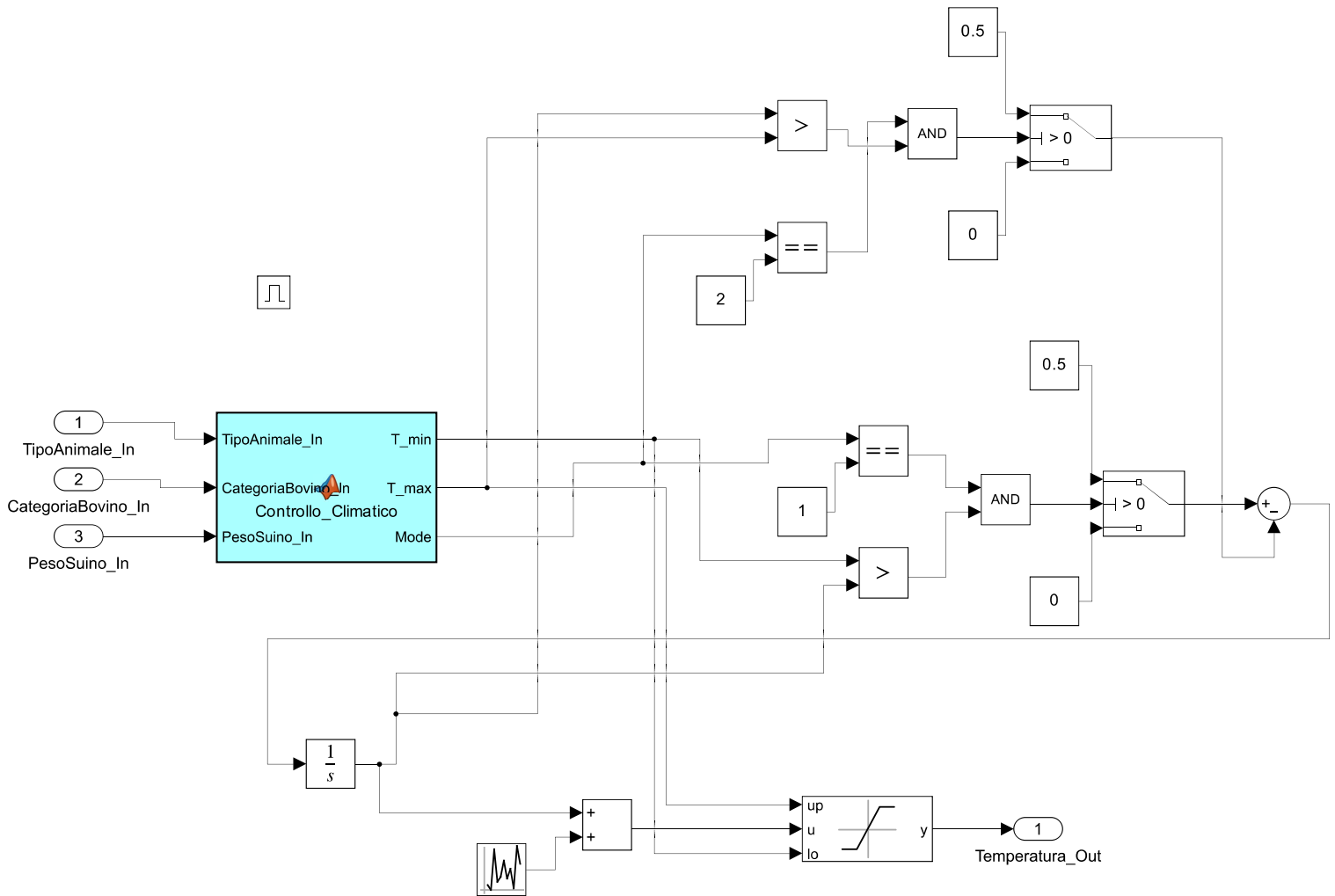
```
function inLista = IsSuinoInLista()
    coder.extrinsic('TipoAnimale', 'PesoSuino');

    inLista = false; % Default

    if TipoAnimale == 2 % È un suino
        % Condizioni: < 50 kg oppure > 85 kg
        if PesoSuino < 50.0 || PesoSuino > 85.0
            inLista = true;
        end
    end
end
```



## Specifiche del Microclima (Enabled Subsystem)



Tale modulo è un sottosistema deputato alla regolazione automatica della temperatura ambientale all'interno della zona di isolamento. Il sistema garantisce il mantenimento delle condizioni di benessere termico specifiche per la specie e la condizione fisiologica dell'animale rilevato.

