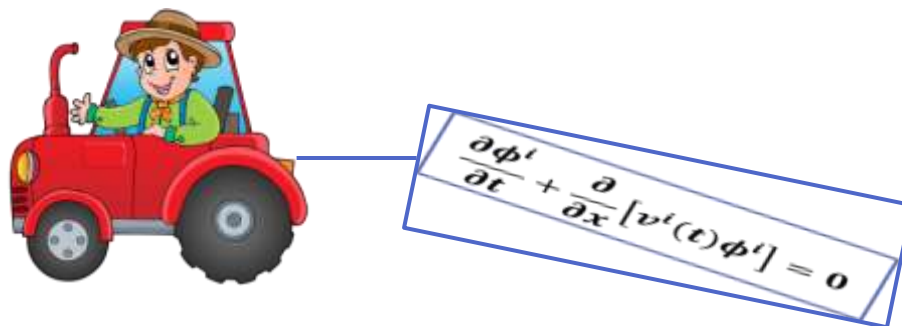




MODELLI PREVISIONALI: la tignoletta della vite

Enrico Marchesini



Antonella Bodini e Sara Pasquali



Servizio Fitosanitario Regione Veneto, Verona, 09 maggio 2016

Perché i **sistemi di monitoraggio** e i **modelli previsionali**?

Sono strumenti previsti dalla

Direttiva CE 128/2009
Uso Sostenibile dei Prodotti Fitosanitari



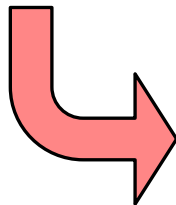
obiettivi

ridurre i rischi e gli impatti sulla

- salute umana
- sull'ambiente

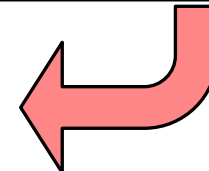
promuovere l'uso

- della **difesa integrata** e
- di approcci o tecniche alternativi, quali le **alternative non chimiche ai pesticidi**



PAN (Piano di Azione Nazionale)
Uso Sostenibile dei Prodotti Fitosanitari
Decreto 22/01/2014

DIFESA INTEGRATA



Il **PAN** e il **monitoraggio** delle avversità e i **modelli previsionali**

A.7.2 - La **difesa integrata** obbligatoria

A.7.2.1 - Il Ministero delle politiche agricole alimentari e forestali provvede a:

3. definire, in accordo con le Regioni e le Province autonome, nell'ambito del manuale di orientamento per la **difesa integrata** obbligatoria, i requisiti minimi delle reti di **monitoraggio** a cui le aziende agricole hanno accesso;
4. attivare iniziative per la realizzazione e l'applicazione di sistemi di previsione e avvertimento sullo sviluppo delle avversità (fitofagi e patogeni), da utilizzare a livello regionale, con particolare riferimento a:
 - ✓ standardizzazione dei **modelli previsionali** esistenti ed attualmente in uso in alcune Regioni (piattaforma informatica con unico software in grado di elaborare, per i diversi territori, i modelli previsionali disponibili con i dati meteorologici messi a disposizione dalle reti meteorologiche regionali);
 - ✓ messa a disposizione delle Regioni e delle Province autonome, degli algoritmi e dei "sorgenti" dei **modelli previsionali** sullo sviluppo delle avversità, dei software applicativi e di una piattaforma informatica, che consenta agli stessi Enti di gestire informazioni utilizzabili per ciascun ambito territoriale;
 - ✓ validazione dei diversi **modelli** nei diversi ambiti territoriali;

Il **PAN** e il **monitoraggio** delle avversità e i **modelli previsionali**

A.7.2.2 - Le Regioni e le Province autonome

provvedendo a:

2. assicurare una rete di **monitoraggio** sullo sviluppo delle principali avversità e l'applicazione, al fine di garantire agli utilizzatori finali di prodotti fitosanitari la disponibilità di:

- ✓ previsione e avvertimento sullo sviluppo delle avversità;
- ✓ bollettini che, sulla base dei risultati delle elaborazioni dei **modelli previsionali** e delle reti di **monitoraggio**, forniscono informazioni sull'applicazione della difesa integrata.

A.7.2.3. Gli utilizzatori professionali di prodotti fitosanitari e le aziende agricole

b) dati fenologici e fitosanitari forniti da una rete di **monitoraggio** e, ove disponibili, dai sistemi di previsione e avvertimento

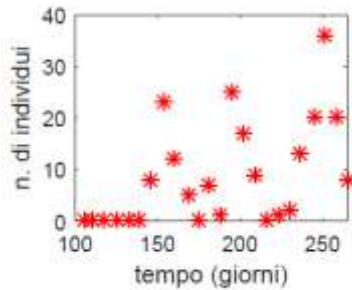
A.7.4.2 - Le Regioni e le Province autonome

4. predisporre eventuali bollettini sulla base dei risultati delle elaborazioni dei **modelli previsionali** e delle reti di **monitoraggio** che forniscano agli agricoltori informazioni sull'applicazione della difesa biologica;

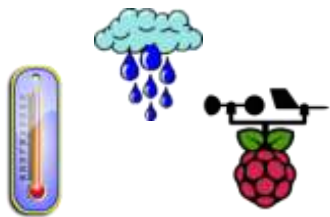
Modelli matematici per la dinamica di popolazioni



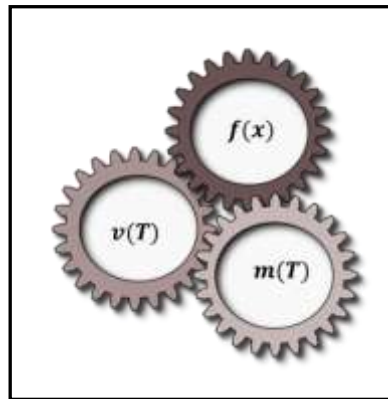
BIOLOGIA DELLA SPECIE



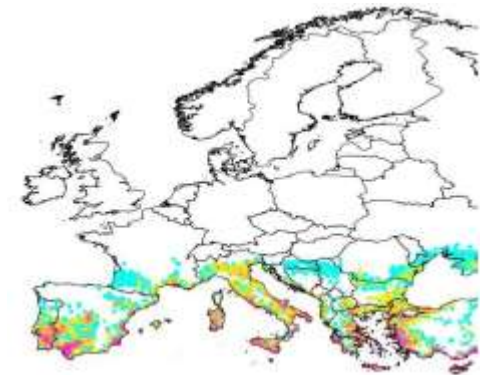
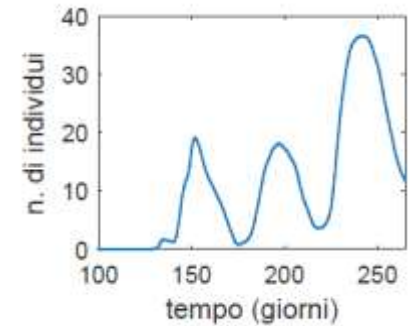
DATI DI MONITORAGGIO



