



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO  
DIPARTIMENTO DI  
MEDICINA VETERINARIA

Valutazione dell'efficacia delle strategie di  
intervento per il controllo delle malattie infettive  
attraverso la simulazione matematica della  
dinamica di infezione

Elisa Fesce,

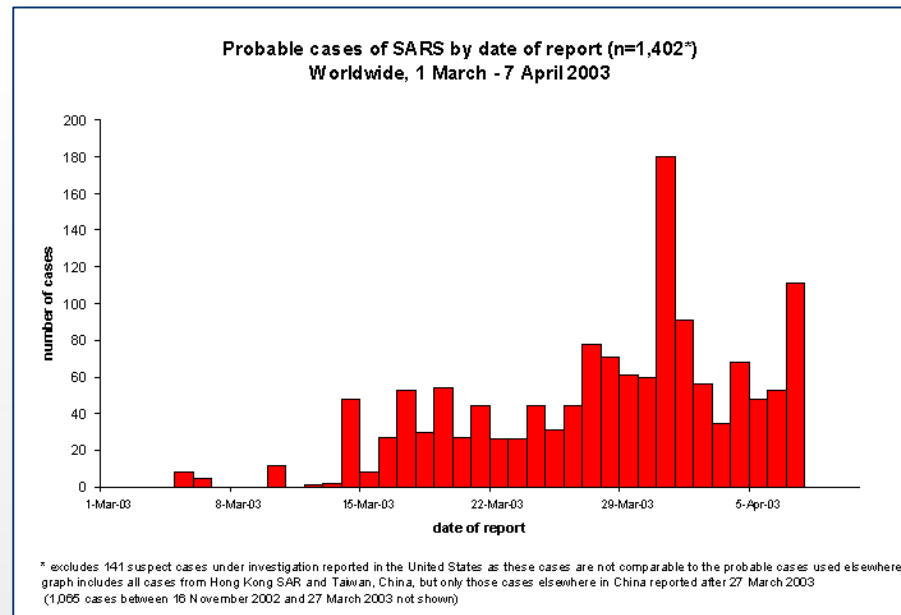
Claudia Romeo, Eleonora Chinchio, Nicola Ferrari

# INTRODUZIONE

Malattie trasmissibili



Natura **dinamica**



Necessità di un **approccio dinamico**

**Modelli matematici come approccio  
a priori e dinamico**

# INTRODUZIONE

"All models are wrong, but some are useful"