### Condizioni di Attivazione e Stato Iniziale

- **Trigger di Attivazione:** il sottosistema diviene operativo esclusivamente quando il segnale *AttivaMicroclima* è TRUE. Questo segnale è generato dalla logica di smistamento, quando un animale viene identificato idoneo per l'isolamento.
- **Condizione di Reset/Disattivazione:** quando il segnale *AttivaMicroclima* è FALSE, il sistema è disabilitato.
- **Valore di default:** in stato disabilitato, l'uscita del sistema è forzata a una temperatura neutra di 20°C.

### Logica di determinazione dei Set-Point

Il sistema utilizza la funzione *Controllo\_Climatico* per stabilire i target di temperatura ( $T_{min}$ ,  $T_{max}$ ) e la modalità operativa (*Mode*) in base ai parametri biometrici acquisiti in ingresso.

Tipo Animale	Categoria	Modalità Operativa	Range Target (T_min - T_max)	Descrizione
Bovino	1,2,3	Raffrescamento ( <i>Mode = 2</i> )	−6°C, −4°C	Abbattimento termico per categorie adulte o sensibili al calore
Bovino	4	Riscaldamento ( <i>Mode = 1</i> )	29°C, 32°C	Supporto termico per soggetti in età neonatale/ giovanile
Suino	< 50.0 kg	Riscaldamento ( <i>Mode = 1</i> )	18°C, 25°C	Riscaldamento per suini sottopeso o in fase di svezzamento
Suino	> 85.0 kg	Raffrescamento ( <i>Mode = 2</i> )	10°C, 14°C	Raffrescamento per suini adulti/ pesanti a rischio stress termico
Default	Nessuna condizione	<i>Mode = 0</i>	20°C	Mantenimento temperatura ambiente standard

### Algoritmo di Regolazione

Il sistema agisce confrontando la temperatura attuale ( $T_{curr}$ ) con i limiti individuati:

- **Azione di Riscaldamento:** quando  $T_{curr} < T_{min}$ , applica un gradiente termico positivo
- **Azione di Raffrescamento:** quando  $T_{curr} > T_{max}$ , applica un gradiente termico negativo
- **Isteresi:** se la temperatura rientra nell'intervallo target o la modalità è 0, il gradiente applicato è nullo
- **Inerzia Termica:** La variazione di temperatura è gestita da un blocco con condizione iniziale pari a 20°C
- **Slew Rate:** la velocità di cambiamento della temperatura è fissata a  $\pm 0.5$  °C/s

Per aumentare la fedeltà della simulazione rispetto a un sensore reale, il segnale in uscita è post-processato:

- **Rumore di Processo:** viene iniettato un disturbo casuale (*Uniform Random Noise*) per simulare le fluttuazioni naturali del sensore e dell'ambiente
- **Vincolo di Sicurezza (Saturation Dynamic):** indipendentemente dalle oscillazioni del rumore, un blocco di saturazione dinamica garantisce che il valore di temperatura inviato in output sia rigorosamente limitato all'interno dell'intervallo di sicurezza calcolato. Questo assicura che il sistema non riporti mai valori fuori dai parametri vitali definiti per l'animale presente.

---

## Controllo\_Climatico()

```
function [T_min, T_max, Mode] = Controllo_Climatico(TipoAnimale_In, CategoriaBovino_In,
PesoSuino_In)
    % comandi spenti
    T_min = 30;
    T_max = 30;
    Mode = 0;

    % logica bovini
    if TipoAnimale_In == 1
        if CategoriaBovino_In == 1 || CategoriaBovino_In == 2 || CategoriaBovino_In == 3
            T_min = -6;
            T_max = -4;
            Mode = 2;
        elseif CategoriaBovino_In == 4
            T_min = 29;
            T_max = 32;
            Mode = 1;
        end
    end

    % logica suini
    elseif TipoAnimale_In == 2
        if PesoSuino_In < 50.0
            T_min = 25;
            T_max = 30;
            Mode = 1;
        elseif PesoSuino_In > 85.0
            T_min = 10;
            T_max = 14;
            Mode = 2;
        end
    end
end
end
```

## Simulazione

In questa sezione vengono presentati i risultati delle simulazioni condotte sul modello Simulink/Stateflow per validare il comportamento logico e funzionale del sistema automatizzato «Smart Farm».

