



UNIVERSITÀ  
DI TORINO



# Salute delle api: il ruolo del biomonitoraggio ambientale


**Simone Tosi**

Dipartimento di Scienze Agrarie, Forestali e Alimentari

Università di Torino

[beelab.unito.it](http://beelab.unito.it)

[simone.tosi@unito.it](mailto:simone.tosi@unito.it)

 [@simo\\_tosi](https://twitter.com/simo_tosi)

# BeeLab @UNITO

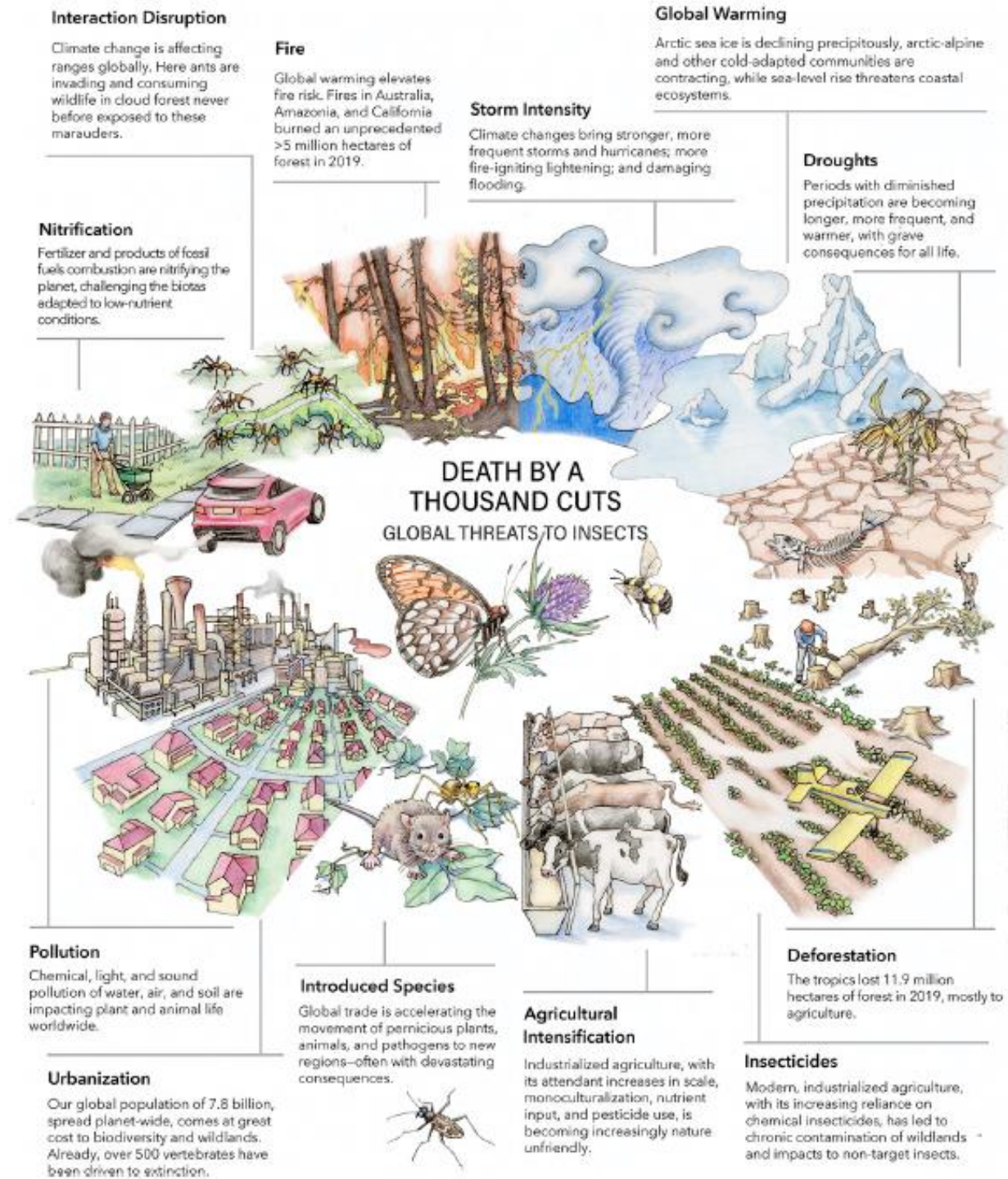


# Indice

1. Salute delle api
2. La valutazione del rischio
3. L'esposizione delle api ai pesticidi: il biomonitoraggio
4. Effetti subletali, combinati, e cronici sulle api
5. Direzioni future

# Minacce alla salute degli insetti

## Multifattoriale



# Salute delle api

## Multifattoriale

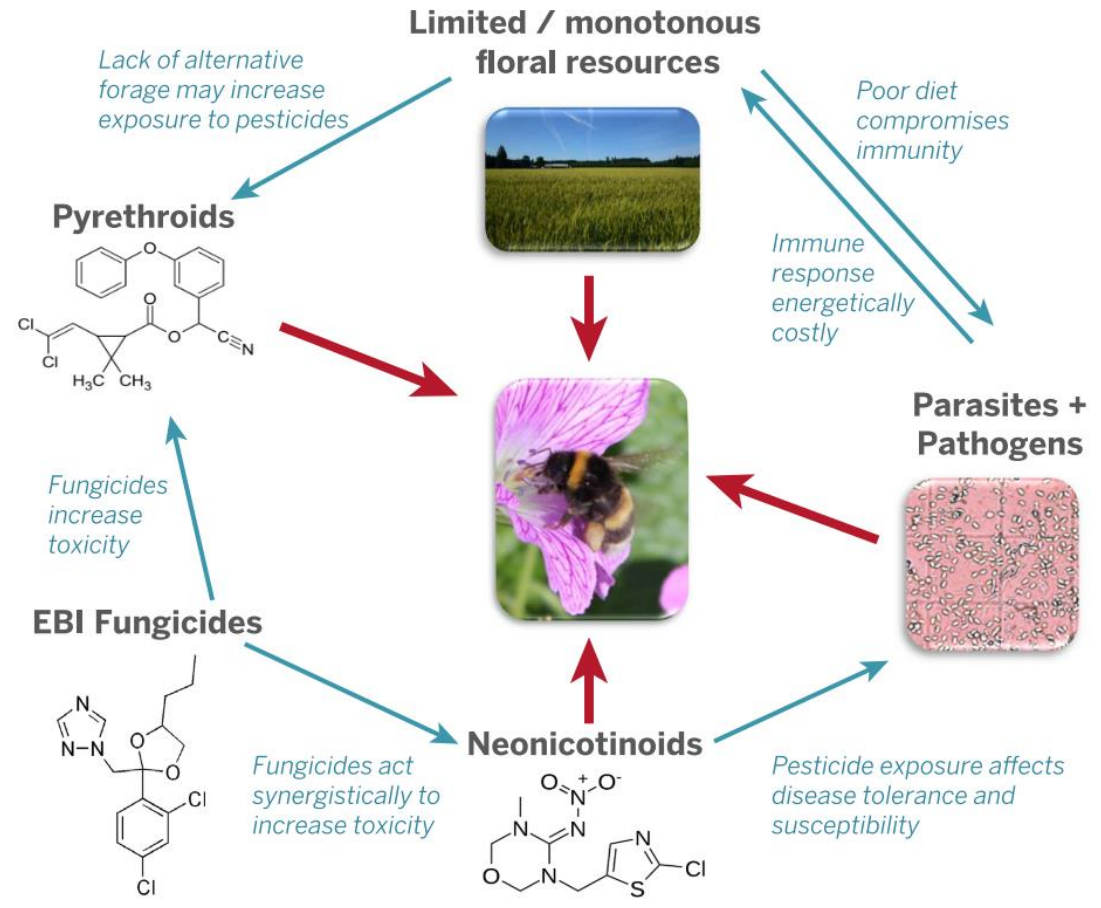
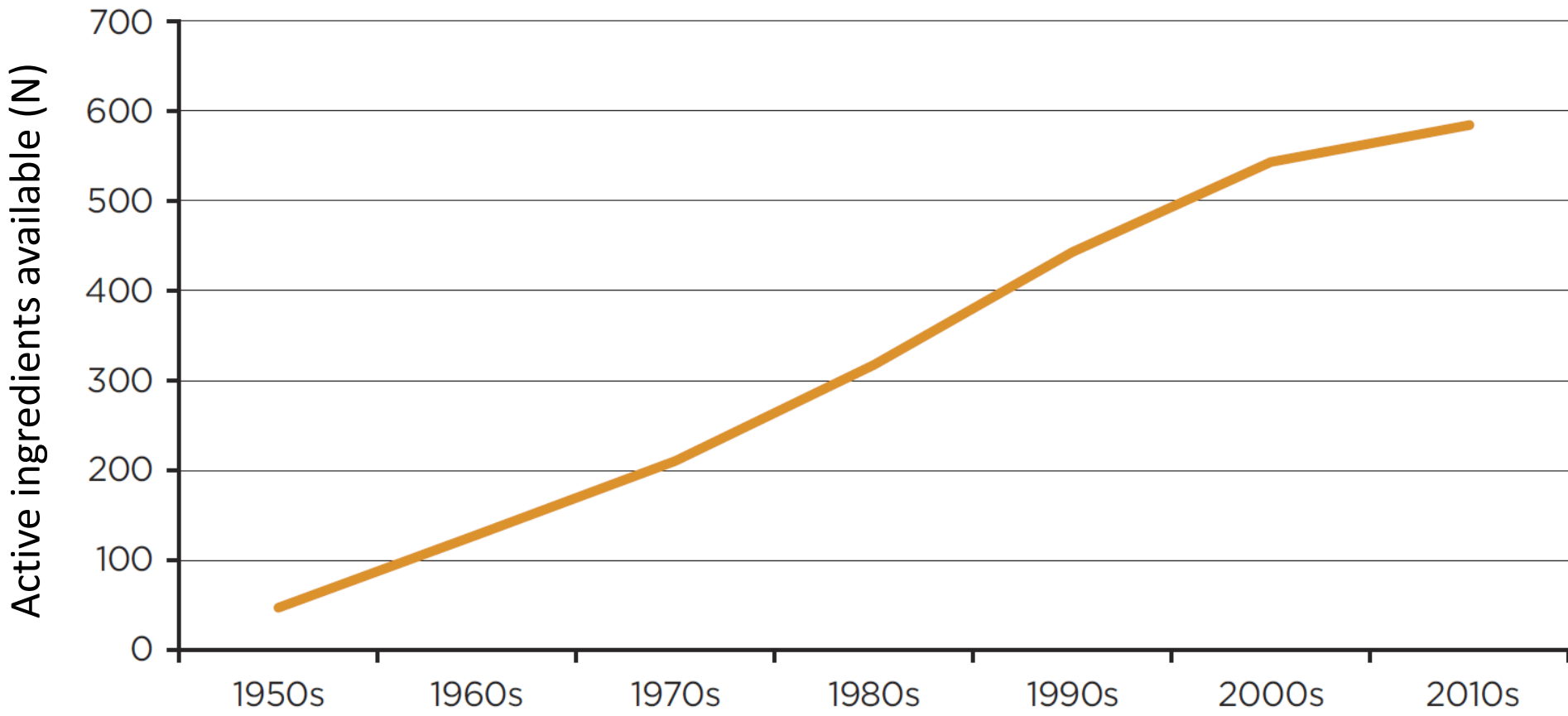


Fig. 3. Both wild and managed bees are subject to a number of significant and interacting stressors.