DATI METEO

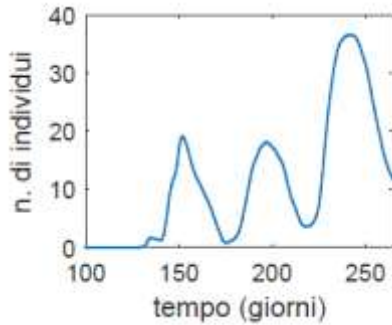


MODELLO MATEMATICO



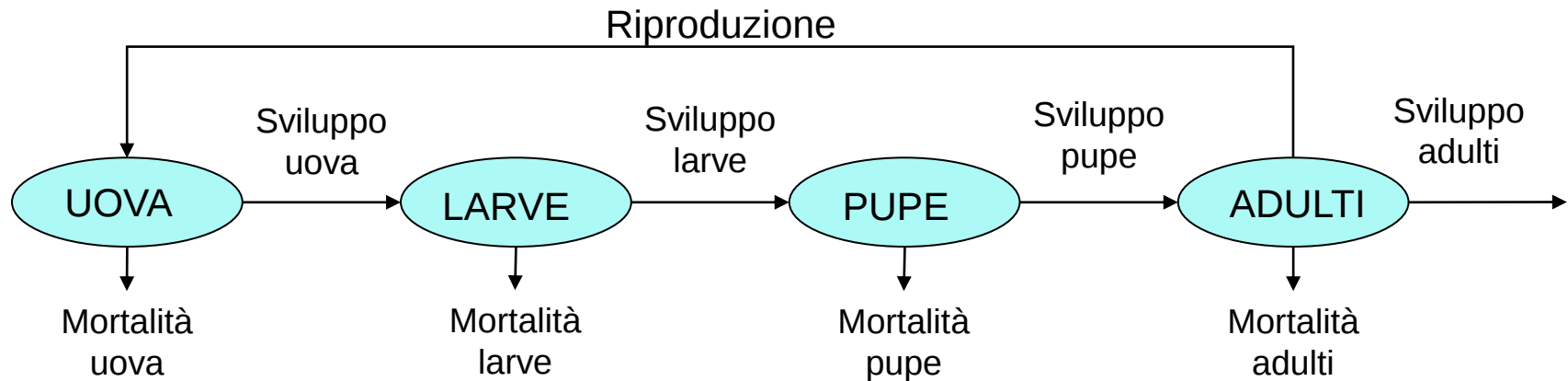
Modelli per la dinamica di popolazioni

Modelli temporali



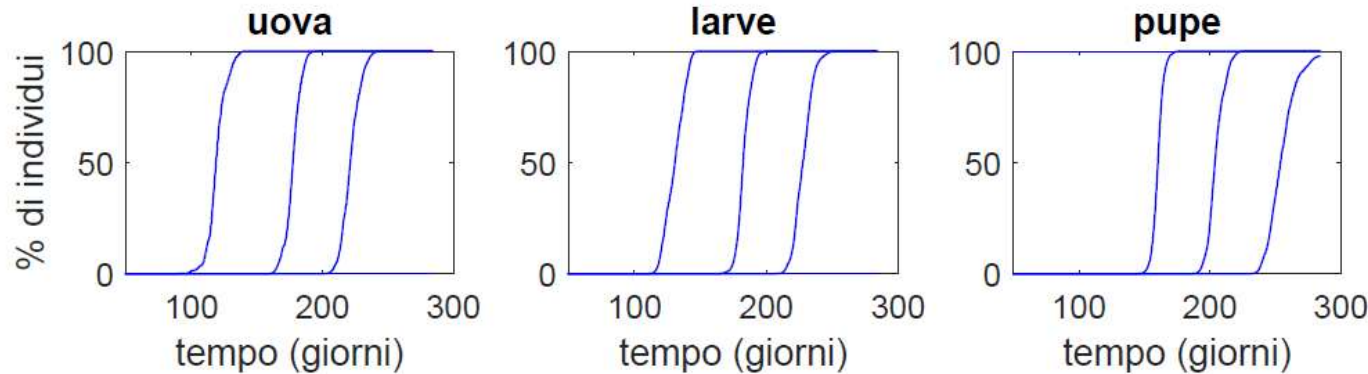
Modelli spazio-temporali

Modelli per la dinamica di popolazioni strutturate



Modelli per la dinamica di popolazioni

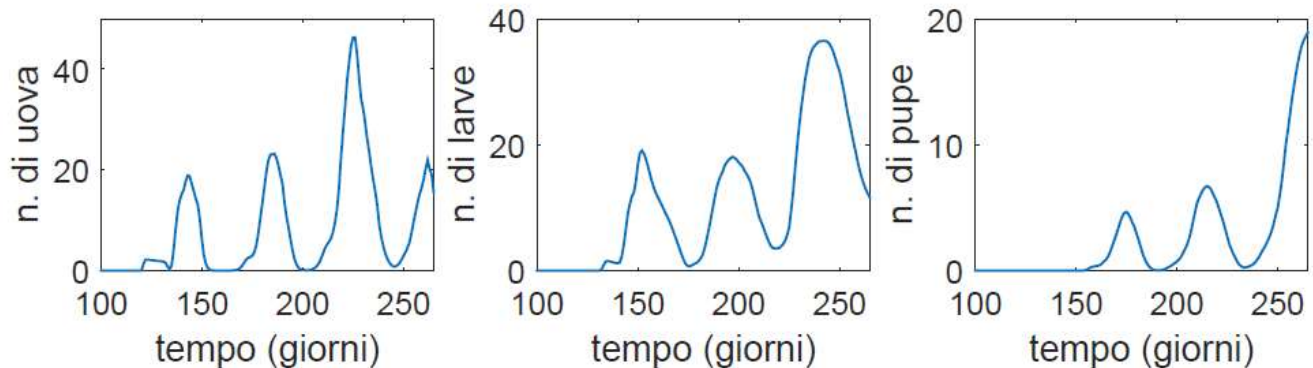
MODELLI TEMPORALI



FENOLOGICO

fare previsioni sull'andamento dei diversi stadi dell'insetto in base alla temperatura

DEMOGRAFICO



permette di ottenere in ogni momento il n° di individui di ciascun stadio di sviluppo. Si deve partire dal numero di individui presenti in un dato momento ed avere a disposizione i dati orari delle temperature.

I modelli in termini matematici



$$\begin{aligned} \frac{\partial \phi^i}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left[v^i(t) \phi^i - \sigma^i \frac{\partial \phi^i}{\partial x} \right] + m^i(t) \phi^i &= 0, \\ \left[v^i(t) \phi^i(t, x) - \sigma^i \frac{\partial \phi^i}{\partial x} \right]_{x=0} &= F^i(t), \quad t > t_0, \quad x \in (0, 1) \\ \left[-\sigma^i \frac{\partial \phi^i}{\partial x} \right]_{x=1} &= 0 \\ \phi^i(t_0, x) &= \hat{\phi}^i(x) \end{aligned}$$



I **modelli di simulazione** sono strumenti in grado di trasformare i rapporti che intercorrono tra la coltura, le avversità e l'ambiente circostante in equazioni matematiche

Il modello MRV - Lobesia

FENOLOGICO

- * I **Modelli a Ritardo Variabile** (MRV) sono in grado di simulare lo sviluppo di una popolazione di insetti descrivendo il passaggio degli individui attraverso le proprie fasi fenologiche (uovo, larva, pupa e adulto) unicamente sulla base delle temperature rilevate in campo.
- * All'inizio dell'anno si considera che la popolazione sia costituita al 100% da individui in diapausa, che cominciano a svilupparsi non appena la temperatura dell'aria supera, anche solo per qualche ora al giorno, la soglia inferiore di sviluppo.
- * Sulla base dei parametri biologici e delle temperature rilevate, viene calcolato lo sviluppo istantaneo dei diversi stadi e, per quello adulto, il tasso di fecondità. Allo sviluppo viene applicato un "ritardo" che rappresenta il tempo di permanenza all'interno di uno stadio.

MRV - Lobesia



dati ARPAV

Data	UOVA			LARVE			PUPE			ADULTI			METEO
	Gen.	Cum.	Pre.	Gen.	Cum.	Pre.	Gen.	Cum.	Pre.	Gen.	Cum.	Pre.	Pioggia
10/04/16	SV	0	0	SV	0	0	SV	0	100	SV	0	0	0
11/04/16	SV	0	0	SV	0	0	SV	0	100	SV	0	0	0
12/04/16	SV	0	0	SV	0	0	SV	0	100	SV	0	0	0
13/04/16	SV	0	0	SV	0	0	SV	0	100	SV	0	0	9
14/04/16	SV	0	0	SV	0	0	SV	0	99	SV	1	1	1
15/04/16	SV	0	0	SV	0	0	SV	0	98	SV	2	2	0
16/04/16	SV	0	0	SV	0	0	SV	0	95	SV	5	5	0
17/04/16	SV	0	0	SV	0	0	SV	0	91	SV	9	9	0
18/04/16	SV	0	0	SV	0	0	SV	0	84	SV	16	16	0
19/04/16	I	2	2	SV	0	0	SV	0	79	SV	21	21	19
20/04/16	I	2	2	SV	0	0	SV	0	72	SV	28	28	0
21/04/16	I	4	3	SV	0	0	SV	0	63	SV	37	37	0
22/04/16	I	5	5	SV	0	0	SV	0	53	SV	47	47	0
23/04/16	I	7	7	SV	0	0	SV	0	45	SV	55	55	4
24/04/16	I	8	8	SV	0	0	SV	0	43	SV	57	57	4
25/04/16	I	9	9	SV	0	0	SV	0	40	SV	60	60	0
26/04/16	I	10	10	SV	0	0	SV	0	37	SV	63	63	1
27/04/16	I	12	12	SV	0	0	SV	0	32	SV	68	67	0
28/04/16	I	14	14	SV	0	0	SV	0	30	SV	70	70	0
29/04/16	I	16	15	SV	0	0	SV	0	25	SV	75	75	0
30/04/16	I	18	18	SV	0	0	SV	0	19	SV	81	80	0
01/05/16	I	20	20	SV	0	0	SV	0	19	SV	81	81	6
02/05/16	I	23	22	SV	0	0	SV	0	16	SV	84	83	1

UOVA Cum = % cumulativa uova deposte
Pre = % uova deposte e non ancora schiuse

PUPE Cum = % cumulativa pupe formate
Pre = % pupe formate e non ancora sfarfallate