L'obiettivo principale di questa fase di test è verificare la corretta interazione tra i tre blocchi fondamentali del progetto:

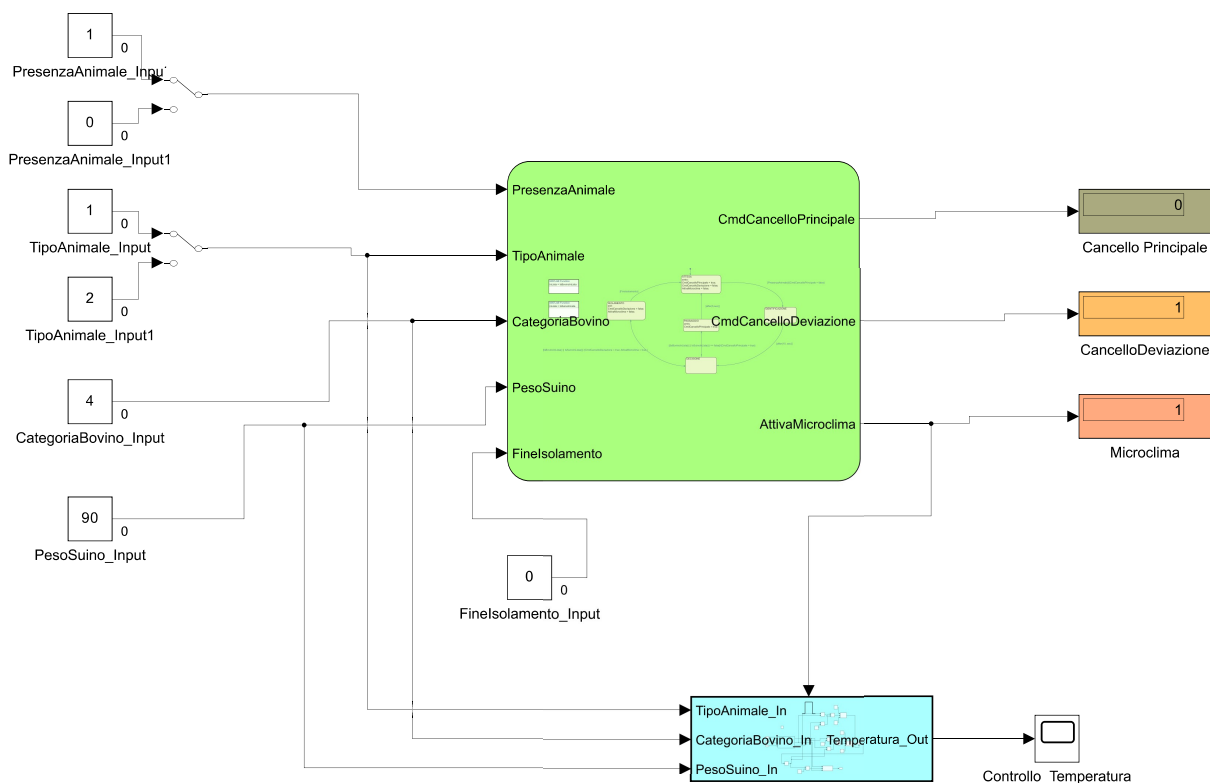
- **L'acquisizione degli input:** la corretta lettura dei sensori virtuali (presenza, tipo, peso).
- **La logica decisionale (FSM):** la capacità dell'automa a stati finiti di coordinare l'apertura dei varchi e l'attivazione dei sottosistemi.
- **La regolazione ambientale:** la risposta dinamica del sottosistema di microclima nel raggiungere e mantenere i set-point di temperatura specifici.

Per dimostrare la versatilità e l'affidabilità dell'algoritmo di controllo, sono stati isolati e analizzati **tre scenari operativi distinti**, scelti per rappresentare le casistiche più significative previste dalle specifiche funzionali:

- **SCENARIO A:** Rilevamento di un soggetto giovane vitello che necessita di supporto termico.
- **SCENARIO B:** Rilevamento di un suino adulto a rischio di stress da calore.
- **SCENARIO C:** Assenza di animali, per verificare il risparmio energetico e lo stato di default del sistema.

Di seguito vengono riportati i dettagli e i grafici risultanti per ciascuno scenario.