## MODELLI

Rappresentazione semplificata della realtà



Modelli matematici  
compartimentali basati su  
equazioni differenziali

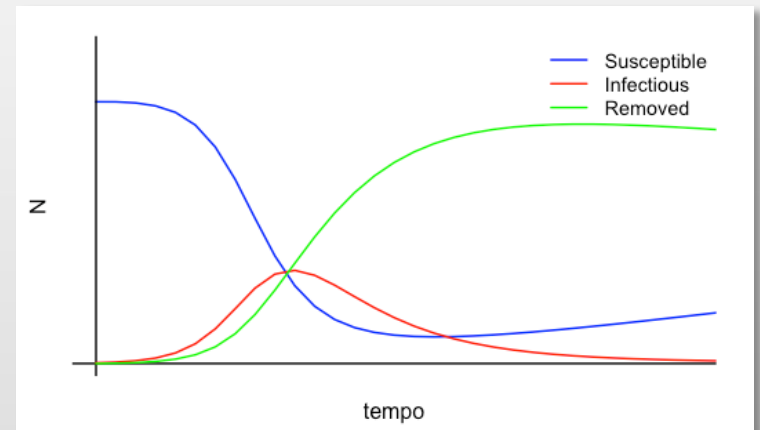


Cambiamento  
del numero di  
individui nel  
tempo

$$\frac{dS}{dt} = bN - \beta SI$$

$$\frac{dI}{dt} = \beta SI - \gamma I$$

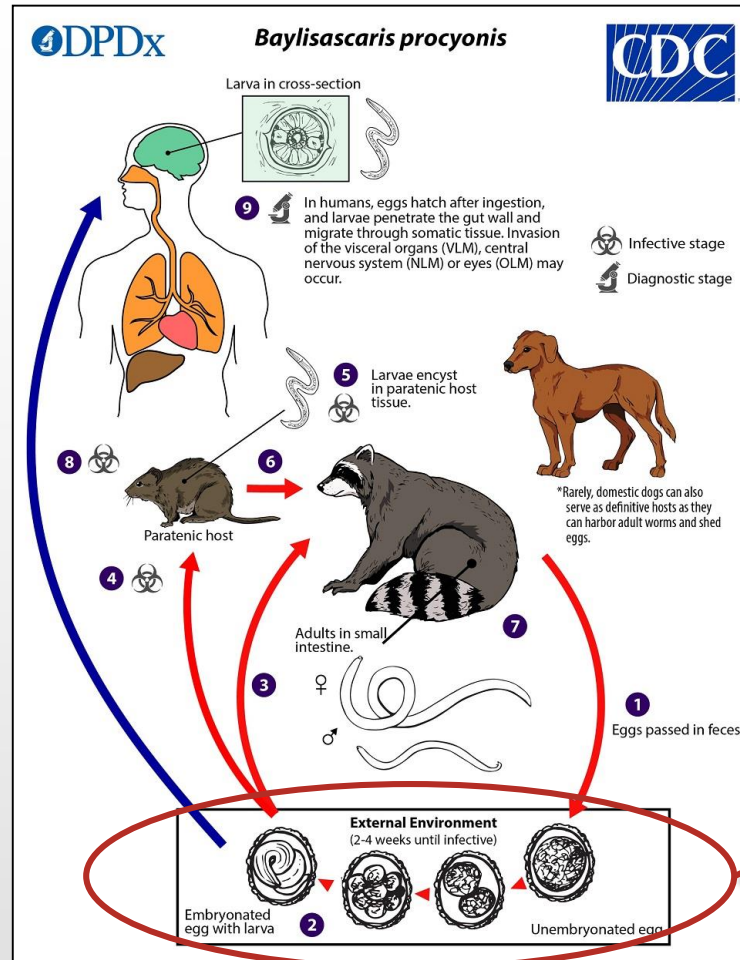
$$\frac{dR}{dt} = \gamma I - mI$$



# INTRODUZIONE

## *Baylisascaris procyonis*

- Nematode gastrointestinale
- Ospite definitivo: il procione (*Procyon lotor*)



Le uova (forma infettante) vengono disperse nell'ambiente tramite le feci

# INTRODUZIONE

## *Baylisascaris procyonis*

- Nematode gastrointestinale
- Ospite definitivo: il procione (*Procyon lotor*)

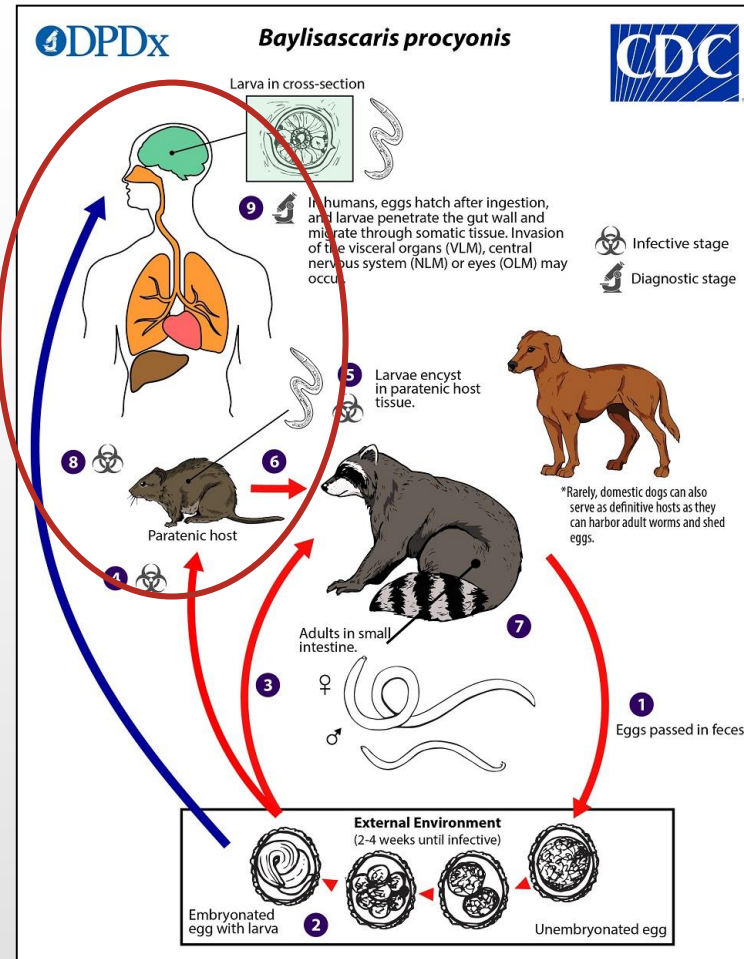
Può infettare anche altri mammiferi e uccelli, uomo incluso