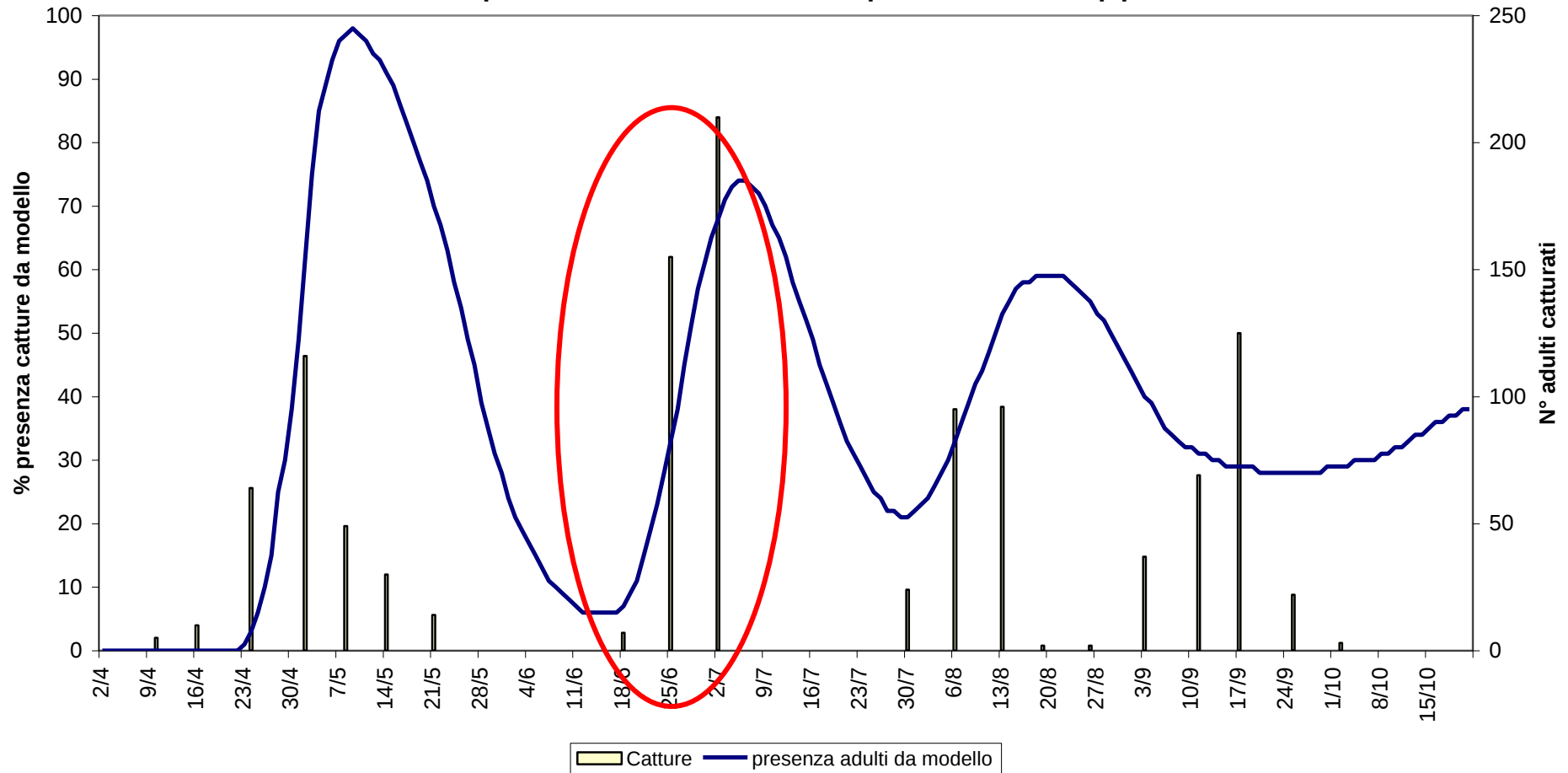
LARVE Cum = % cumulativa larve nate
Pre = % larve nate e non ancora incrisalidate

ADULTI Cum = % cumulativa adulti sfarfallati
Pre = % adulti sfarfallati non ancora morti

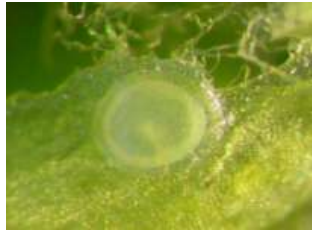


Il modello MRV-Lobesia può essere considerato un valido strumento per posizionare gli interventi?

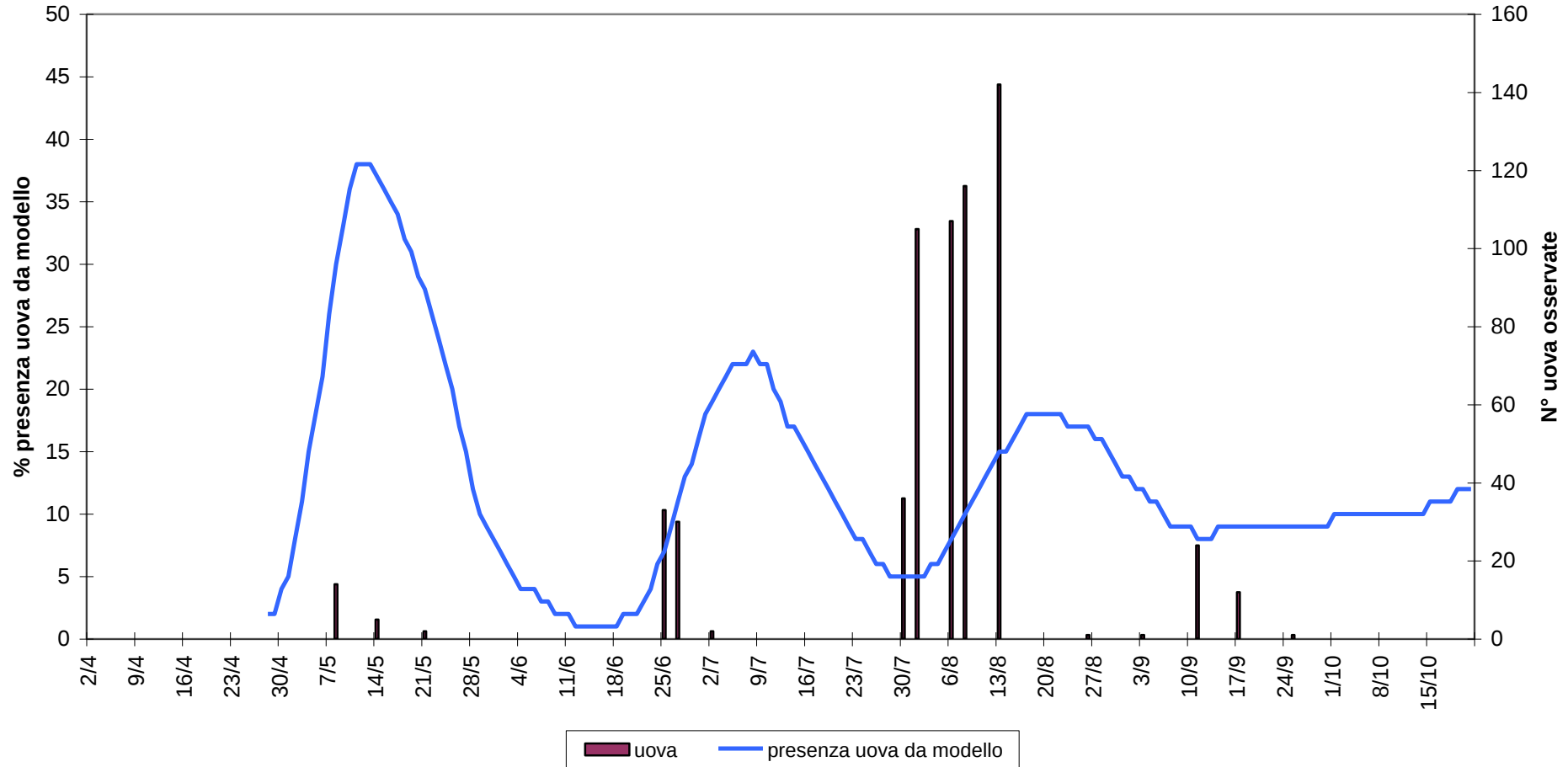
Confronto tra le curve di volo degli **adulti** previste dal modello e quelle rilevate in campo con le trappole a feromoni



Inizio dei voli della I^a e II^a gen.: le differenze tra il previsto e l'osservato sono contenute.
 Picco di volo e fase conclusiva: dati previsionali poco attendibili, errori non sempre accettabili.



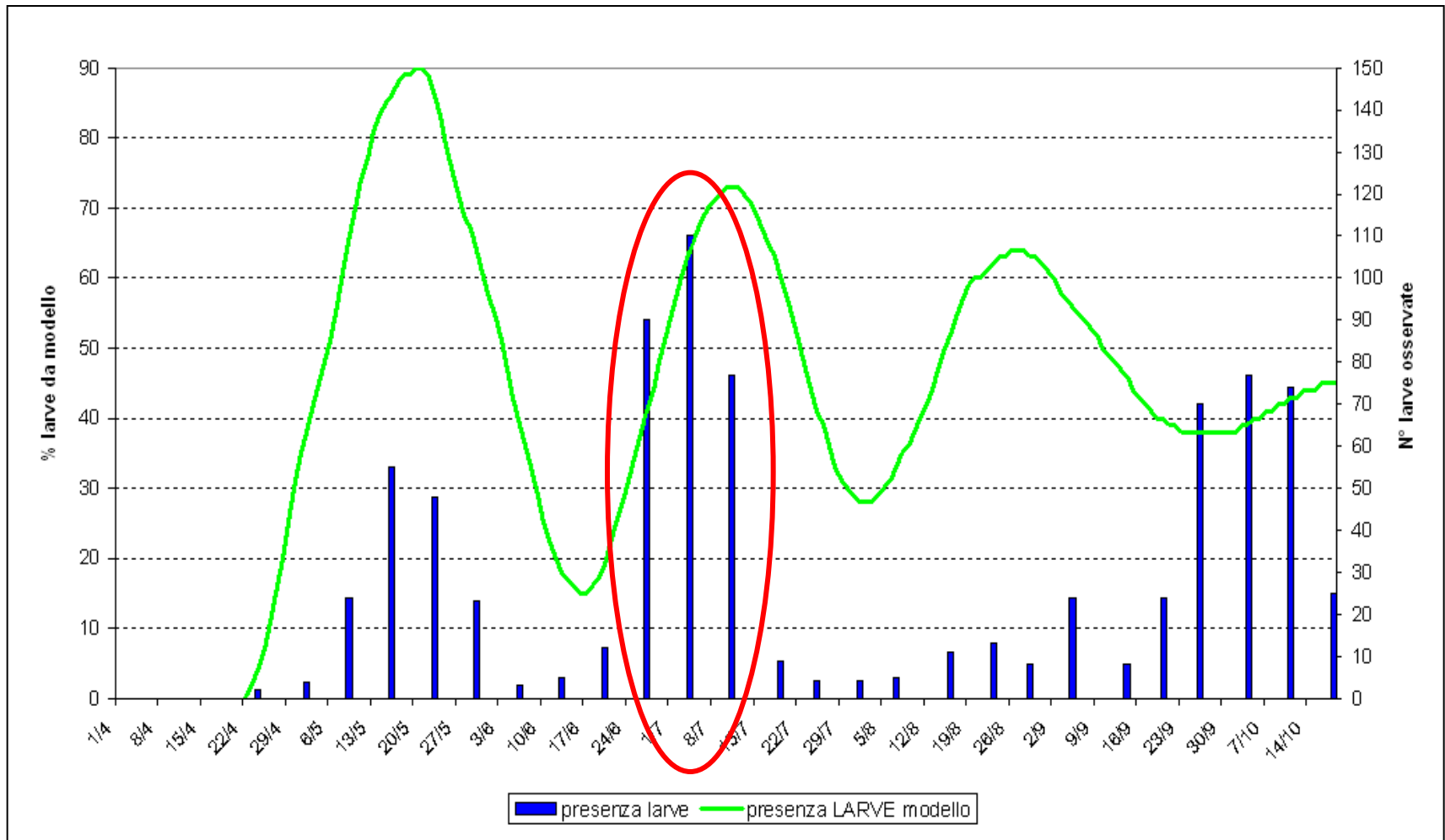
Confronto tra le curve di **ovideposizione** previste dal modello e quelle osservate in campo