### SCENARIO A: PresenzaAnimale = 1, TipoAnimale = 1, CategoriaBovino = 4

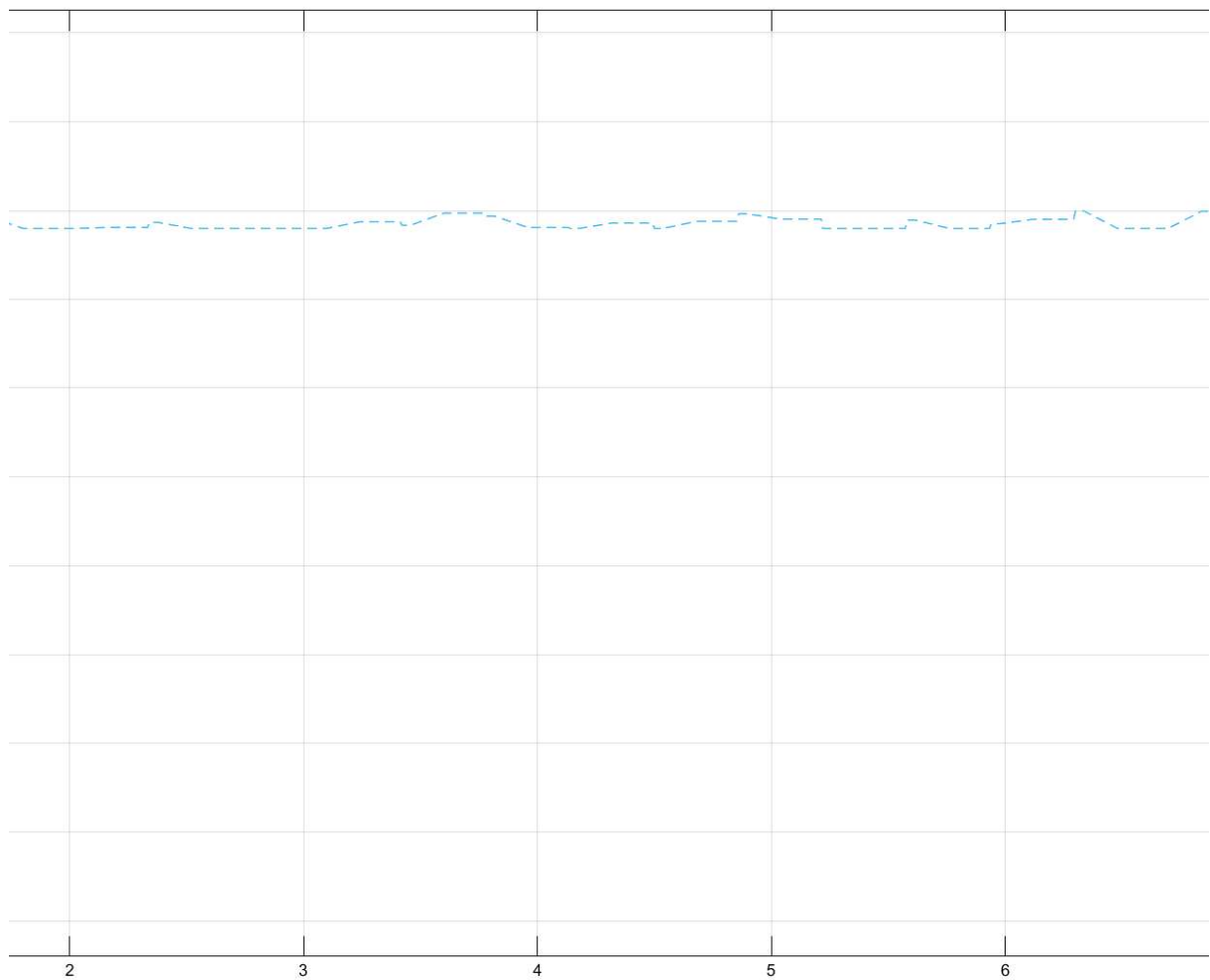


Dall'immagine possiamo notare che **CmdCancelloPrincipale = 0** mentre **CmdCancelloDeviazione = 1** e **AttivaMicroclima = 1**, ciò significa che il nostro animale è presente in lista, dunque, verrà isolato all'interno del box nel quale verrà attivato il sistema di