Sindrome da *larva migrans*



Severa malattia neurologica, anche mortale



# OBBIETTIVO

- **Patologia grave**
- Recente introduzione del procione in Asia ed Europa (**Italia inclusa**)
- Alta prevalenza di *B.procyonis* nei procioni (**60%**)



Valutazione a priori dell'efficacia delle **strategie d'intervento** attualmente in uso per il controllo della forma infettante di *B.procyonis*

# MATERIALI E METODI

## 1) Simulazione delle dinamiche del sistema procione-*B.procyonis*



- Definizione del flow chart
- Definizione del sistema di equazioni
- Stima dei parametri
- Simulazione della dinamica dell'interazione ospite-parassita

## 2) Inclusione nel modello delle strategie di intervento per ridurre il numero di uova di *B.procyonis*



Strategie d'intervento:

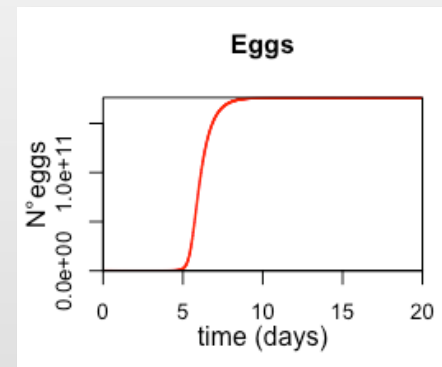
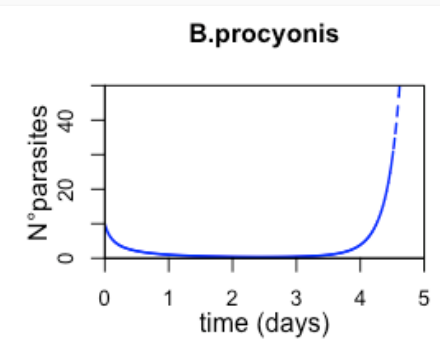
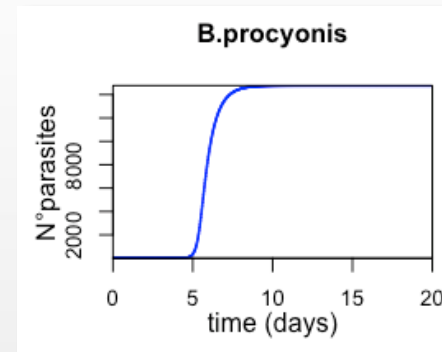
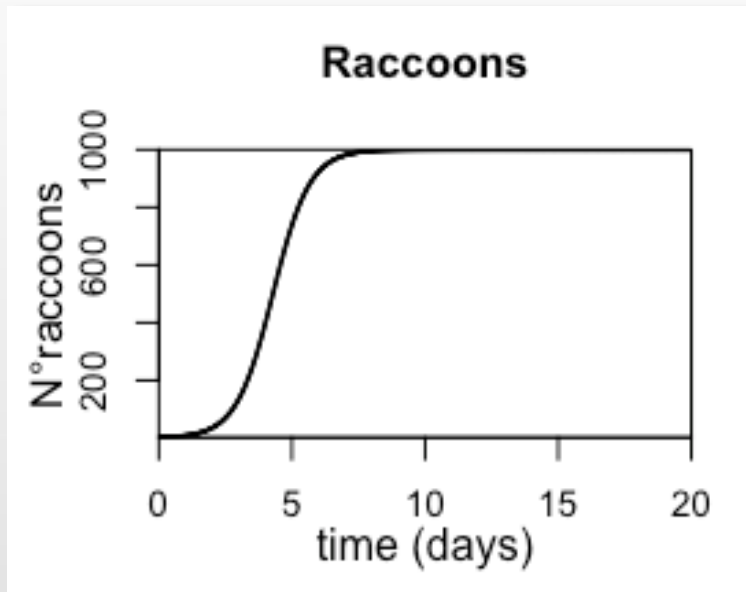
- Depopolamento della specie ospite
- Trattamento della specie ospite con antielmintico
- Rimozione feci