Inizio ovideposizione previsto dal modello con un errore di $\pm 2-3$ giorni
 massima ovideposizione coincide abbastanza bene per la I^a gen., mentre è posticipato rispetto alla realtà per quanto riguarda la II^a, III^a gen.



Confronto tra le curve di presenza delle **LARVE** previste dal modello e i dati osservati direttamente in campo



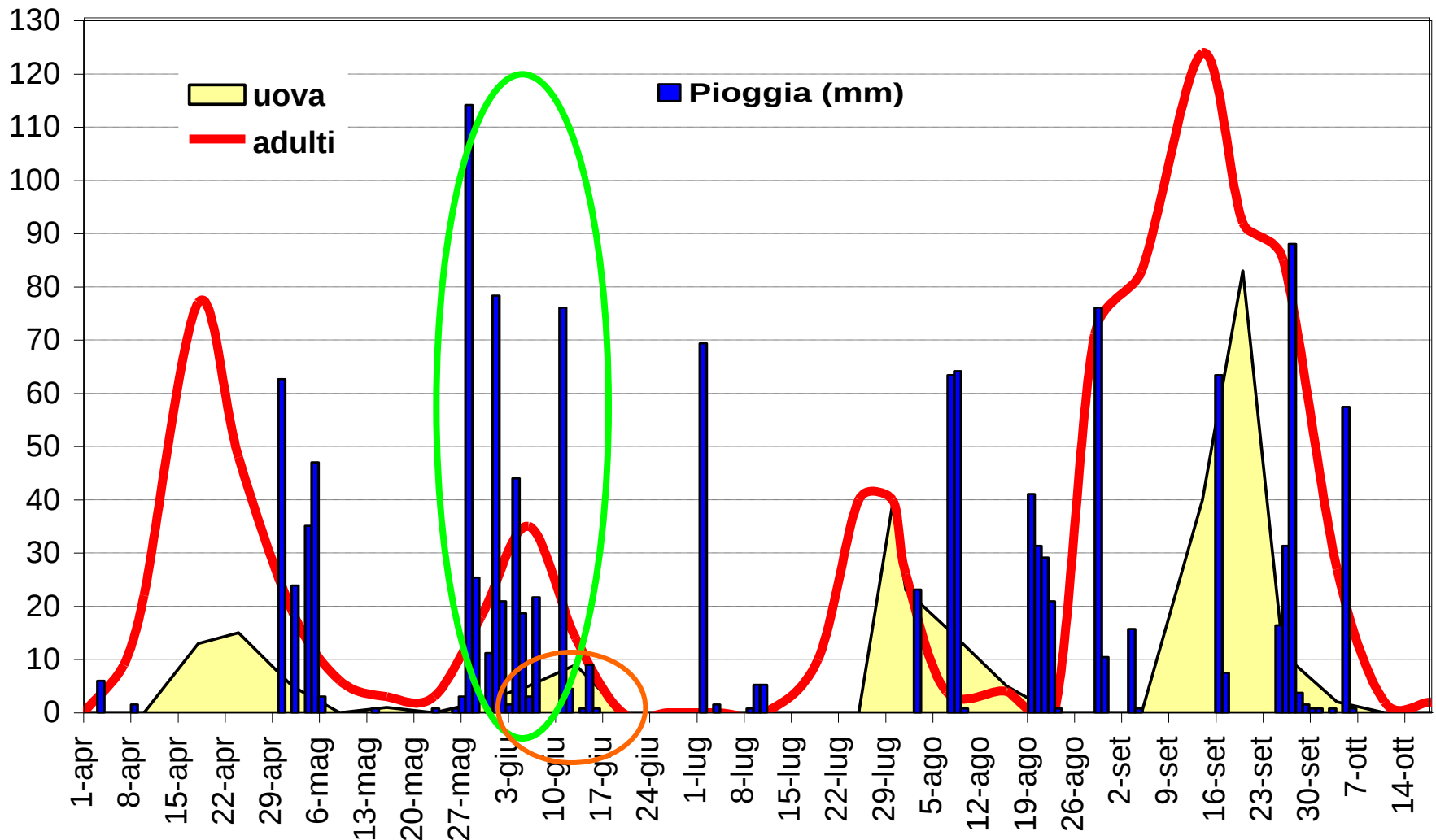
L'errore previsionale per le larve di seconda generazione è pari a 7 giorni di ritardo rispetto a quanto osservato in campo

Errore medio di previsione

Anno	Volo	PERCENTUALI CUMULATIVE DEL VOLO								Errore medio
		11-20	21-30	31-40	41-50	51-60	61-70	71-80	81-90	
2003	I°		-2				0		4	2
	II°			-3					7	5
	III°				-3				14	8,5
2004	I°	-1	3,5	9				8		5,4
	II°			-8					13	10,5
	III°		-1							1
2005	I°		-4		0			4		3
	II°		-4					-7		5,5
	III°				-4					4
2007	I°	-1			+3				+8	4
	II°				-7					7
	III°				-7					7

Errore medio di previsione del I°, II° e III° volo			
	I° volo	II° volo	III° volo
Anno	Errore medio (gg)	Errore medio (gg)	Errore medio (gg)
2003	2,00	5,00	8,50
2004	5,40	5,50	1,00
2005	3,00	5,50	4,00
2007	4,00	7,00	7,00
errore medio	3,60	5,75	5,13

Le piogge influenzano i voli e le ovideposizioni di tignoletta ?



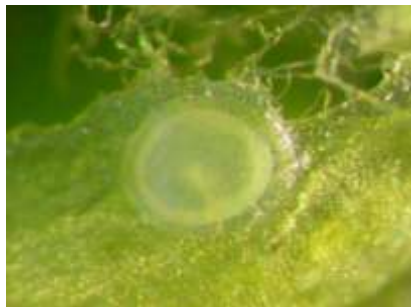
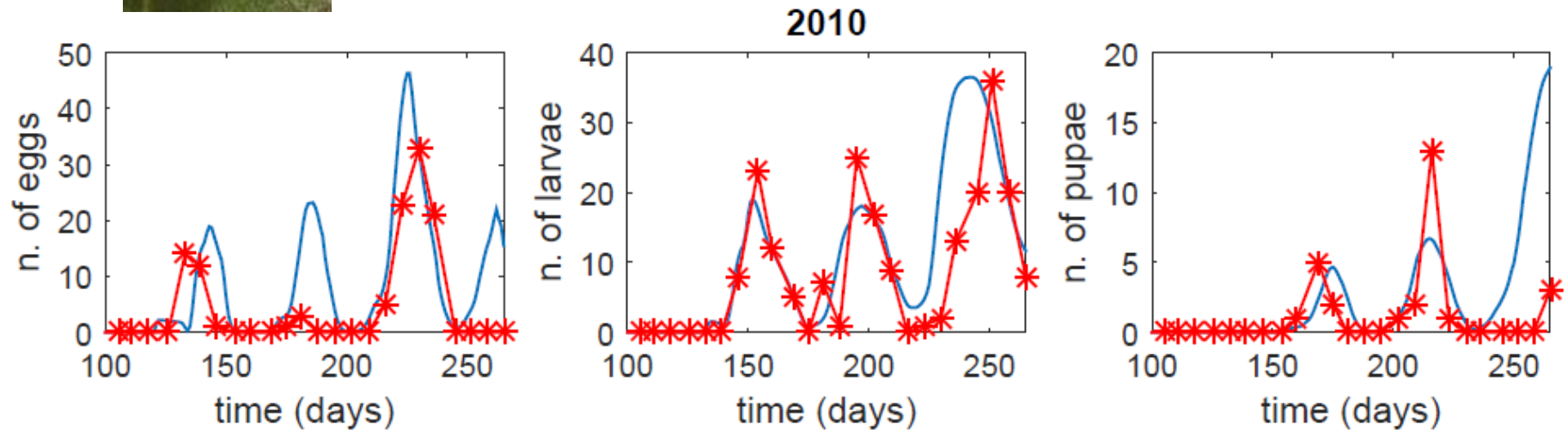
Le precipitazioni temporalesche e gli abbassamenti di temperatura verificatesi tra fine maggio e primi di giugno hanno fortemente rallentato le ovideposizioni da parte delle femmine.