---

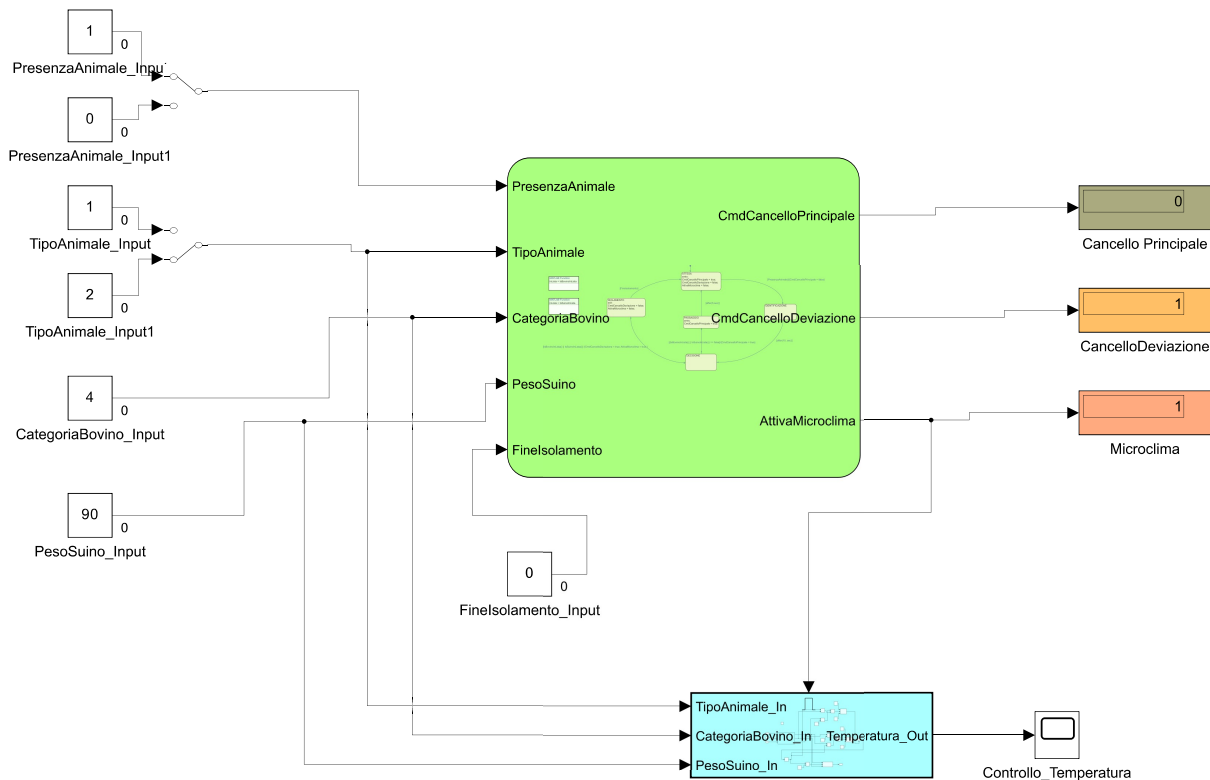
HVAC automatizzato.

Quest'ultimo andrà a gestire, **in 24 ore**, una temperatura che oscillerà tra i 29°C - 32°C con un intervallo, di circa **mezz'ora**.