## 3) Valutazione dell'efficacia delle strategie d'intervento attraverso:

- Capacità di estinguere il parassita
- Copertura di trattamento
- Tempo necessario ad estinguere il parassita

# RISULTATI DEL MODELLO BASE

$$\begin{aligned}\frac{dH}{dt} &= (b - d)H \left( \frac{K - H}{K} \right) \\ \frac{dP}{dt} &= \beta EH - (\mu_1 - d)P - \mu_2 H \left( \frac{P^2(k + 1)}{H^2} + \frac{P}{H} \right) \\ \frac{dE}{dt} &= hP - \beta EH - \mu_E(t)E\end{aligned}$$





# MATERIALI E METODI

Dinamiche del sistema  
ospite-parassita



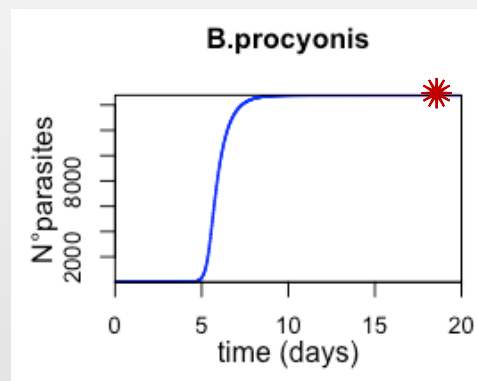
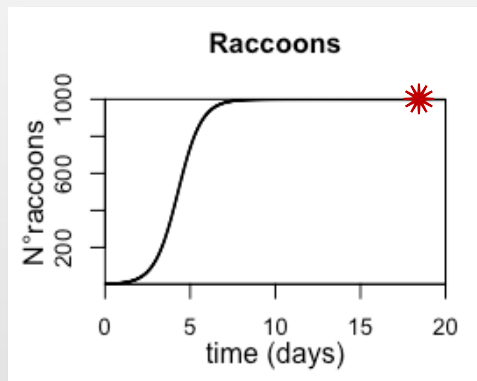
Determinazione delle condizioni di  
partenza del sistema per le simulazioni  
delle strategie d'intervento



**POPOLAZIONE  
NATIVA**

Popolazione che ha raggiunto  
la sua dimensione massima

**POPOLAZIONE  
INTRODOTTA**



# MATERIALI E METODI

Dinamiche del sistema  
ospite-parassita



Determinazione delle condizioni di  
partenza del sistema per le simulazioni  
delle strategie d'intervento