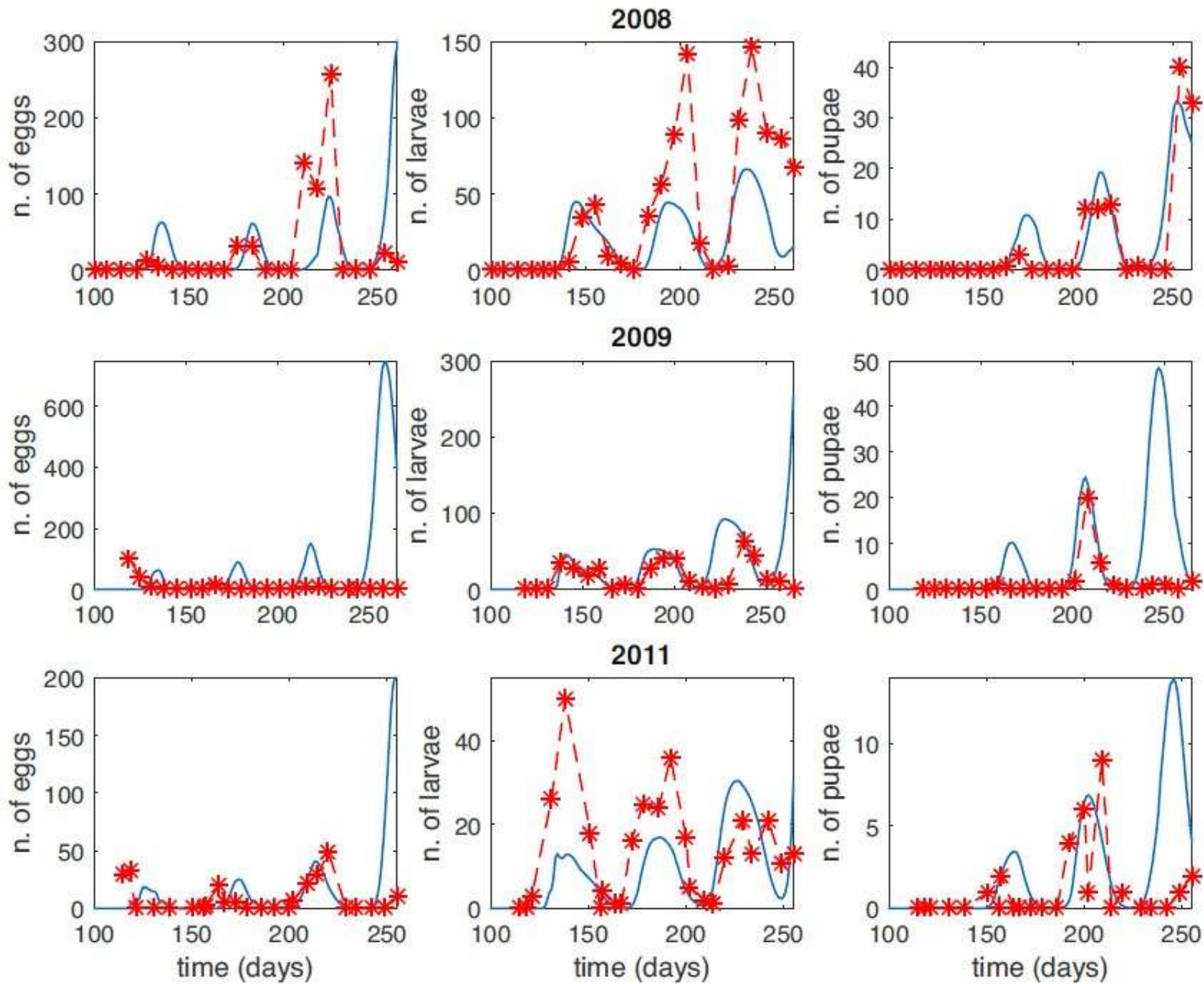
Modelli per la dinamica di popolazioni

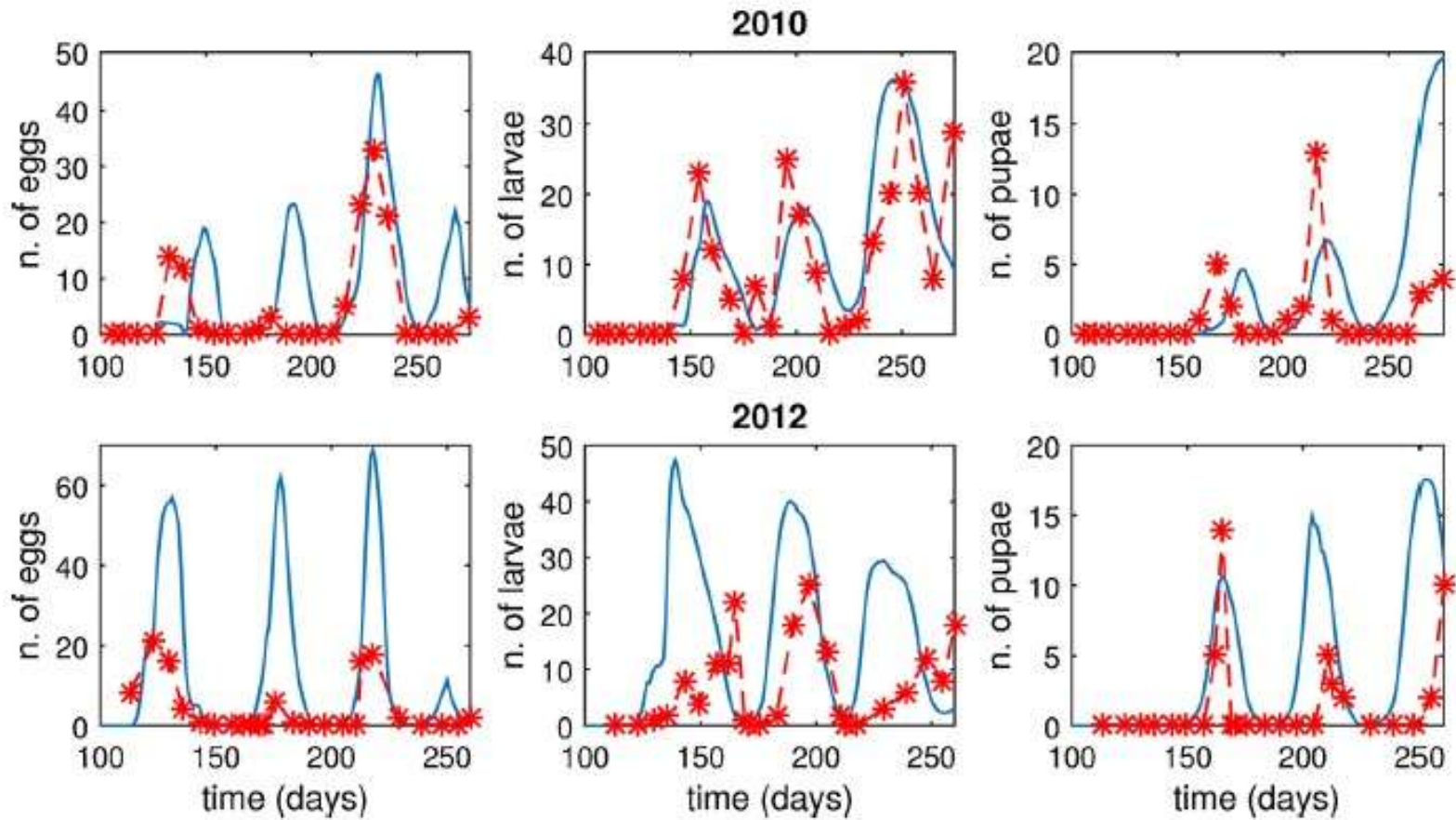


(*Lobesia botrana*)

Modello DEMOGRAFICO Stocastico







Nuovi Modelli Demografici recenti pubblicazioni

Simmi

Journal of Mathematical Biology manuscript No.
(will be inserted by the editor)

Simulation models - insect pests

Gilioli G.¹, Pasquali S.², Marchesini E.³, Salinari F.⁴

¹ DMMT, University of Brescia, Italy

² CNR-IMATI, Milano, Italy

³ AGREA Centro Studi, San Giovanni Lupatoto (VR), Italy

⁴ Horta Srl, Piacenza, Italy

A Bayesian estimation approach for the mortality in a stage-structured demographic model

E. Lanzarone · S. Pasquali ·
G. Gilioli · E. Marchesini

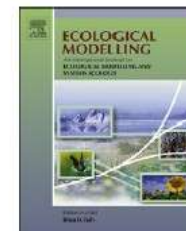
Ecological Modelling 320 (2016) 348–357



Contents lists available at ScienceDirect

Ecological Modelling

journal homepage: www.elsevier.com/locate/ecolmodel



A modelling framework for pest population dynamics and management: An application to the grape berry moth