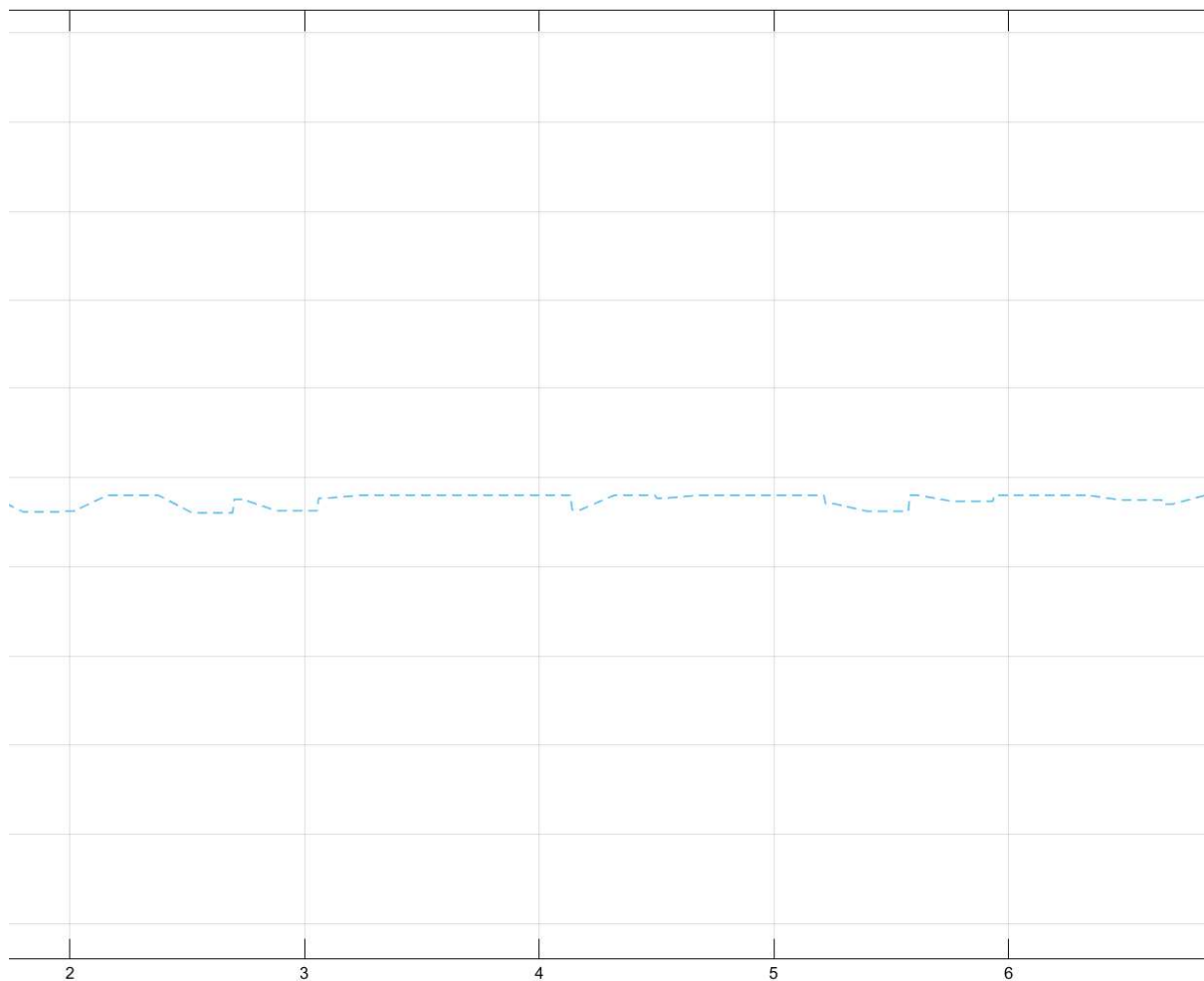
Il grafico mostra il mantenimento della temperatura del target all'interno dell'intervallo [29,32] partendo da un valore di default pari a 20

## SCENARIO B: PresenzaAnimale = 1, TipoAnimale = 2, PesoSuino = 90



Dall'immagine possiamo notare che **CmdCancelloPrincipale = 0** mentre **CmdCancelloDeviazione = 1** e **AttivaMicroclima = 1**, ciò significa che il nostro animale è presente in lista, dunque, verrà isolato all'interno del box nel quale verrà attivato il sistema di HVAC automatizzato.