# Il mondo dei pesticidi: in continuo cambiamento

## Nuovi principi attivi



Phillips McDougall, 2019, Evolution of the Crop Protection Industry since 1960



# Un campo in continuo cambiamento

## Tossicità

pesticide	®	utilisation	DL50 ng/ab	Tox/DDT
DDT	Dinocide	insecticide	27 000,0	1
amitraze	Apivar	i/acaricide	12 000,0	2
coumaphos	Perizin	i/acaricide	3 000,0	9
tau-fluvalinate*	Apistan	i/acaricide	2 000,0	13,5
methiocarb	Mesurool	insecticide	230,0	117
carbofuran	Curater	insecticide	160,0	169
λ-cyhalothrine	Karate	insecticide	38,0	711
deltamethrine	Décis	insecticide	10,0	2 700
thiaméthoxam	Cruiser	insecticide	5,0	5 400
fipronil	Regent	insecticide	4,2	6 475
clothianidine	Poncho	insecticide	4,0	6 750
imidaclopride	Gaucho	insecticide	3,7	7 297

Neonicotinoids are >5000  
times more toxic than DDT

# Indice

1. Salute delle api

**2. La valutazione del rischio**

3. L'esposizione delle api ai pesticidi: il biomonitoraggio

4. Effetti subletali, combinati, e cronici sulle api

5. Direzioni future



# Sicurezza dei pesticidi

Usare i pesticidi nel modo **più sicuro ed efficiente** per controllare gli insetti dannosi,  
*proteggendo* la salute degli **uomini**, degli **animali**, e dell'**ambiente**

- ✓ Il **rischio** dei nuovi pesticidi viene **valutato** prima che entrino nel mercato

# Processo di autorizzazione

## **Regolamento 1107/2009** sull'immissione sul mercato dei prodotti fitosanitari

24.11.2009	EN	Official Journal of the European Union	L 309/1
<b>I</b>			
<i>(Acts adopted under the EC Treaty/Euratom Treaty whose publication is obligatory)</i>			
<b>REGULATIONS</b>			
<b>REGULATION (EC) No 1107/2009 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL</b>			
<b>of 21 October 2009</b>			
<b>concerning the placing of plant protection products on the market and repealing Council Directives</b>			
<b>79/117/EEC and 91/414/EEC</b>			

# Processo di autorizzazione

“Criteri di approvazione delle sostanze attive”  
(Reg. 1107/2009)

“The plant protection products [...] shall...”

- “... have **no immediate or delayed harmful effects** on **human** [...] or **animal health** [...] taking into account known **cumulative and synergistic effects**”
- “...have **no unacceptable effects** on the **environment**, having particular regard to [...] its impact on **non-target species**, including on the ongoing **behaviour** of those species”
- The provisions of this Regulation are underpinned by the **precautionary principle**.  
Member States shall not be prevented from applying the precautionary principle **where there is scientific uncertainty** as to the **risks** with regard to **human** or **animal health** or the **environment** [...]

# Valutazione del rischio

**Rischio**

=

**Pericolo** \*

**Esposizione**

Risk

Hazard

Exposure

Probabilità che pericolo causi un effetto avverso in un organismo secondo certi livelli di esposizione

Proprietà o qualità intrinseca di un determinato principio attivo o prodotto fitosanitario avente il potenziale di causare danni

Probabilità e livello di esposizione di un organismo a un pericolo (i.e. un pesticida ed eventuali metabolite): per es. quanto pesticida ha ingerito tale organismo

# Hazard

vs.

# Risk

A Hazard is something that has the potential to harm you

Risk is the likelihood of a hazard causing harm

## SHARK



A shark in the sea is a hazard



Swimming with a shark is a risk

## LIGHTNING



Lightning is a hazard



Standing under a tree during a thunderstorm is a risk

**Risk** depends on **hazard** and **exposure**.  
There is no risk if there is no **hazard**.  
There is no risk if there is no **exposure**.

# Valutazione del rischio

Si focalizza su:

- Effetti **letali**
- Effetti nel **breve termine**
- Un **singolo** prodotto chimico



# Indice

1. Salute delle api

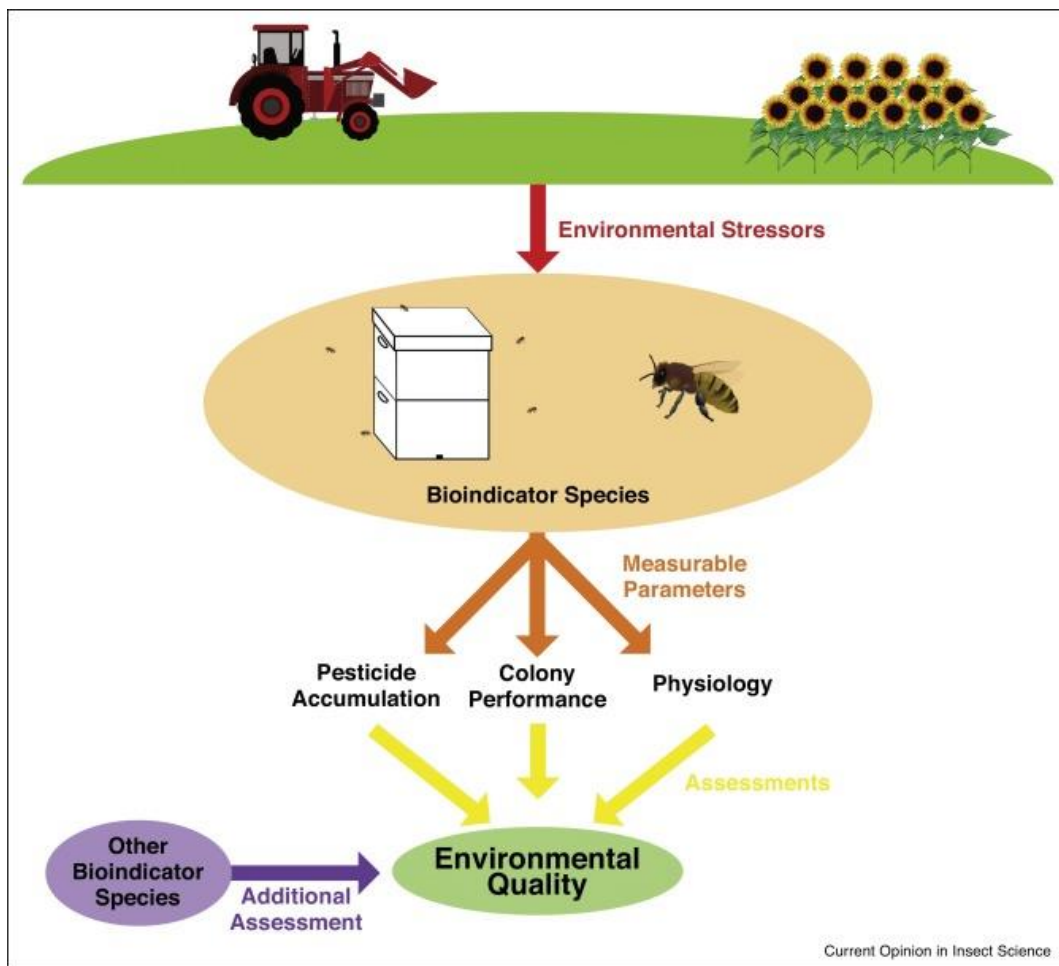
2. La valutazione del rischio

**3. L'esposizione delle api ai pesticidi: il biomonitoraggio**

4. Effetti subletali, combinati, e cronici sulle api

5. Direzioni future

# Biomonitoraggio



## Contaminazione ambientale

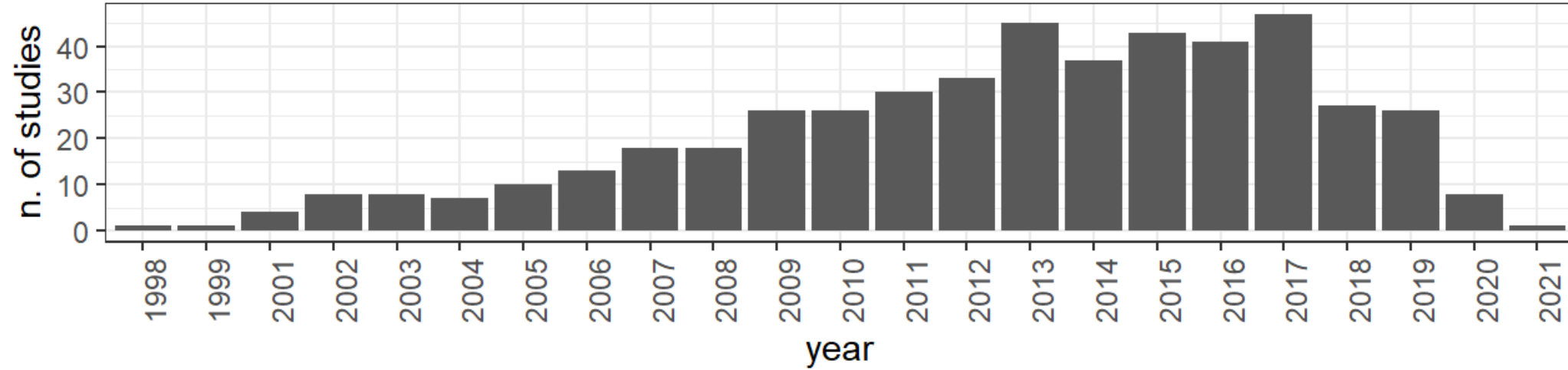
- **Metalli pesanti:** Svoboda (1961); Crane (1984)
- **Radionuclidi:** Gilbert & Lisk (1978), Balestra (1992); Fresquez et al. (1997ab);
- **Policlorobifenili (PCB):** Anderson, J. F. & M. A. Wojtas (1986); Morse et al., (1987)
- **Antibiotici:** Nagata T. (1995); Cooper et al. (1998)
- **Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA):** Amorena, M. et al., (2009)
- **Pesticidi:** Kevan, P.G. (1975); Kalnins, A.A. & Detroit, B.F. (1984); Atkins, E. L., & Kellum, D. (1986)

# Biomonitoraggio

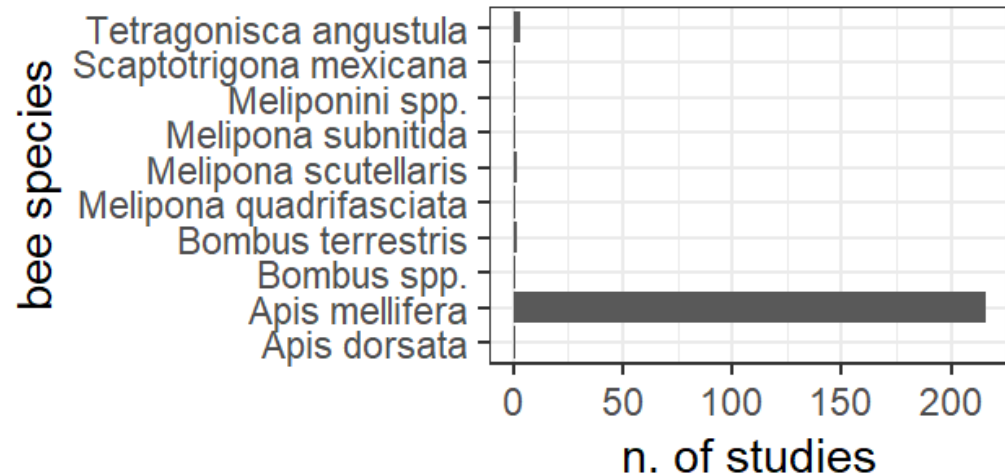
## Una meta-analisi

- Analisi sistematica della letteratura scientifica (PRISMA PEO method)
- Meta-analisi
- Articoli scientifici:
  - **n = 7890**
  - **Dal 1948 al 2022**