Gianni Gilioli^{a,b}, Sara Pasquali^{c,*}, Enrico Marchesini^d

^a Department of Molecular and Translational Medicine, University of Brescia Viale Europa 11, 25123 Brescia, Italy

^b CASAS Global (Center for the Analysis of Sustainable Agricultural Systems Global) 37 Arlington Ave, Kensington, CA 94707, USA, <http://cnr.berkeley.edu/casas>

^c CNR-IMATI "Enrico Magenes" Via Bassini 15, 20133 Milano, Italy

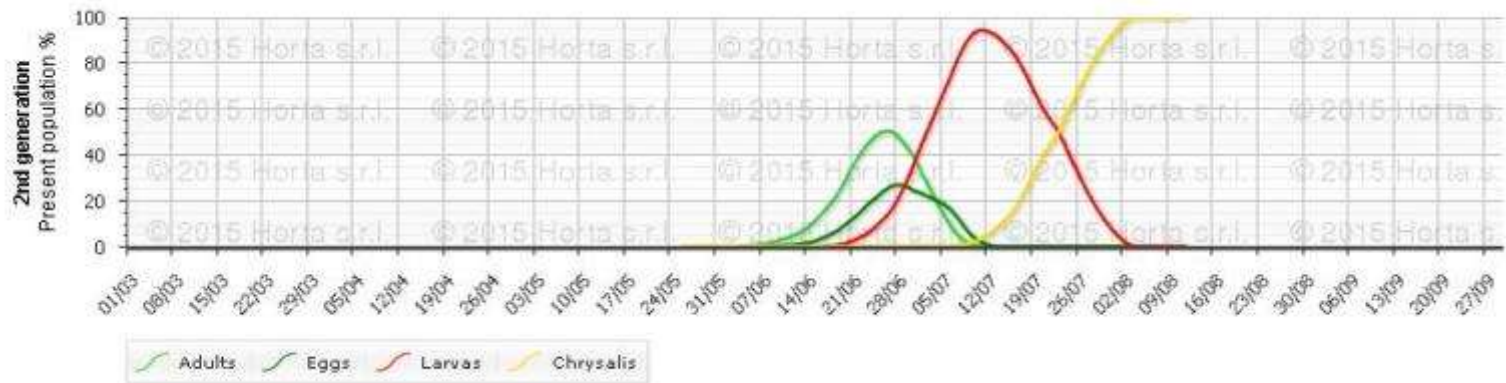
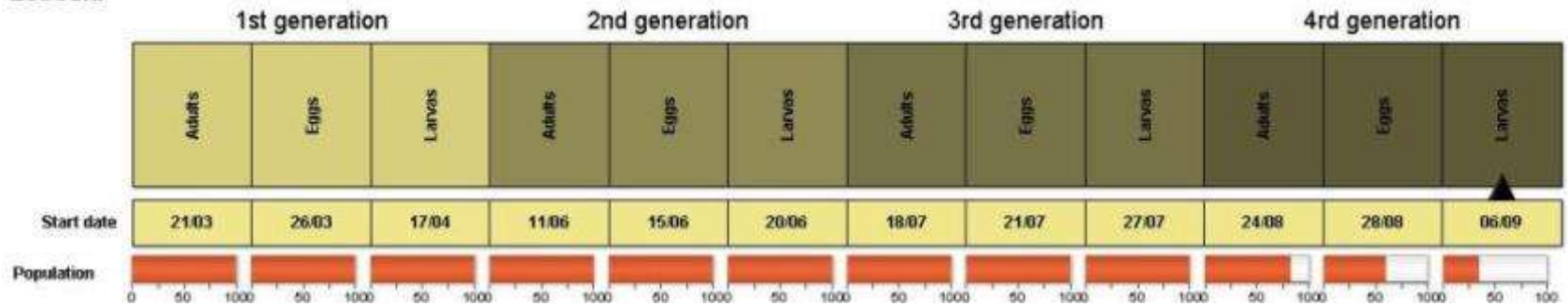
^d AGREA S.r.l. Centro Studi Via Garibaldi 5/16, 37057 San Giovanni Lupatoto (VR), Italy