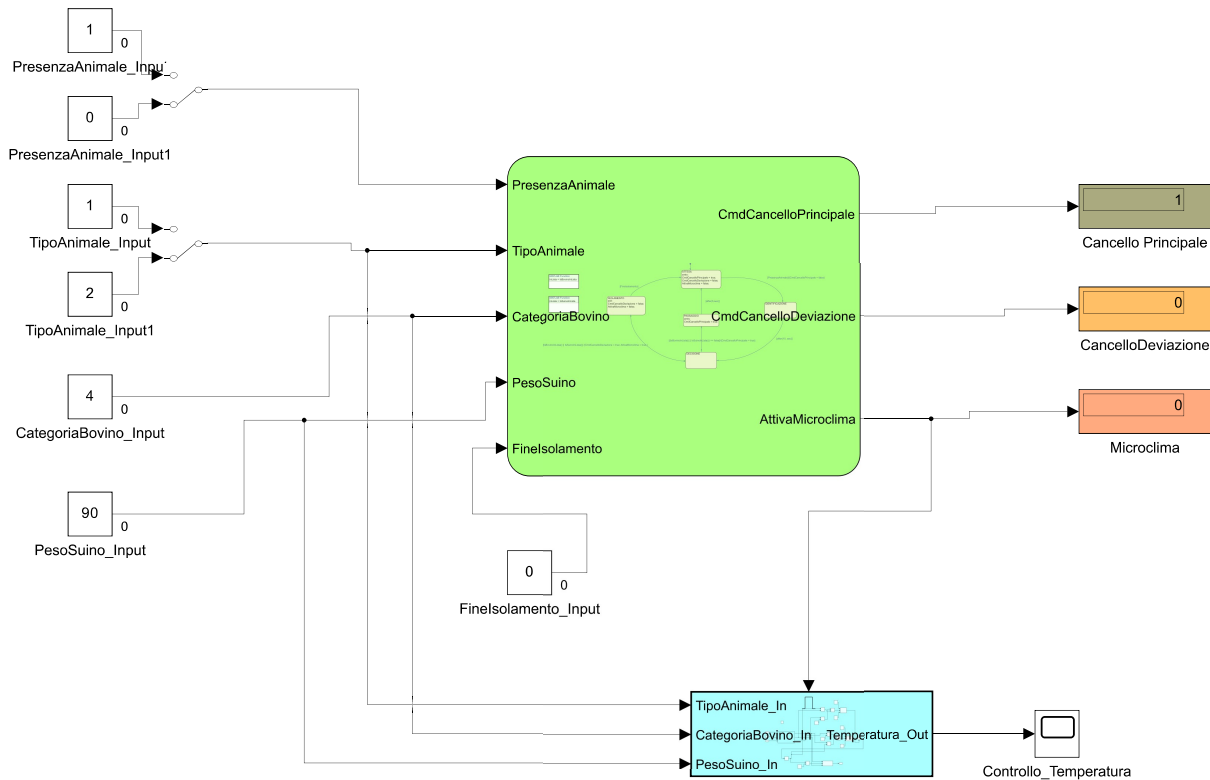
Quest'ultimo andrà a gestire, **in 24 ore**, una temperatura che oscillerà tra i 10°C - 14°C con un intervallo, di circa **mezz'ora**.



↑  
Il grafico mostra il mantenimento della temperatura del target all'interno dell'intervallo [10,14]  
partendo da un valore di default pari a 20