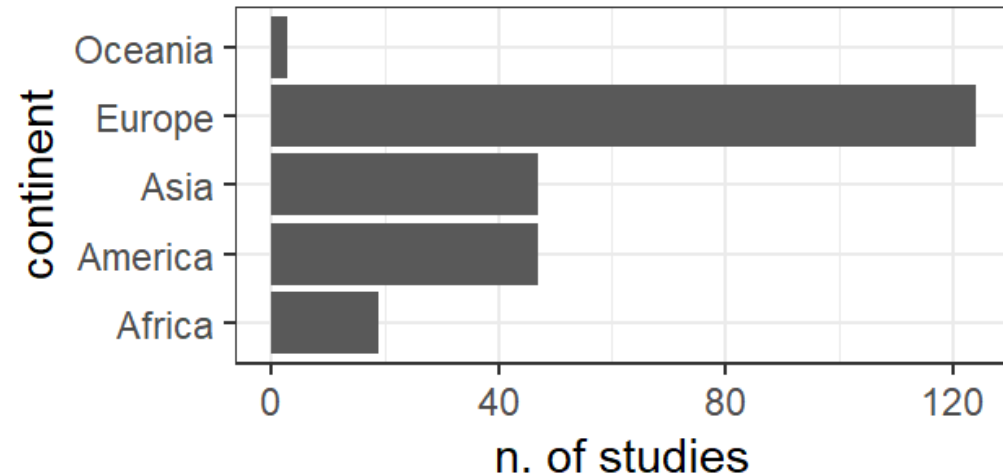
# Biomonitoraggio



- **97% degli studi su *Apis mellifera***



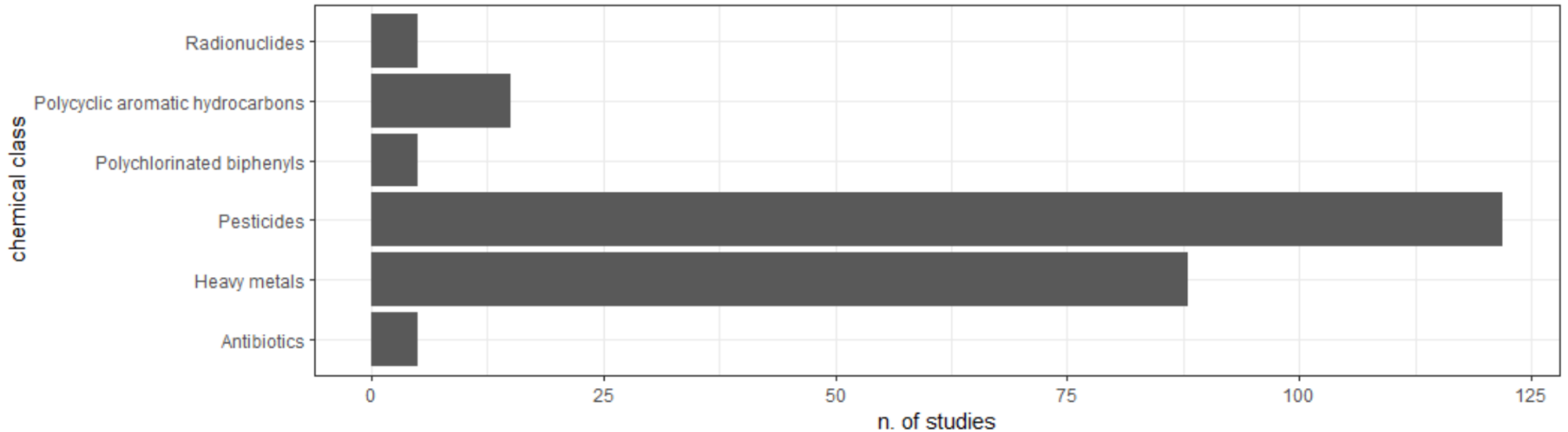
- **La maggioranza in Europa**



# Biomonitoraggio

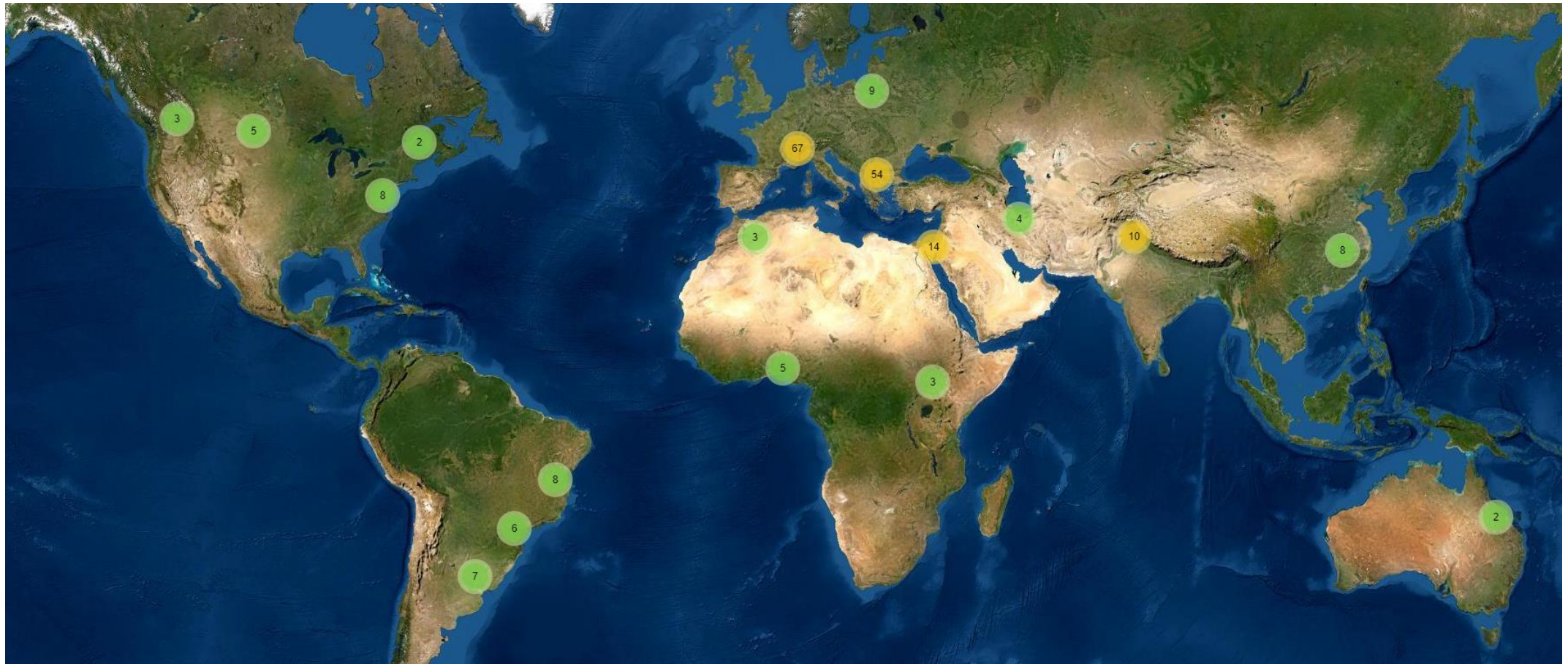
## Sostanze studiate

- 6 categorie
  - più di 750 sostanze totali
  - Più di 500 pesticidi
  - Più di 50 elementi chimici tra cui 11 metalli pesanti



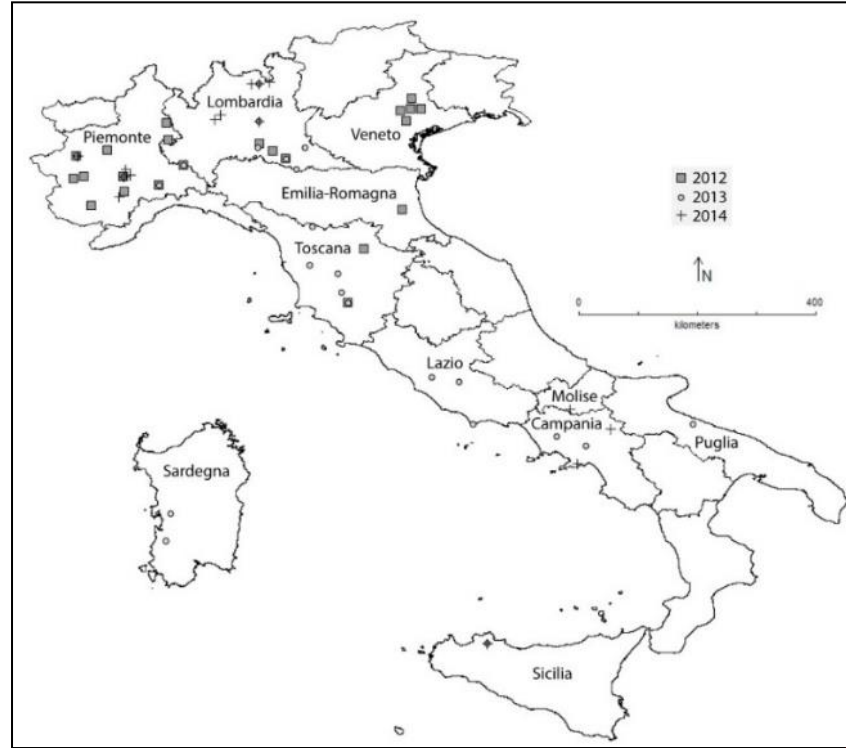
# Biomonitoraggio

63 stati nel mondo

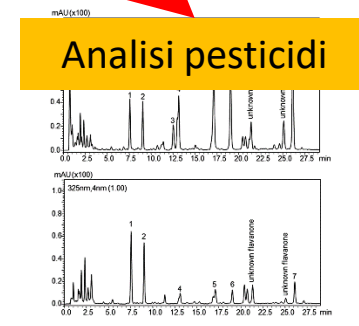




# Biomonitoraggio



✓ 3 anni (2012-2014)