Controllo dei parassiti

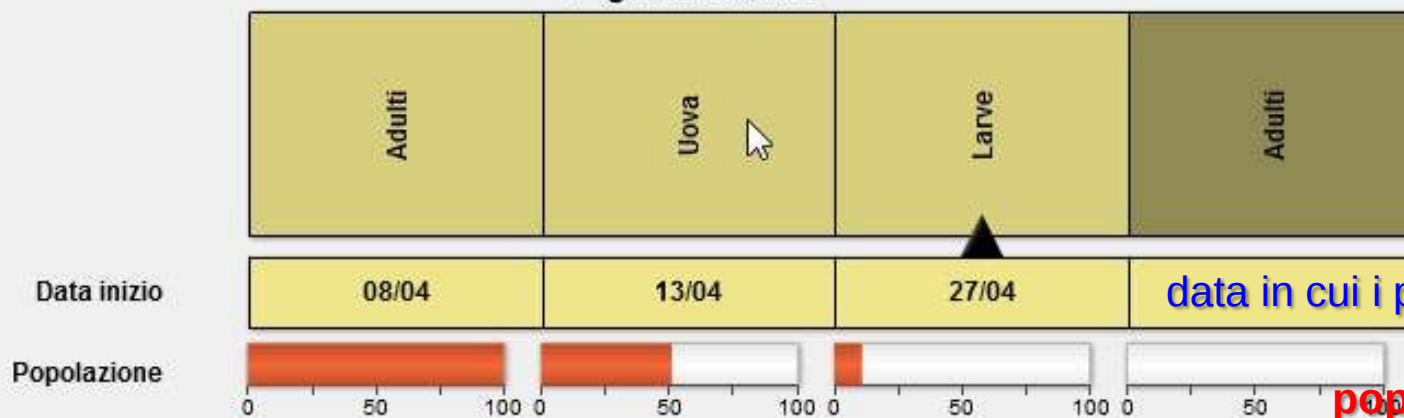
vite.net

Lobesia



Tignoletta

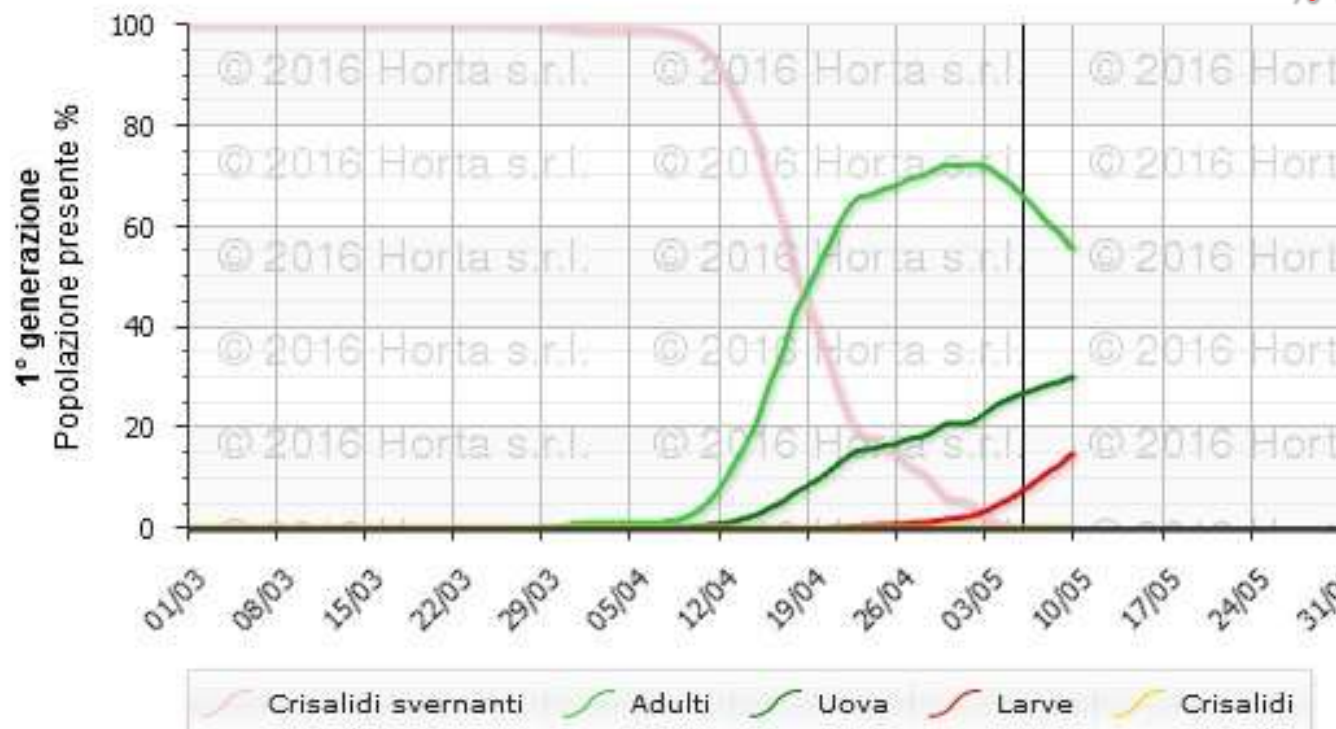
1° generazione



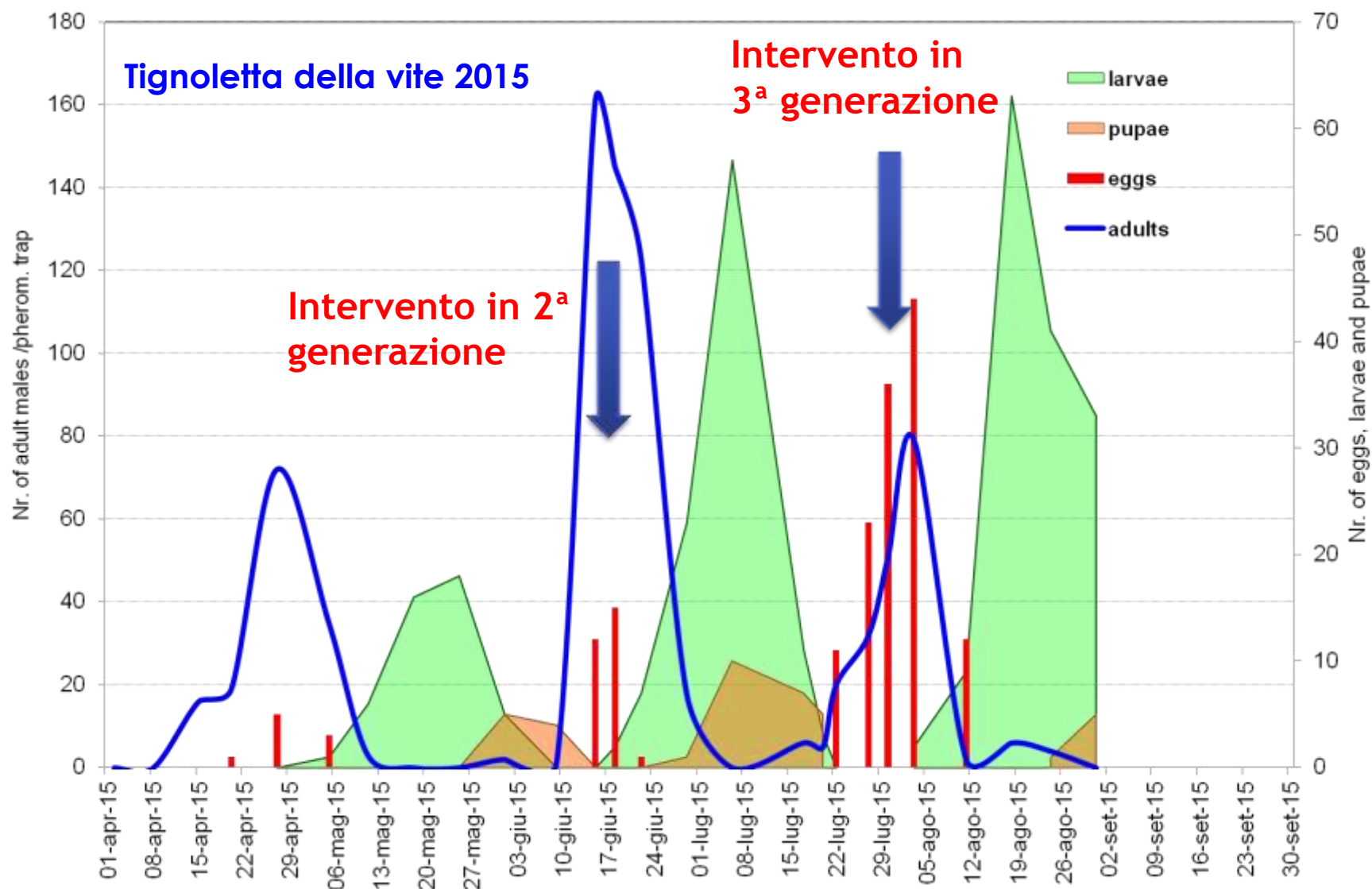
vite.net

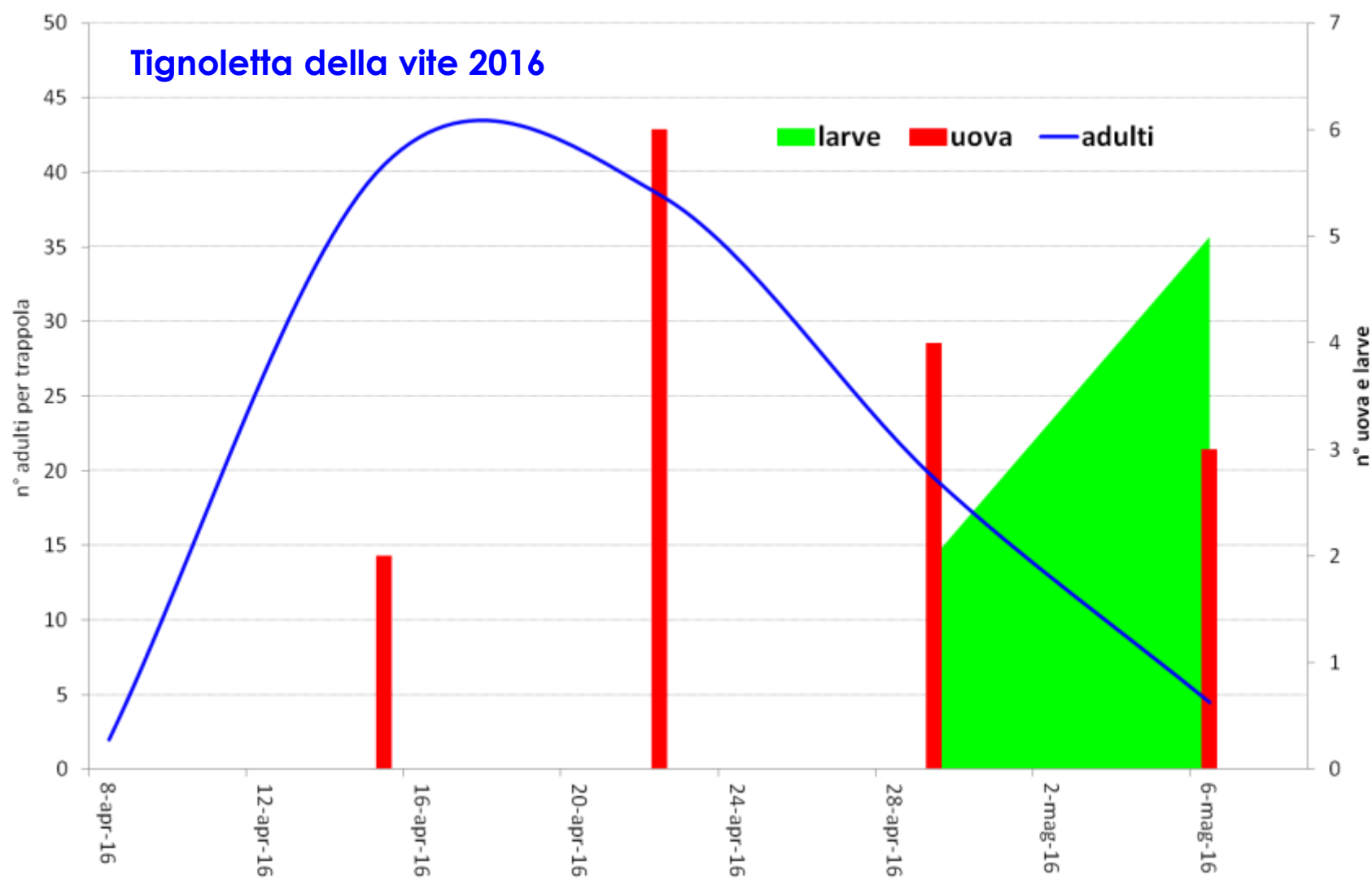
data in cui i primi individui entrano nello stadio

popolazione cumulata =
% individui che sono già entrati nello stadio



ripartizione % della popolazione nei diversi stadi (somma = 100)





Previsioni meteo

Dati da satellite

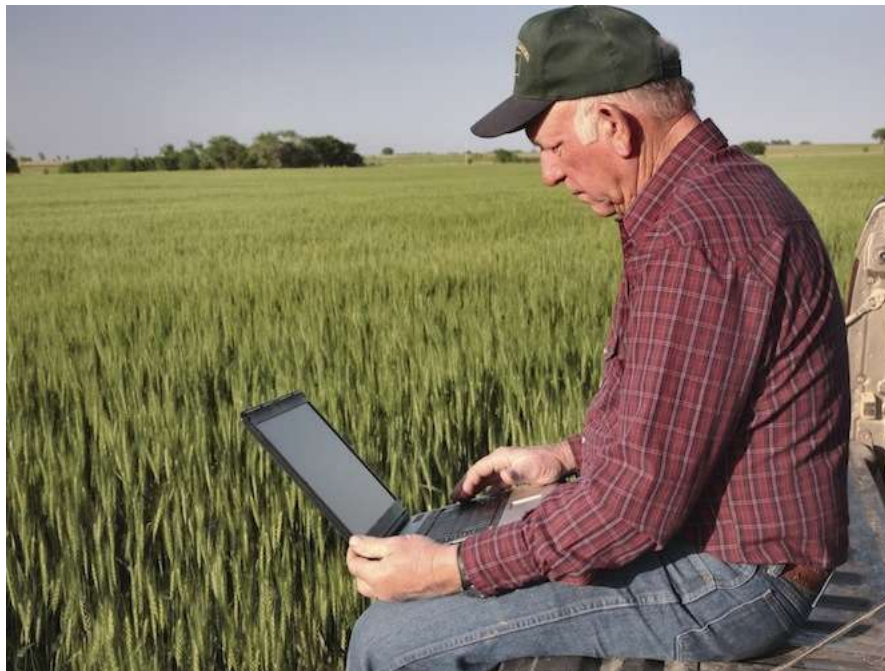
Sensori

Dati di campo

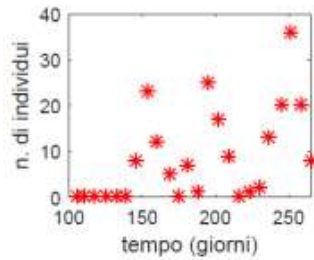
Modelli
matematici

Esperienza
personale

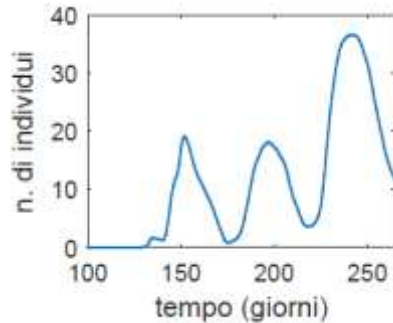
Opinione
di esperti



Supporto alle decisioni



Parere dell'esperto su
quando e perché
trattare.