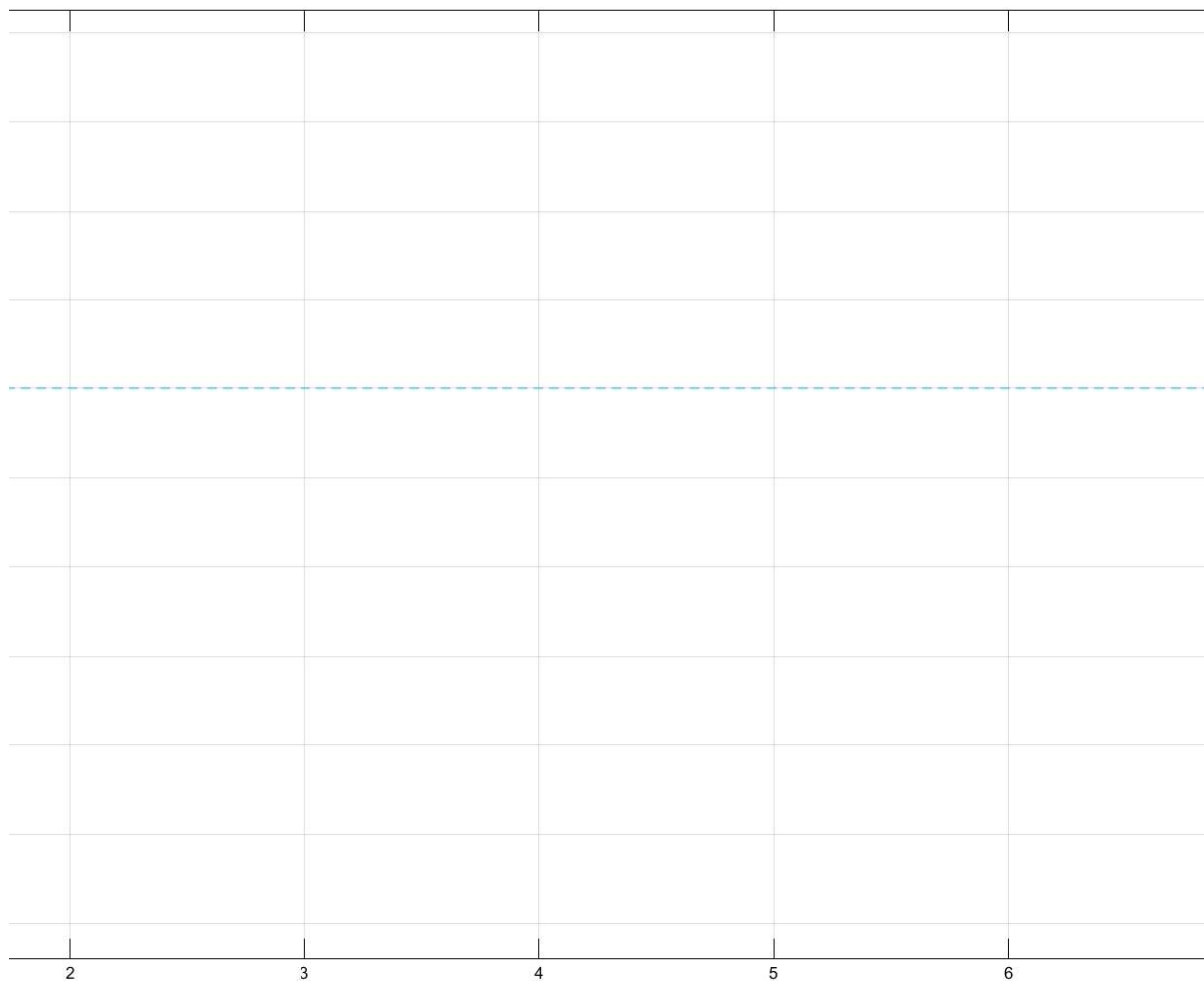
## SCENARIO C: PresenzaAnimale = 0

In quest'ultimo scenario, ipotizziamo che non ci sia nessun animale in attesa di essere identificato. Dunque il nostro **CmdCancelloPrincipale** = 1 mentre **CmdCancelloDeviazione** = 0 e **AttivaMicroclima** = 0.



La temperatura del box, in questo caso, resterà sul suo valore di default, ovvero, 20°C.





↑  
**Il grafico mostra l'andamento costante della temperatura impostata ad un valore di default pari a 20. Non ci sono variazioni, in questo scenario il sistema di microclima risulta spento.**

---

## Conclusione e sviluppi futuri

Il progetto ha dimostrato come l'implementazione di un sistema automatizzato basato su logica a stati finiti possa gestire efficacemente il benessere animale, garantendo condizioni microclimatiche ottimali e uno smistamento intelligente basato su parametri biometrici precisi.

**In linea con le normative vigenti (Reg. 2008/120/UE)** e le **esigenze di produttività moderna**, il sistema risponde concretamente alla necessità di ridurre lo stress animale, agendo tempestivamente sulle condizioni ambientali. L'analisi svolta evidenzia come il modello confermi che l'adozione di tecnologie di controllo automatico si allinea perfettamente con la transizione verso la strategia «**Farm to Fork**» e il «**pragmatismo tecnologico**» che sta caratterizzando il settore in Italia.

Questa evoluzione permette di spostare decisamente il focus dalla cura alla prevenzione dello stress animale, trasformando gli adeguamenti normativi in un vantaggio competitivo che unisce sostenibilità etica ed efficienza economica.

Per potenziare ulteriormente il sistema e avvicinarlo a un'applicazione reale in ottica Smart Farm, si ipotizzano i seguenti sviluppi:

- **Integrazione IoT e Sensoristica Reale:** Sostituzione degli input simulati con dati provenienti da sensori reali installati in stalla, come *pedometri*, *accelerometri* e *microfoni per l'analisi audio*, permettendo un monitoraggio continuo e non invasivo.
- **Ottimizzazione Energetica:** Integrazione del sistema di controllo microclimatico con logiche di **Smart Grid** per ottimizzare i consumi energetici degli impianti HVAC, sfruttando ad esempio la produzione di energia rinnovabile dell'azienda agricola.
- **Algoritmi Predittivi:** Evoluzione della logica di controllo attuale verso algoritmi di **Machine Learning** in grado di prevenire patologie analizzando deviazioni comportamentali o fisiologiche prima che diventino critiche.