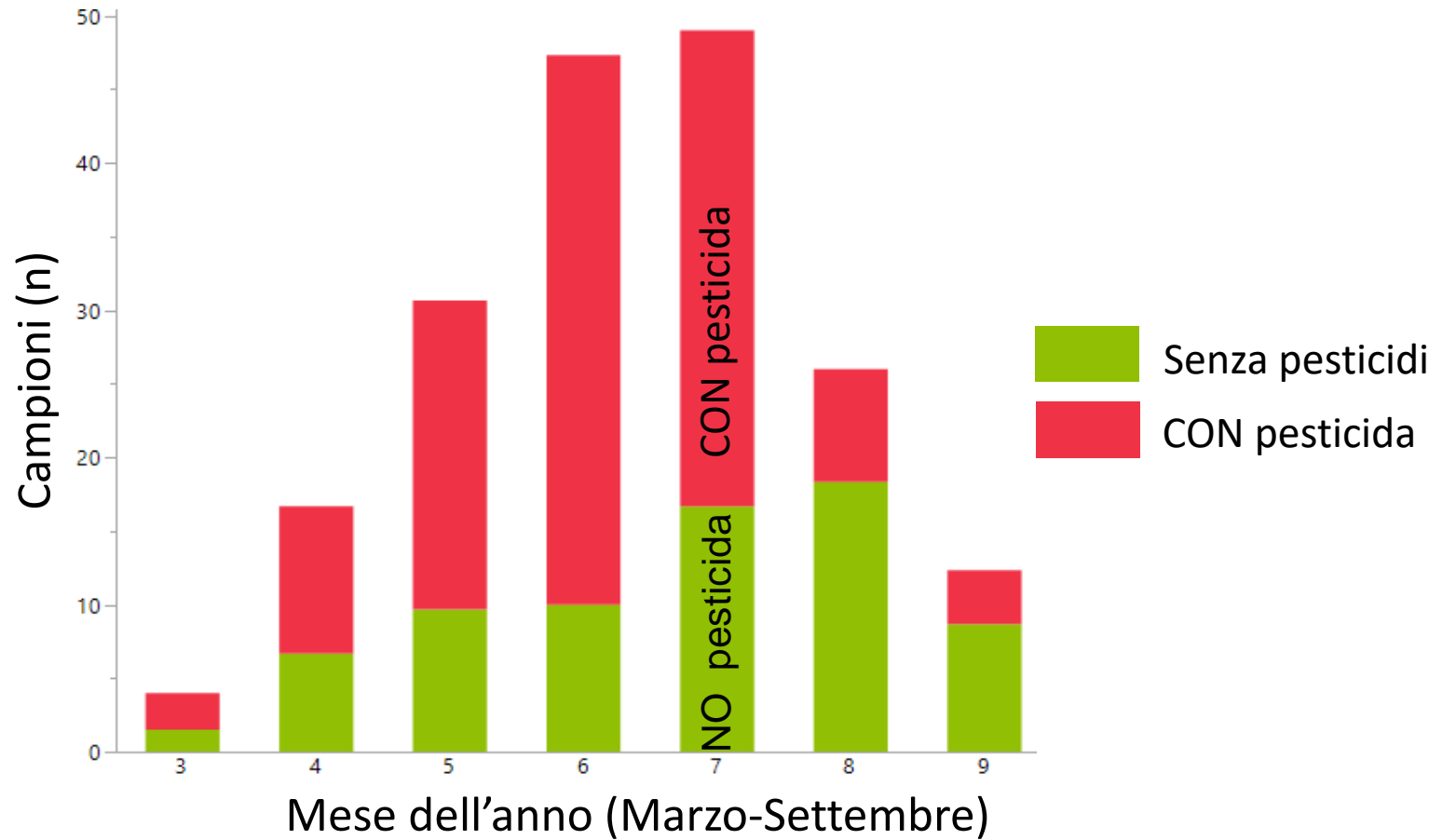


# Biomonitoraggio

2012-2014



Frequente contaminazione:  
✓ 62% campioni contaminati



# Biomonitoraggio: Italia

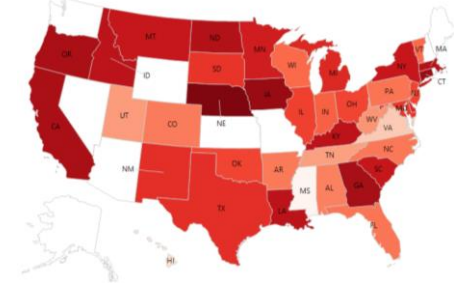
2012-2014



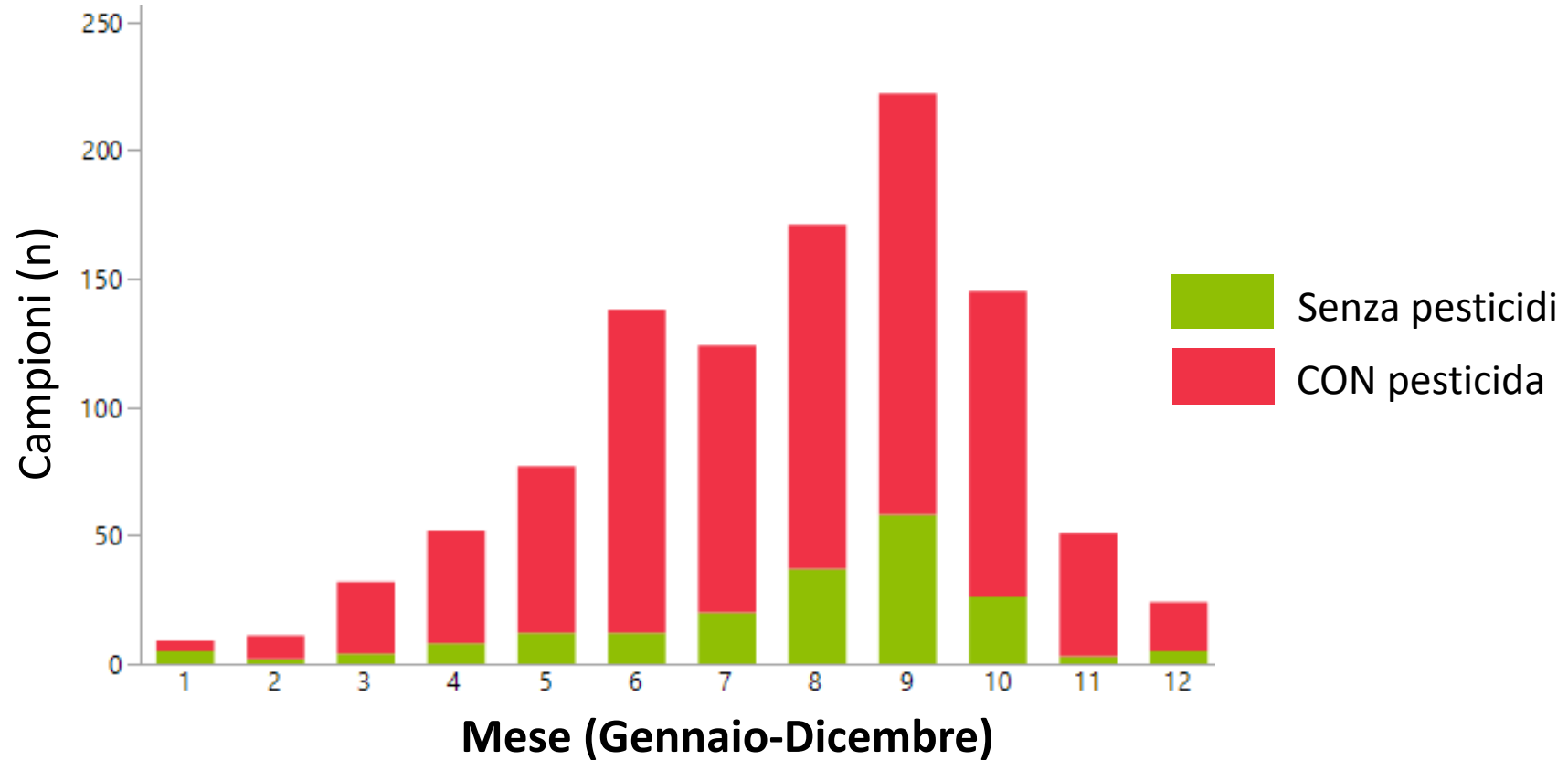
- **Principi attivi non autorizzati** (3 dei 18 trovati)
- **Concentrazioni oltre i limiti** (di prodotti autorizzati)
  - Il 13% degli apiari conteneva residui oltre i limiti di sicurezza

# Biomonitoraggio: USA

2011-2017



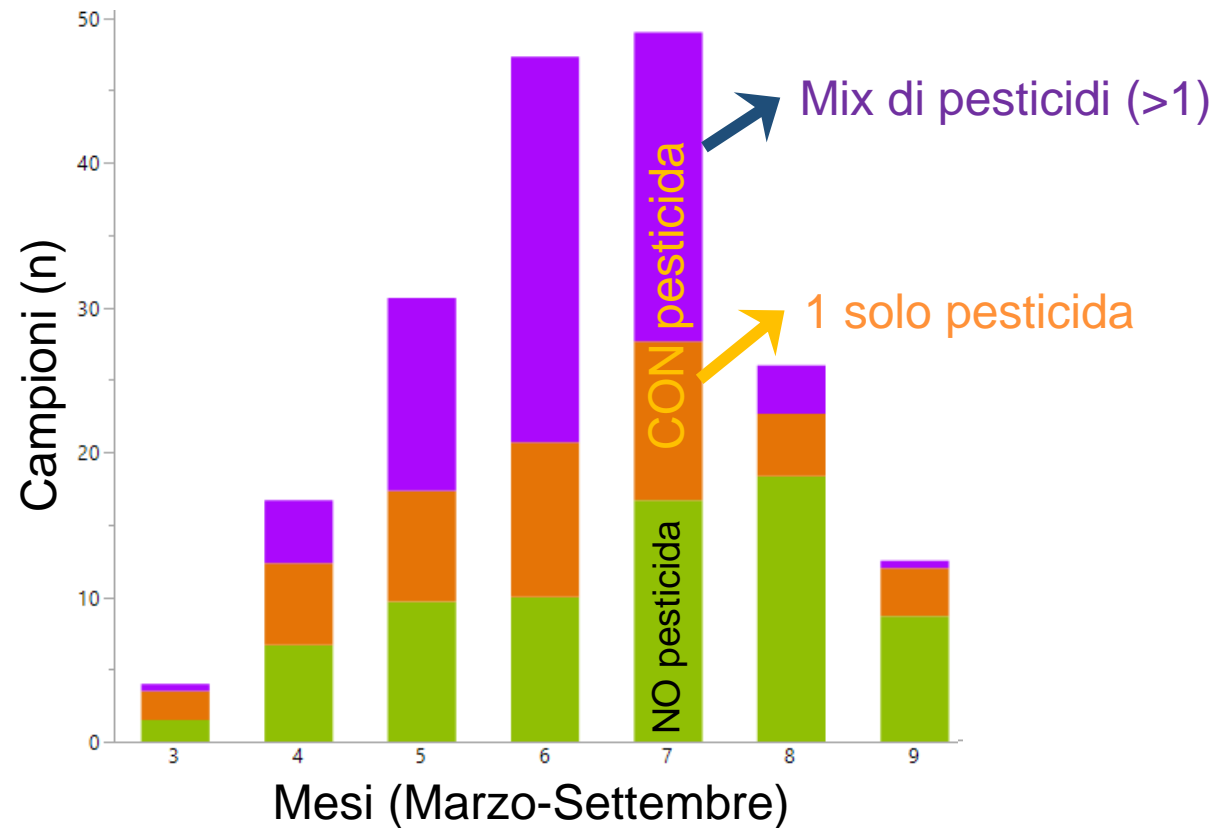
- 7 anni
- 42 Stati US
- >5000 ispezioni



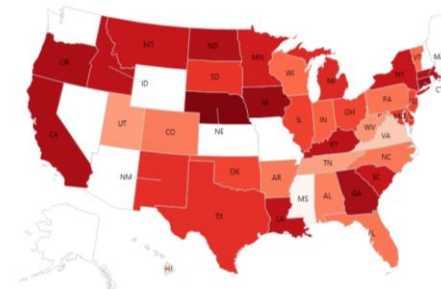
# Effetti combinati



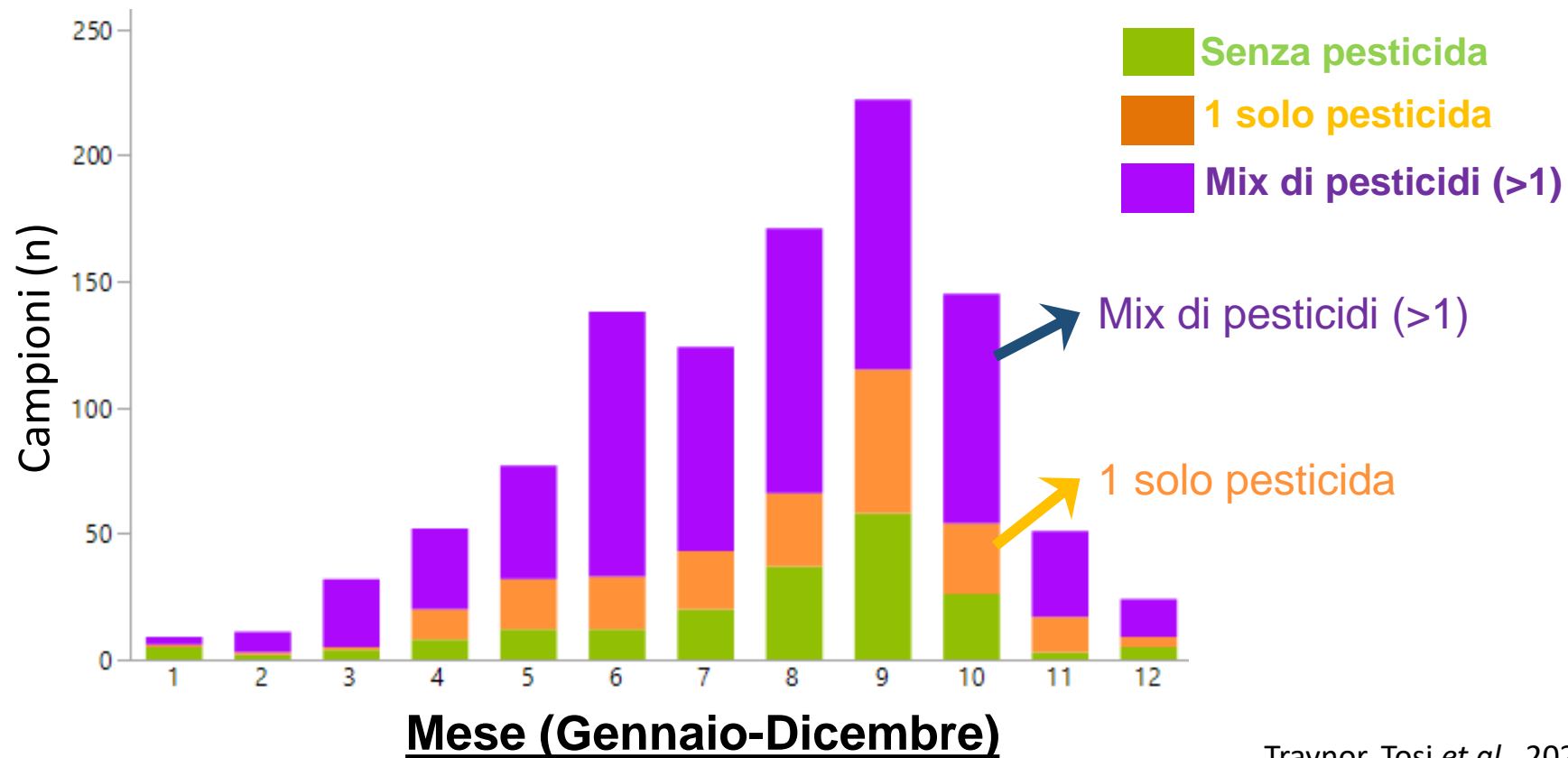
## Soprattutto mix (*cocktail*) di pesticidi