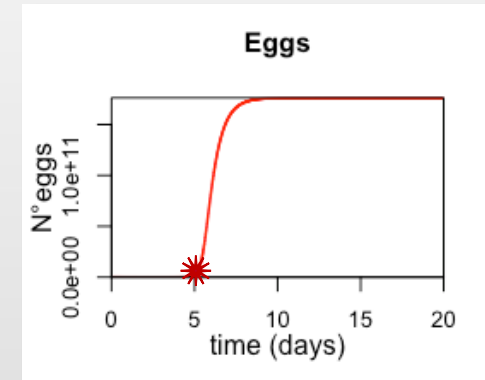
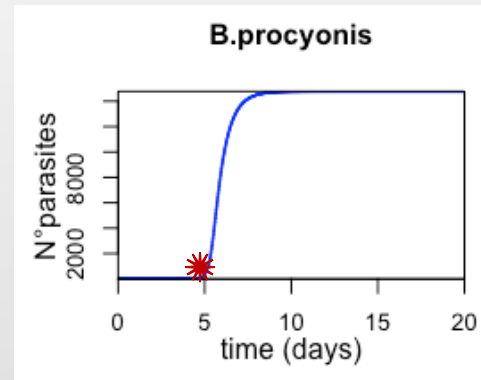
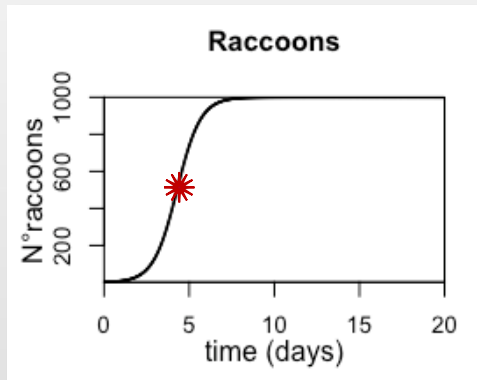


POPOLAZIONE  
NATIVA



POPOLAZIONE  
INTRODOTTA

Popolazione in crescita



# MATERIALI E METODI

Inclusione nel modello delle tre strategie d'intervento

- DEPOPOLAMENTO

$$\begin{aligned}\frac{dH}{dt} &= (b-d)H \left( \frac{K-H}{K} \right) - \rho H \\ \frac{dP}{dt} &= \beta EH - (\mu_1 - d + \rho)P - \mu_2 H \left( \frac{P^2(k+1)}{H^2} + \frac{P}{H} \right) \\ \frac{dE}{dt} &= hP - \beta EH - \mu_E E\end{aligned}$$

Tasso di rimozione degli ospiti

- TRATTAMENTO ANTIELMINTICO

$$\begin{aligned}\frac{dH}{dt} &= (b-d)H \left( \frac{K-H}{K} \right) \\ \frac{dP}{dt} &= \beta EH - (\sigma\mu_1 - d)P - \mu_2 H \left( \frac{P^2(k+1)}{H^2} + \frac{P}{H} \right) \\ \frac{dE}{dt} &= hP - \beta EH - \mu_E E\end{aligned}$$