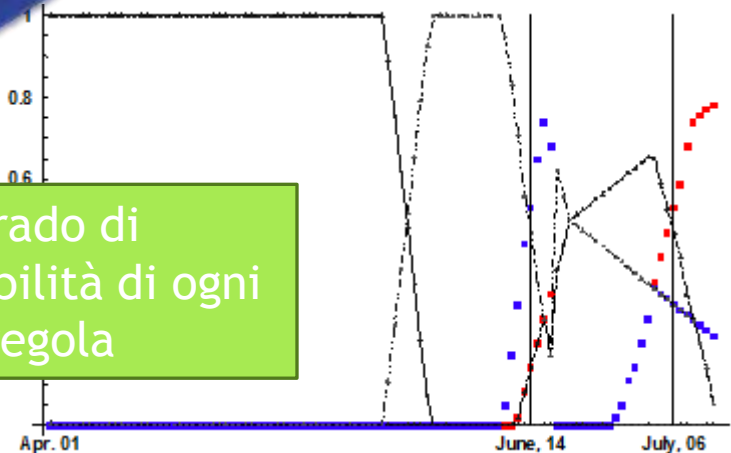


MODELLI

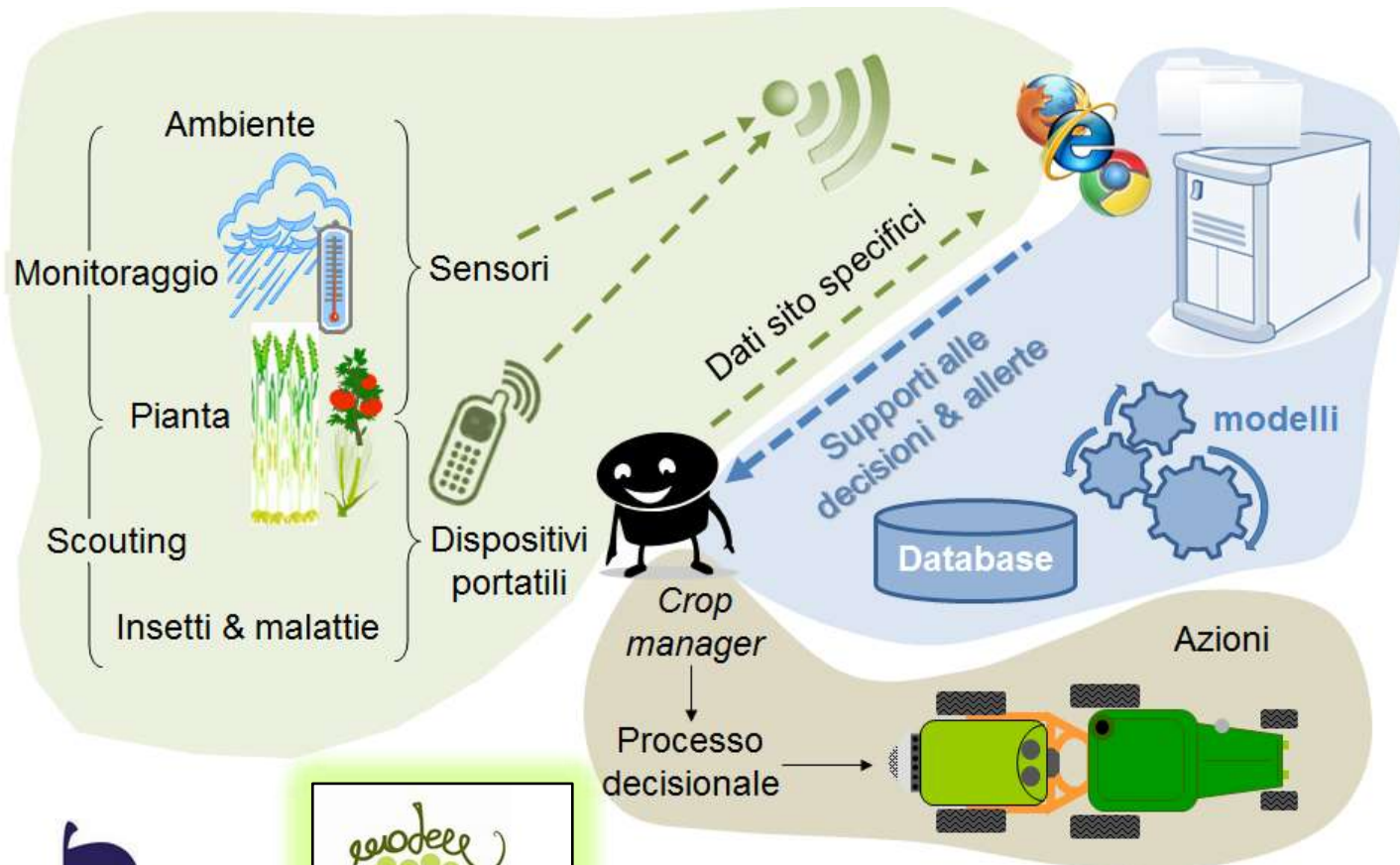
REGOLE

Matematica

Grado di
applicabilità di ogni
regola



Sistemi di supporto alle decisioni DSS



La normativa sull'uso sostenibile dei prodotti fitosanitari prevede adeguate reti di monitoraggio e l'impiego di **modelli previsionali**

- I vari sistemi di monitoraggio infatti sono fondamentali per un'applicazione corretta delle strategie di difesa integrata.
- I modelli previsionali, pur essendo una rappresentazione semplificata della realtà, forniscono informazioni utili per decidere come intervenire nella difesa.
- Questi modelli matematici sono strumenti che devono essere sempre integrati con l'esperienza dell'agricoltore e il supporto di tecnici del settore che saranno, di fatto, i decisori finali.

video AGREA pubblicati su [YouTube](#):

Data	Target	descrizione	indirizzo
07-mag-15	<i>Lobesia botrana</i>	larva L1 di 1 gen.	https://youtu.be/F36XnToTg7M
19-mag-15	<i>Calepitrimerus vitis</i>	femmina	https://youtu.be/ZMQEEq3qn6I
27mag15	<i>Partenolecanium corni</i>	uova e neanidi	https://youtu.be/3LL4SO5YdJg
14-giu-15	<i>Lobesia botrana</i>	adulto di 2 gen.	https://youtu.be/hjwcRNeS_xQ
18-giu-15	<i>Tranosemella prerogator</i>	parassitoide di tignoletta	https://youtu.be/cUI3mr1hbMM
25-giu-15	<i>Lobesia botrana</i>	larva L1 di 2 gen.	https://youtu.be/4Cl_4BIZTU4
25-giu-15	<i>Lobesia botrana</i>	larva L2 di 2 gen.	https://youtu.be/Jd7JXn3o5C0
26-giu-15	<i>Lobesia botrana</i>	larva L3 di 2 gen.	https://youtu.be/nvv3f25LqYg
31-lug-15	<i>Parthenolecanium corni</i>	giovani femmine	https://youtu.be/XWgUuHcLnBM
18-ago-15	<i>Ephestia unicolorella w.</i>	larva su grappolo	https://youtu.be/CDSWoiP5OGw
24-ago-15	<i>Argyrotaenia ljugiana</i>	crisalide e adulto	https://youtu.be/tMt8dOgBoCc
25-ago-15	<i>Planococcus ficus</i>	femmine	http://youtu.be/ke4_K0q2wcM
26-ago-15	<i>Cacoecimorpha pronubana</i>	larva e adulto	https://youtu.be/0KEjD_9oL8Q
26-ago-15	<i>Lobesia botrana</i>	larva L3 di 3 gen.	http://youtu.be/gaoXMghHWC8
27-apr-16	<i>Planococcus ficus</i>	Ovi-sacco e neanidi	https://youtu.be/sRXgoQLO_yQ
10-mag-16	<i>Planococcus ficus</i>	vite	https://youtu.be/_ycbOPSDpmY
10-mag-16	<i>Phyllocnistis vitegenella</i>	vite	https://youtu.be/t6mau35jqso