# Effetti combinati



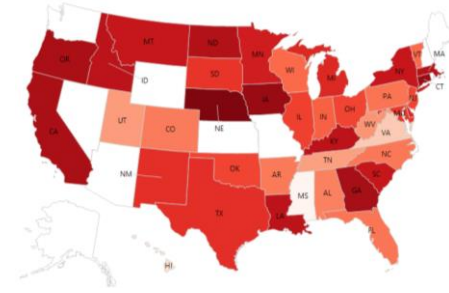
Soprattutto mix (*cocktail*) di pesticidi





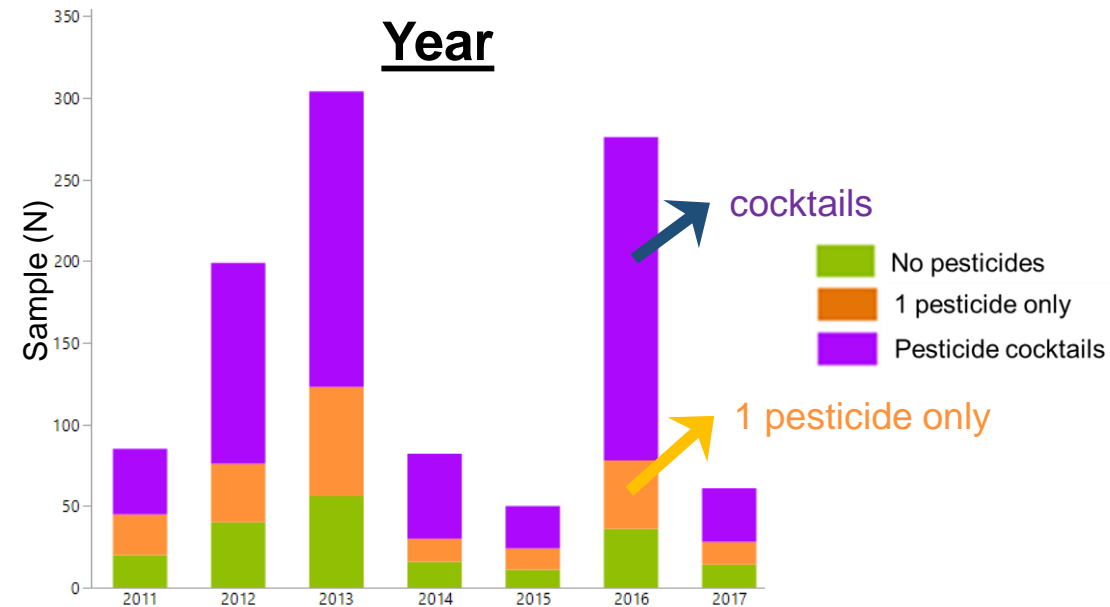


# Effetti combinati



## Soprattutto mix (*cocktail*) di pesticidi

- 7 anni
- 42 Stati US
- >5000 ispezioni in apiario



# Effetti sinergici

$$1 + 1 \neq 2$$



## Additività

Effetto combinato (A+B)

=

Somma degli effetti individuali

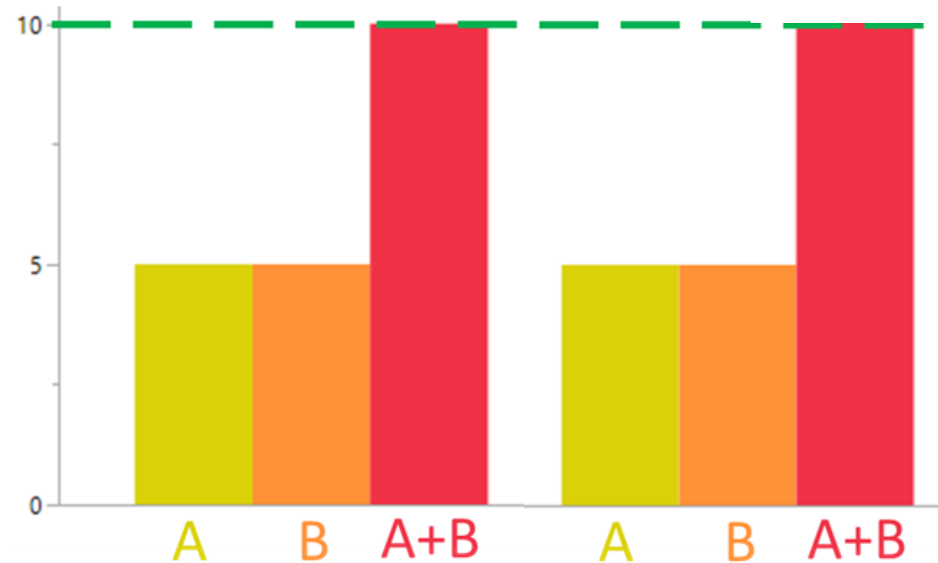
## Sinergia

Effetto combinato (A+B)

>

Somma degli effetti individuali

A = stress 1  
B = stress 2



# Effetti combinati

## Pochissime combinazioni studiate

E solo sinergie a livello di effetti letali

Contents lists available at ScienceDirect

Science of the Total Environment

ELSEVIER journal homepage: [www.elsevier.com/locate/scitotenv](http://www.elsevier.com/locate/scitotenv)

Review

Lethal, sublethal, and combined effects of pesticides on bees: A meta-analysis and new risk assessment tools

Simone Tosi <sup>a,b,\*</sup>, Cynthia Sfeir <sup>b</sup>, Edoardo Carnesecchi <sup>c</sup>, Dennis vanEngelsdorp <sup>d</sup>, Marie-Pierre Chauzat <sup>b,e</sup>

<sup>a</sup> Department of Agricultural, Forest, and Food Sciences, University of Turin, Italy  
<sup>b</sup> Paris-Est University, French Agency for Food, Environmental and Occupational Health & Safety (ANSES), Laboratory for Animal Health, Maisons-Alfort, France  
<sup>c</sup> Institute for Risk Assessment Sciences (IRAS), Utrecht University, PO Box 80177, 3508, TD, Utrecht, the Netherlands  
<sup>d</sup> Department of Entomology, University of Maryland, 4112 Plant Sciences Building, College Park, MD, 20742-4454, USA  
<sup>e</sup> ANSES, Sophia Antipolis laboratory, Unit of Honey bee Pathology, European Reference Laboratory for Honeybee health, F-06902 Sophia Antipolis, France

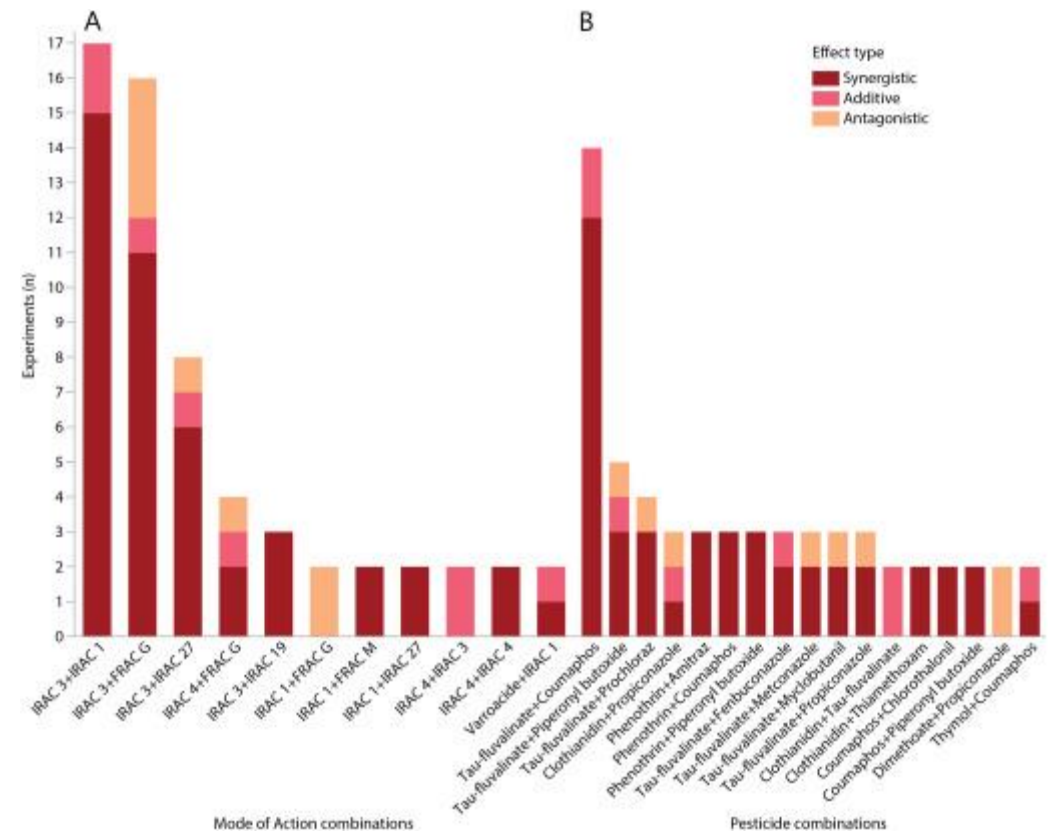
**HIGHLIGHTS**

- Pesticides cause adverse lethal, sublethal, and combined effects on bees.
- Risk assessments focus on lethal effects, not sublethal or combined ones.
- Vast data gap on sublethal (71 % of pesticides) and combined (~99 %) effects.
- Sublethal Toxicity Ratio (SubTR) proposed to quantify sublethal toxicity magnitude.
- Open access harmonised Lethal, Sublethal, Combined Toxicity Datasets presented.

**GRAPHICAL ABSTRACT**

Available knowledge	Lethal toxicity	Sublethal toxicity	Combined toxicity
Metric used:	LD <sub>50</sub>	LOAEL, SubTR*	MDR, EMR
Data available:	216 pesticides with LD50	154 pesticides with valid LOAEL, 46 pesticides with valid SubTR	161 pesticide combinations with MDR or EMR
Key data gap:	Vastly available for honey bees only	71% of pesticides with unknown sublethal toxicity	~99% of pesticide combinations with unknown toxicity

\*new metric proposed



# Quali effetti?

Effetti subletali



Api morte





# Effetti subletali

## Abnormal behaviors

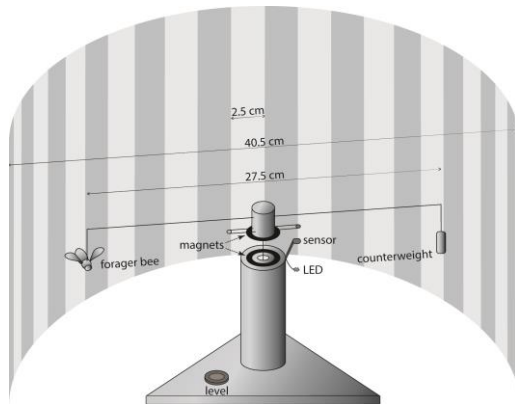
Name	Definition
<b>Motion coordination deficits</b>	Loss of coordination consisting of falling or stumbling while walking, walking in circles, or walking with erratic and irregular movements.
<b>Hyperactivity</b>	Excitation manifested as fast movements of legs and antennae, rapidly walking, sometimes including short jumps and flight attempts.
<b>Trembling, shaking</b>	Shivering, rapid twitching, or trembling of body, legs, or antennae. The bee is generally unable to move, and may flap its wings without flying for a prolonged time while also lying upside down on the floor.
<b>Apathy</b>	Hypoactivity consisting of remaining largely motionless or walking very slowly. Such bees also have severely reduced or delayed reactions to stimulation provided by light, movements of other bees, or air currents (e.g. generated by nearby bees).
<b>Curved-down abdomen</b>	The abdomen is unnaturally curved and is flexed ventrally.
<b>Moribund</b>	The bee appears close to death and exhibits partial paralysis with slight movements of legs and antennae. Will respond slightly to mechanical stimulation.