Tasso di somministrazione dell'antelmintico

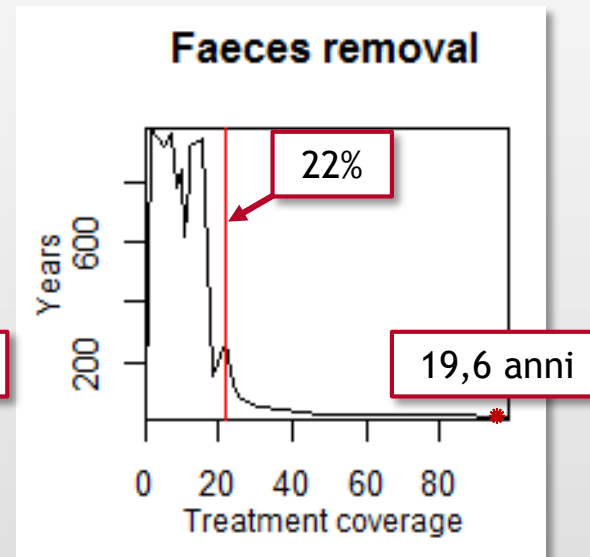
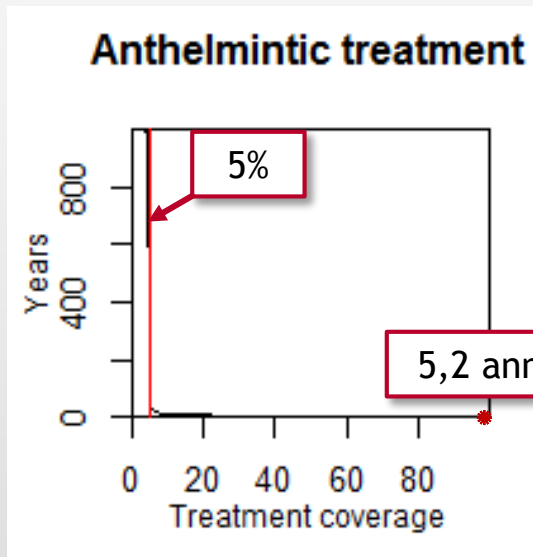
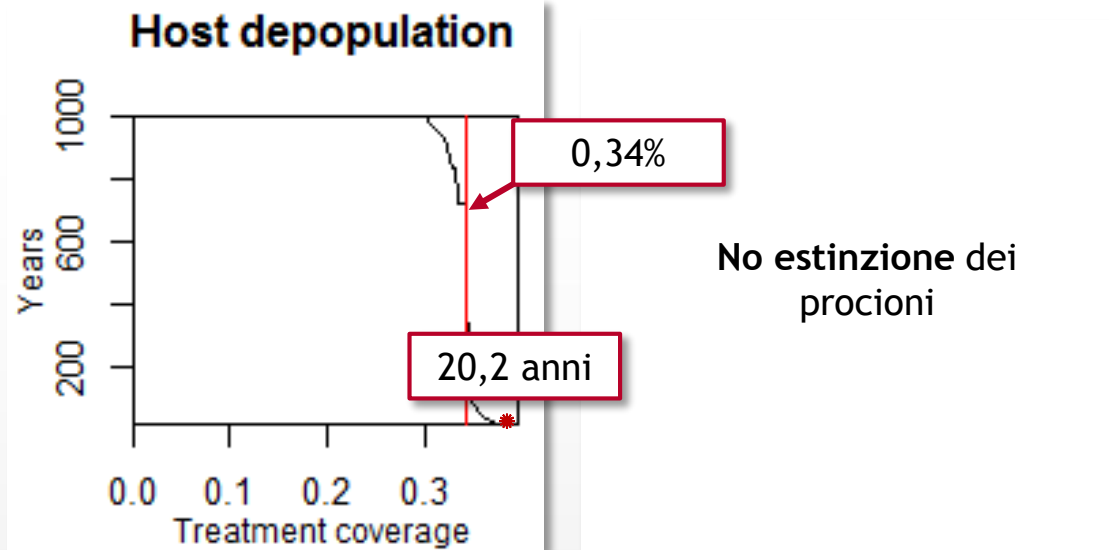
- RIMOZIONE FECI

$$\begin{aligned}\frac{dH}{dt} &= (b-d)H \left( \frac{K-H}{K} \right) - \rho H \\ \frac{dP}{dt} &= \beta EH - (\mu_1 - d + \rho)P - \mu_2 H \left( \frac{P^2(k+1)}{H^2} + \frac{P}{H} \right) \\ \frac{dE}{dt} &= hP - \beta EH - \rho\mu_E E\end{aligned}$$