<https://youtu.be/5zC8AN3eltw>

# Effetti subletali

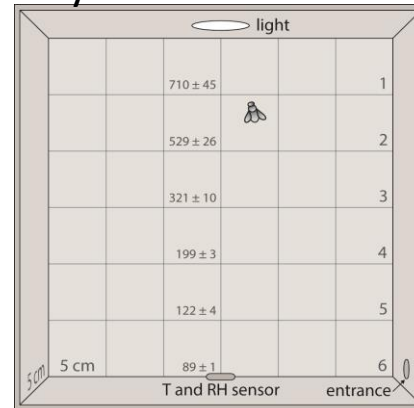
## Volo

University of California San Diego



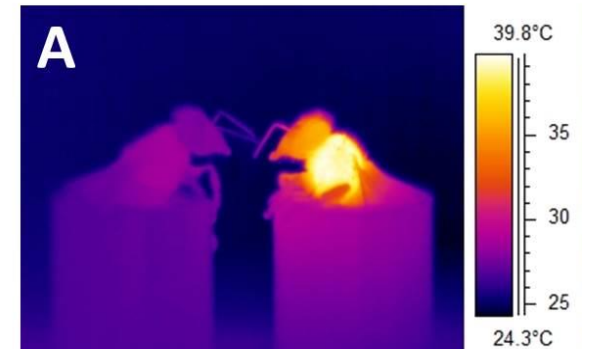
## Camminare, arrampicare

University of California San Diego



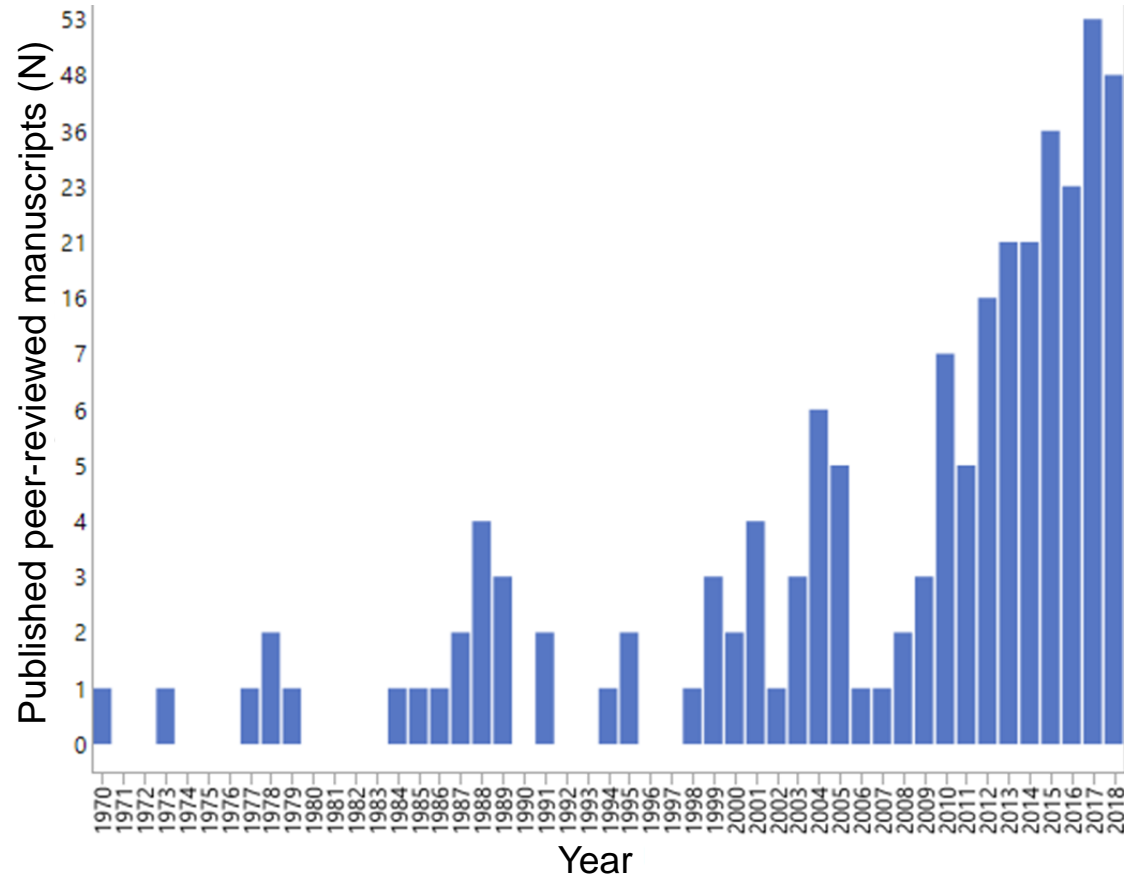
## Temperatura corporea

University of Pretoria (South Africa)

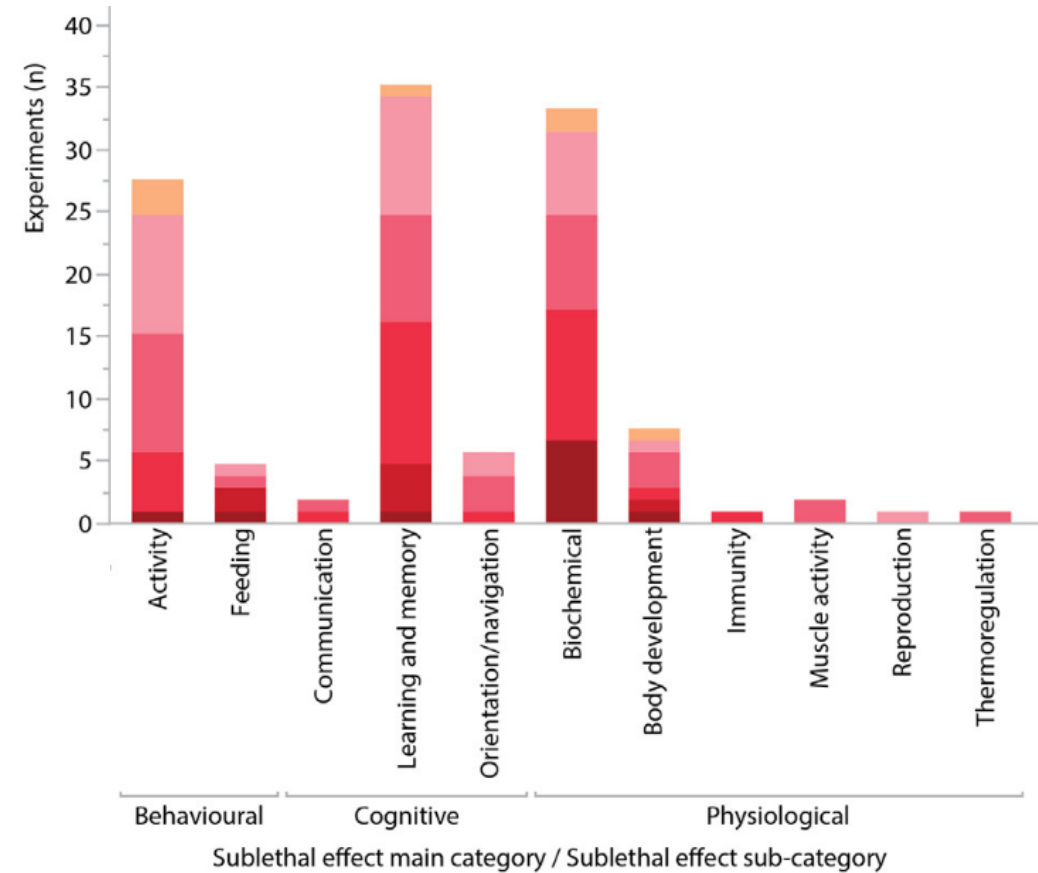




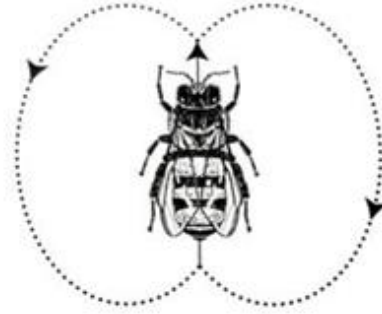
# Effetti subletali



## Molti effetti subletali diversi



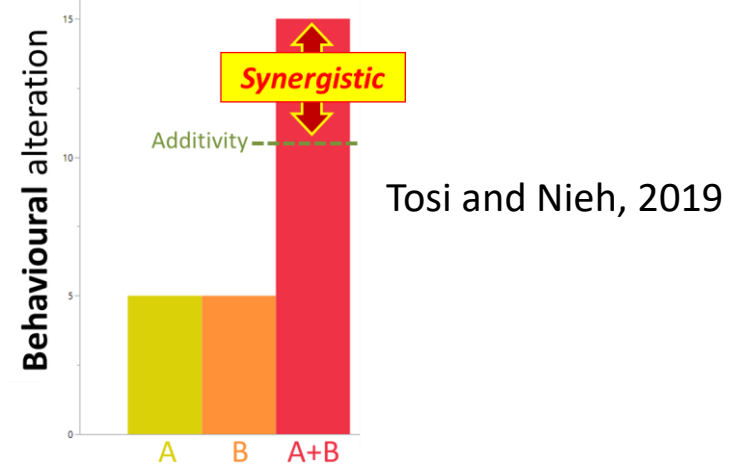
# Effetti subletali



- **Subdoli**
  - ✓ Alterano la salute delle api senza ucciderle
- Avvengono a **dosi basse**, rispetto agli effetti *letali*
  - Avvengono più frequentemente
  - Sono più realistici