Tasso di rimozione delle feci

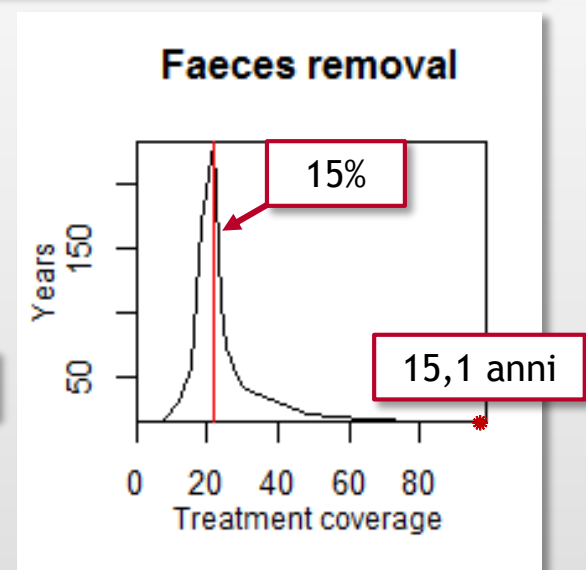
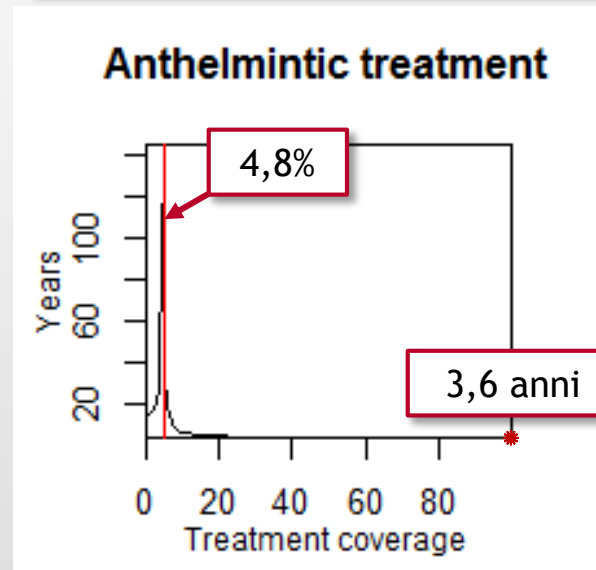
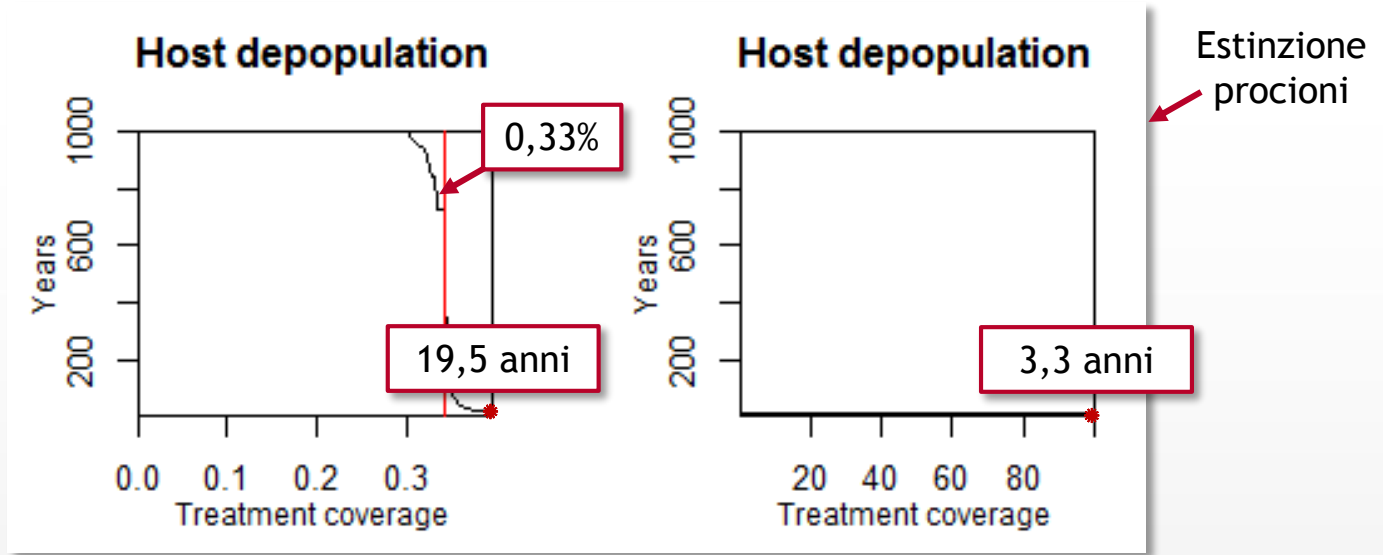
# RISULTATI

## POPOLAZIONE NATIVA



# RISULTATI

## POPOLAZIONE INTRODotta



# CONCLUSIONI

## POPOLAZIONE NATIVA

- ➔ **Copertura di trattamento minore:**
  - Depopolamento
- ➔ **Trattamento più veloce:**
  - Trattamento antielmintico

## POPOLAZIONE INTRODOTTA

- ➔ **Copertura di trattamento minore:**
  - Depopolamento
- ➔ **Trattamento più veloce:**
  - Depopolamento/Trattamento antielmintico

Utilità dei modelli matematici nel **predirre e valutare a priori** gli effetti e l'efficacia delle **strategie d'intervento**