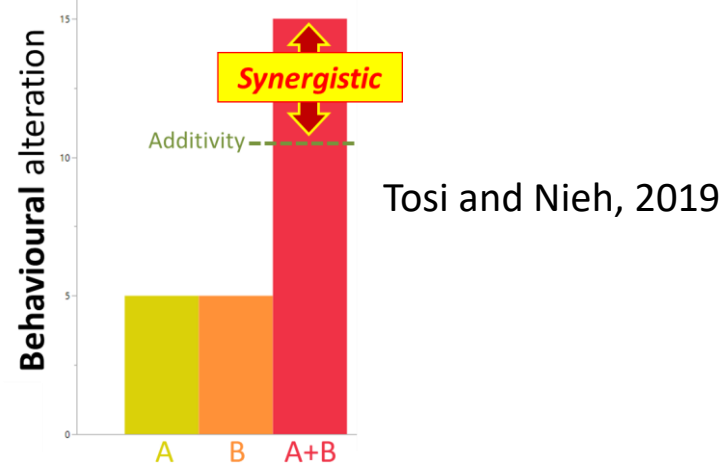
# Interazioni subletali tra vari stress

**Sinergia subletale**

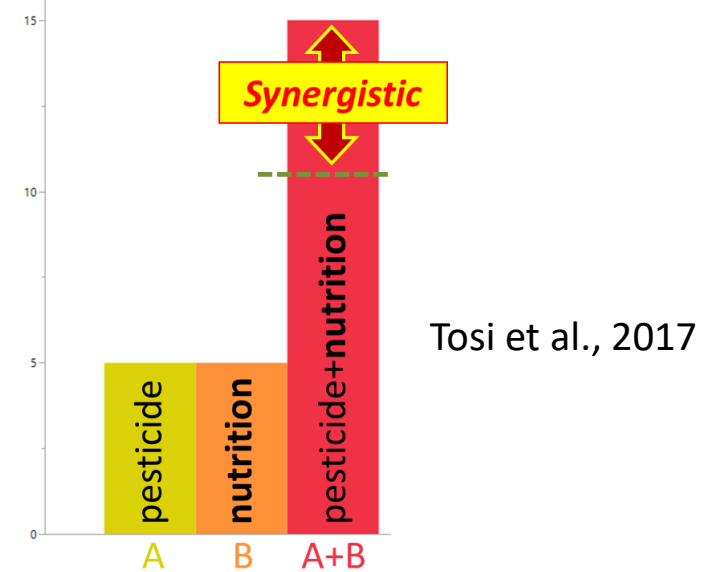


# Interazioni subletali tra vari stress

**Sinergia subletale**

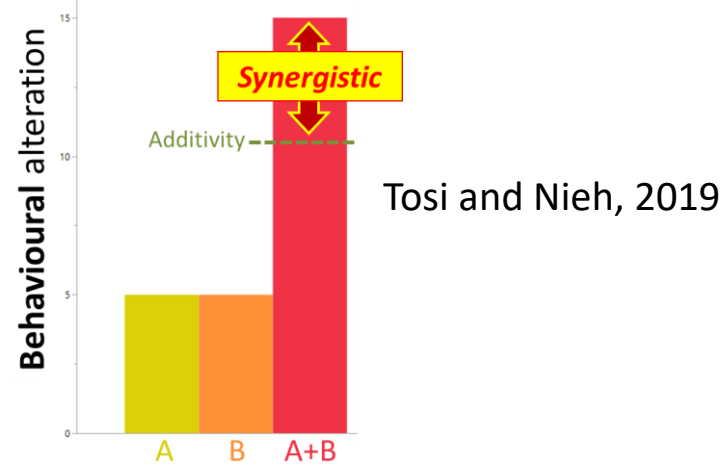


**Sinergia tra  
pesticidi & stress nutrizionale**

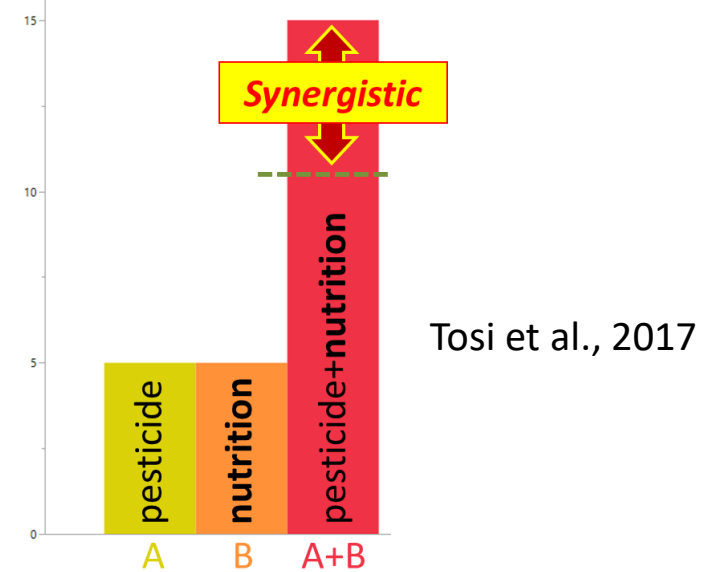


# Interazioni subletali tra vari stress

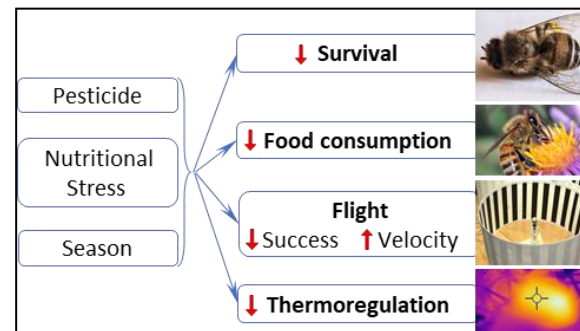
**Sinergia subletale**



**Sinergia tra pesticidi & stress nutrizionale**

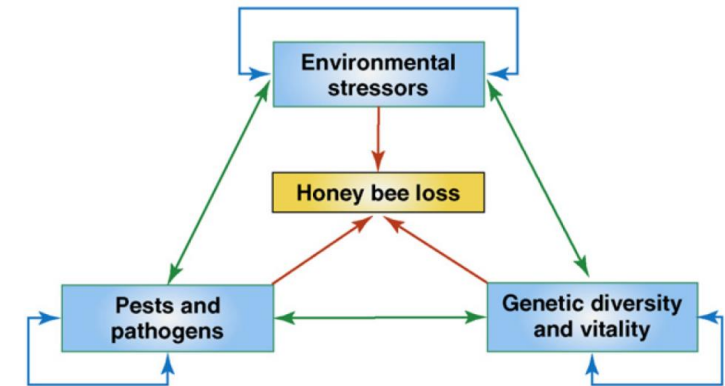
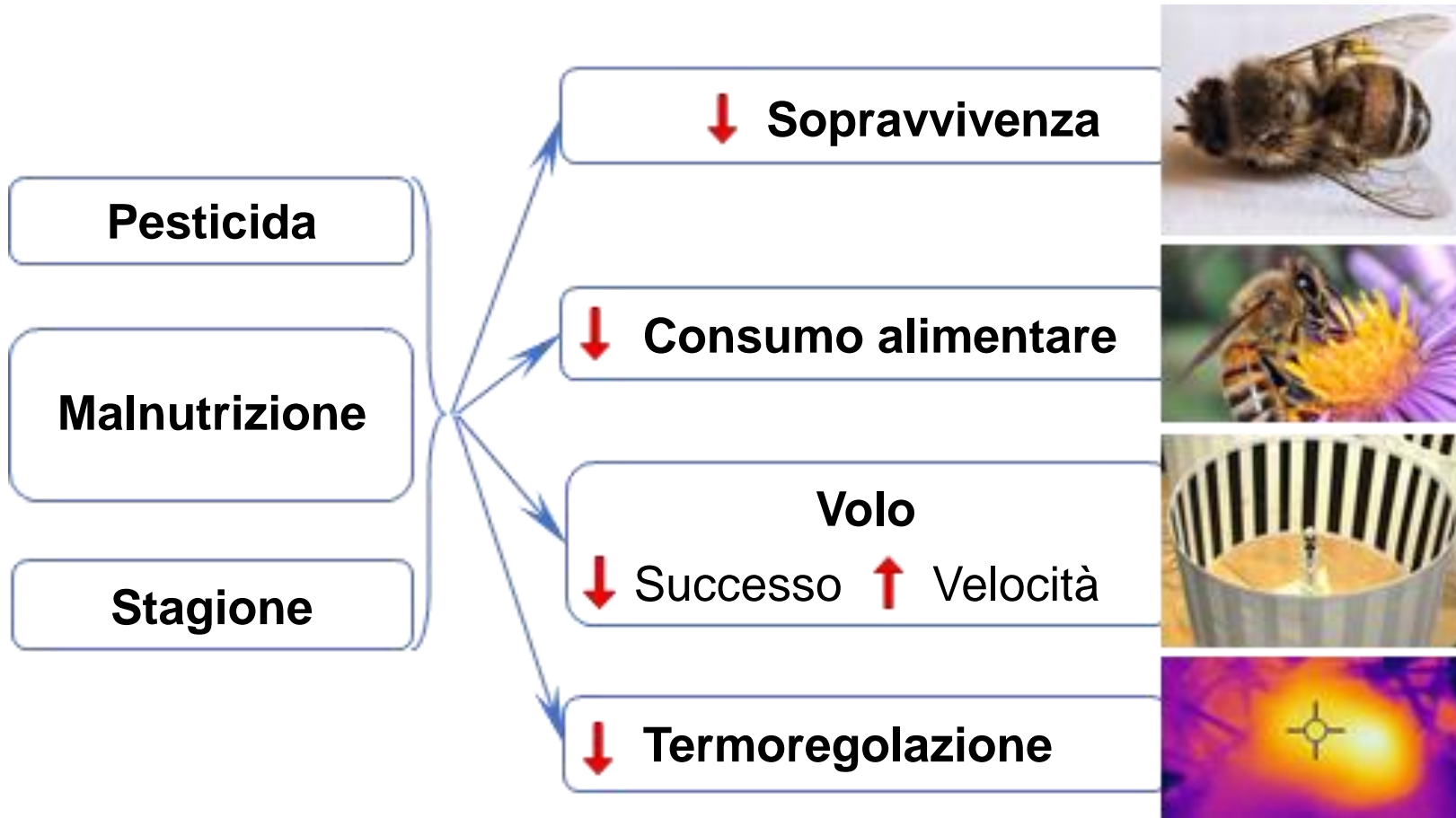


**Effetti combinati subletali di pesticidi & nutrizione & stagione**



Tong, Nieh, Tosi, 2019

# Effetti combinati subletali di pesticidi & nutrizione & stagione



# Effetti cronici

Nel lungo periodo



- “Long-lasting residual activity” di un singolo trattamento fitosanitario: i.e. fino a mesi nel **polline** e nel **miele** degli alveari



- Procedure di valutazione del rischio ufficiali suggeriscono solo test con esposizioni brevi (10 giorni).

# Effetti cronici

Nel lungo periodo



- Un **protocollo standard** per la valutazione del rischio dei pesticidi nel lungo periodo
- Misurare l'effetto a ~30 giorni su **sopravvivenza, comportamento, consumo alimentare**

8 Labs da 6 stati EU e USA





# Effetti cronici nel lungo periodo

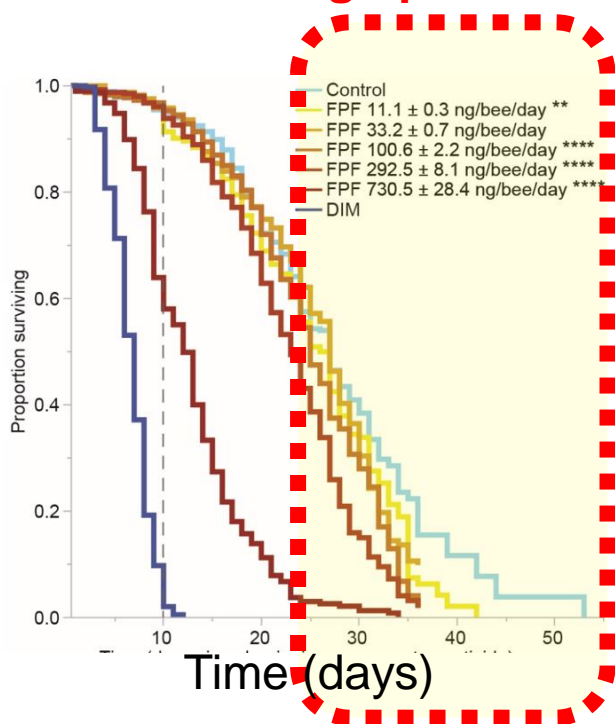


## Sopravvivenza

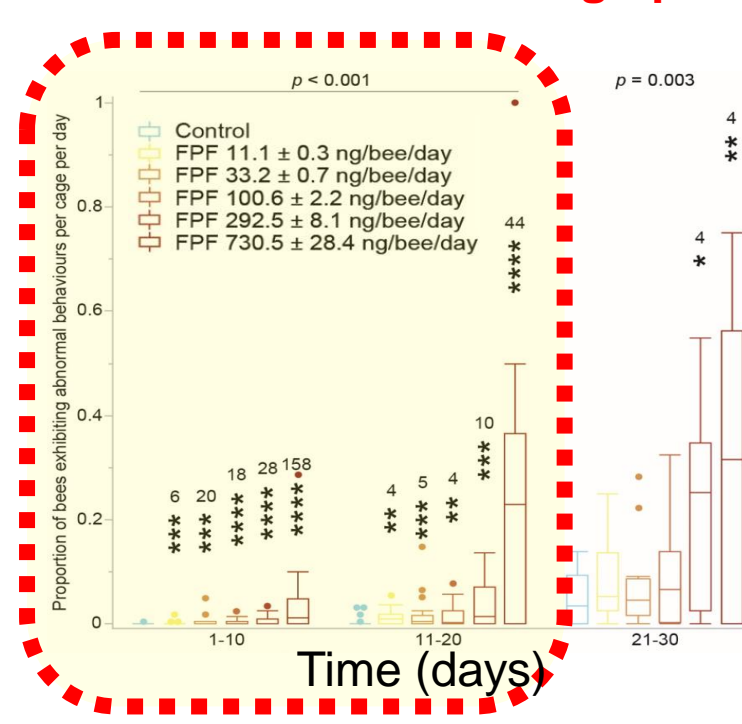
## Comportamenti anomali

## Consumo alimentare

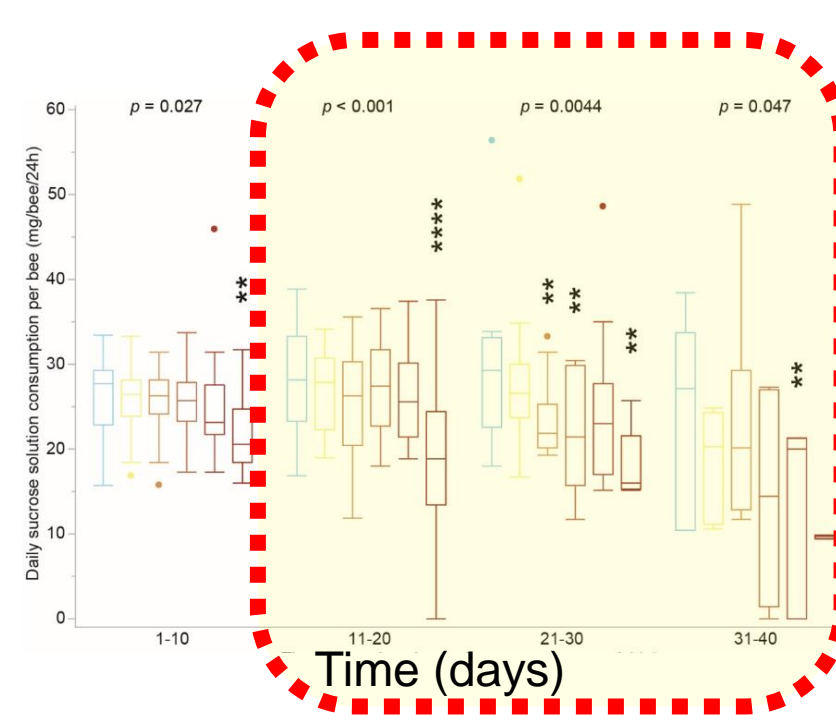
Ridotto nel **lungo periodo**



Aumentato nel **breve e lungo periodo**



Ridotto nel **lungo periodo**



# Valutazione del rischio

I processi di valutazione del rischio dei pesticidi si focalizzano su:



- Effetti **letali**
- Effetti nel **breve termine**
- Un **singolo** prodotto

Però, i pesticidi possono causare:

- Effetti **subletali**
- Effetti **nel lungo termine**
- Effetti amplificati (**sinergici**) quando combinati (stress chimici, nutrizionali, etc)

# “Errori di valutazione”

## I 10 prodotti piu usati nel 1968 e nel 2016

Top 10 products in 1968	Top 10 products in 2016
Atrazine	Glyphosate
Toxaphene - <i>banned</i>	Metolachlor
DDT - <i>banned*</i>	Pyraclostrobin
2,4-D	Mesotrione
Methyl parathion - <i>banned</i>	Thiamethoxam 
Aldrin - <i>banned</i>	Acetochlor
Trifluralin	Azoxystrobin
Propachlor	Atrazine
Dinoseb - <i>banned</i>	Abamectin
Chloramben - <i>banned</i>	Clothianidin 

Science Home News Journals Topics Careers

European Union expands ban of three neonicotinoid pesticides

By Erik Stokstad | Apr. 27, 2018, 2:45 PM

# Indice

1. Salute delle api

2. La valutazione del rischio

3. L'esposizione delle api ai pesticidi: il biomonitoraggio

4. Effetti subletali, combinati, e cronici sulle api

**5. Direzioni future**

# Direzioni future

Salute e comportamento di api sociali e solitarie

# Allineare realtà scientifiche e regolamenti

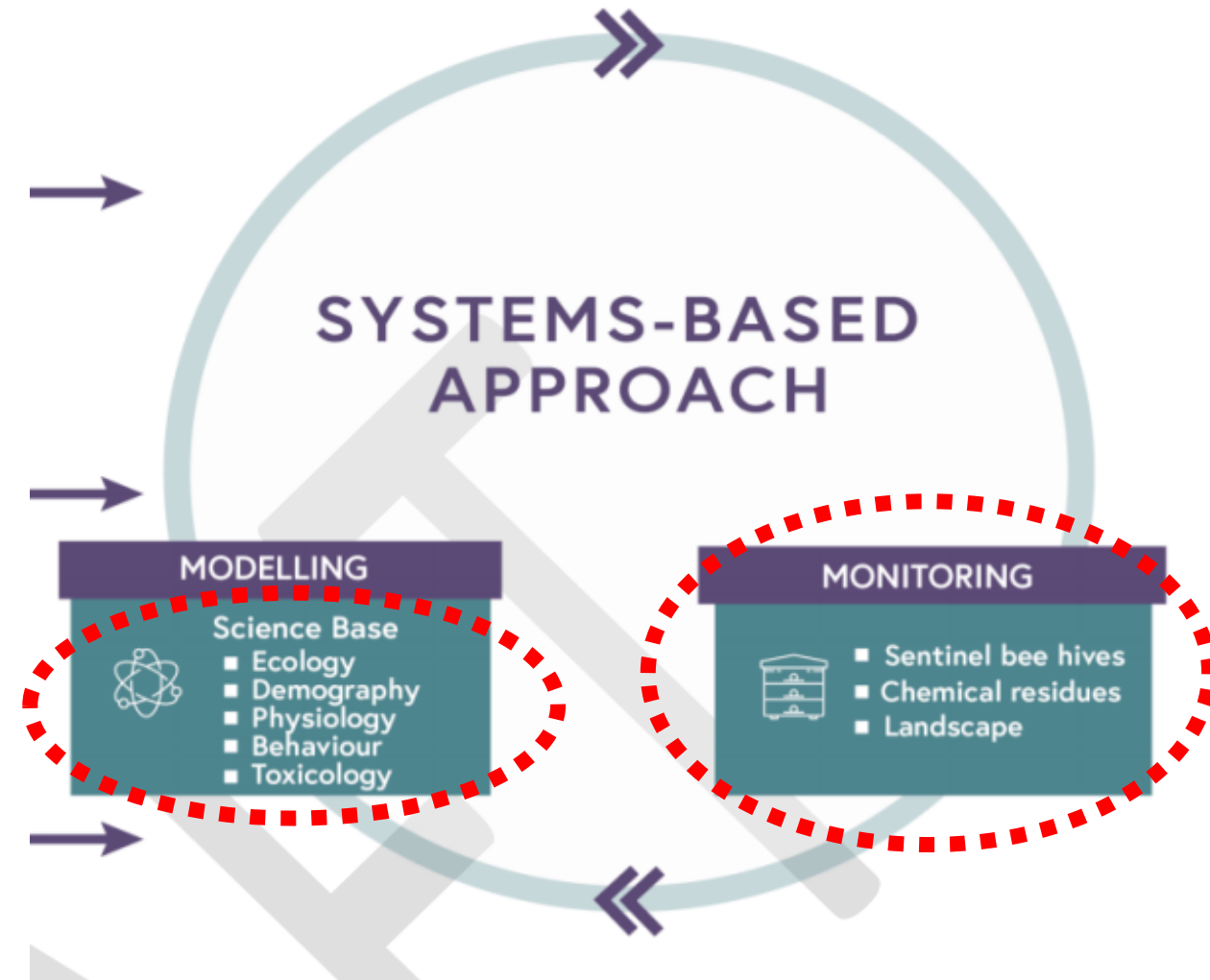
APPROVED: 14 April 2021

doi: 10.2903/j.efsa.2021.6607

## A systems-based approach to the environmental risk assessment of multiple stressors in honey bees

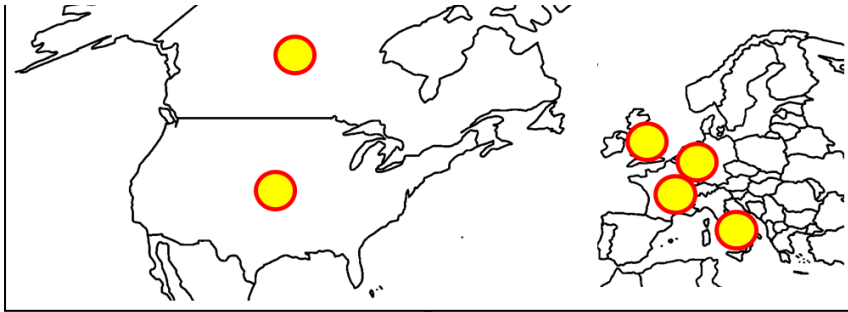
EFSA Scientific Committee,

Simon More, Vasileios Bampidis, Diane Benford, Claude Bragard, Thorhallur Halldorsson, Antonio Hernández-Jerez, Susanne Hougaard Bennekou, Kostas Koutsoumanis, Kyriaki Machera, Hanspeter Naegeli, Søren Saxmose Nielsen, Josef Schlatter, Dieter Schrenk, Vittorio Silano, Dominique Turck, Maged Younes, Gerard Arnold, Jean-Lou Dorne, Angelo Maggiore, Stephen Pagani, Csaba Szentés, Simon Terry, Simone Tosi, Domagoj Vrbos, Giorgia Zamariola and Agnes Rortais

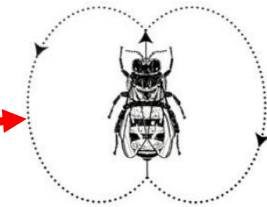
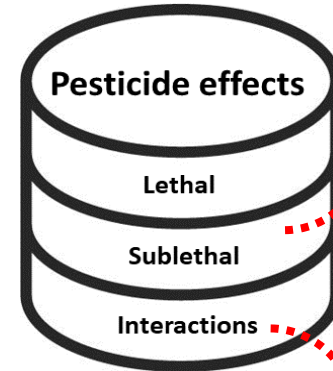


# Una valutazione del rischio più «s sofisticata»

Raccolta e analisi di dati di esposizione



Database e metodologie sugli effetti subletali e combinati dei pesticidi (Tosi et al., 2022)

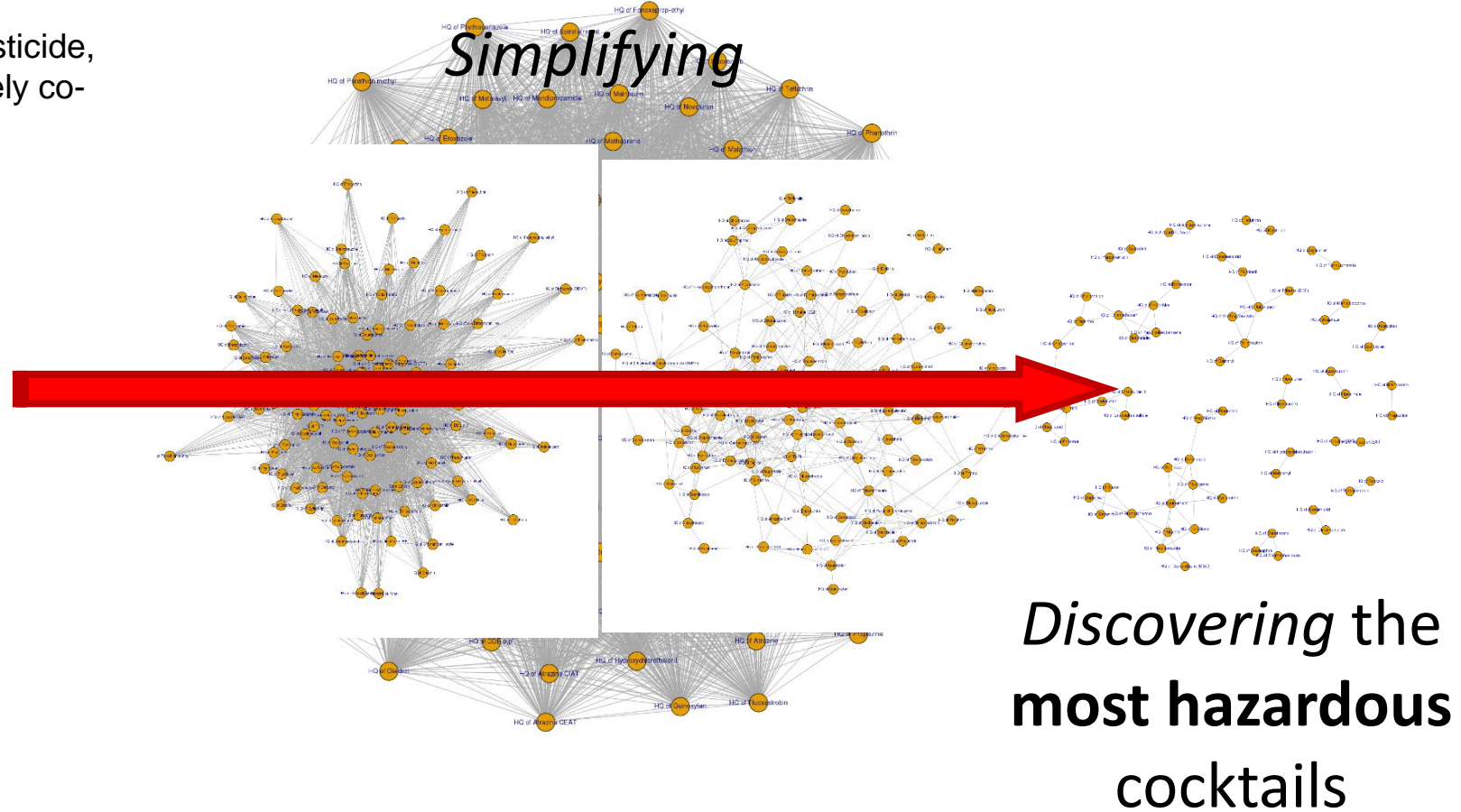


- Metodologie, struttura e gestione dati standardizzata



# Una valutazione del rischio più «sostanziosa»

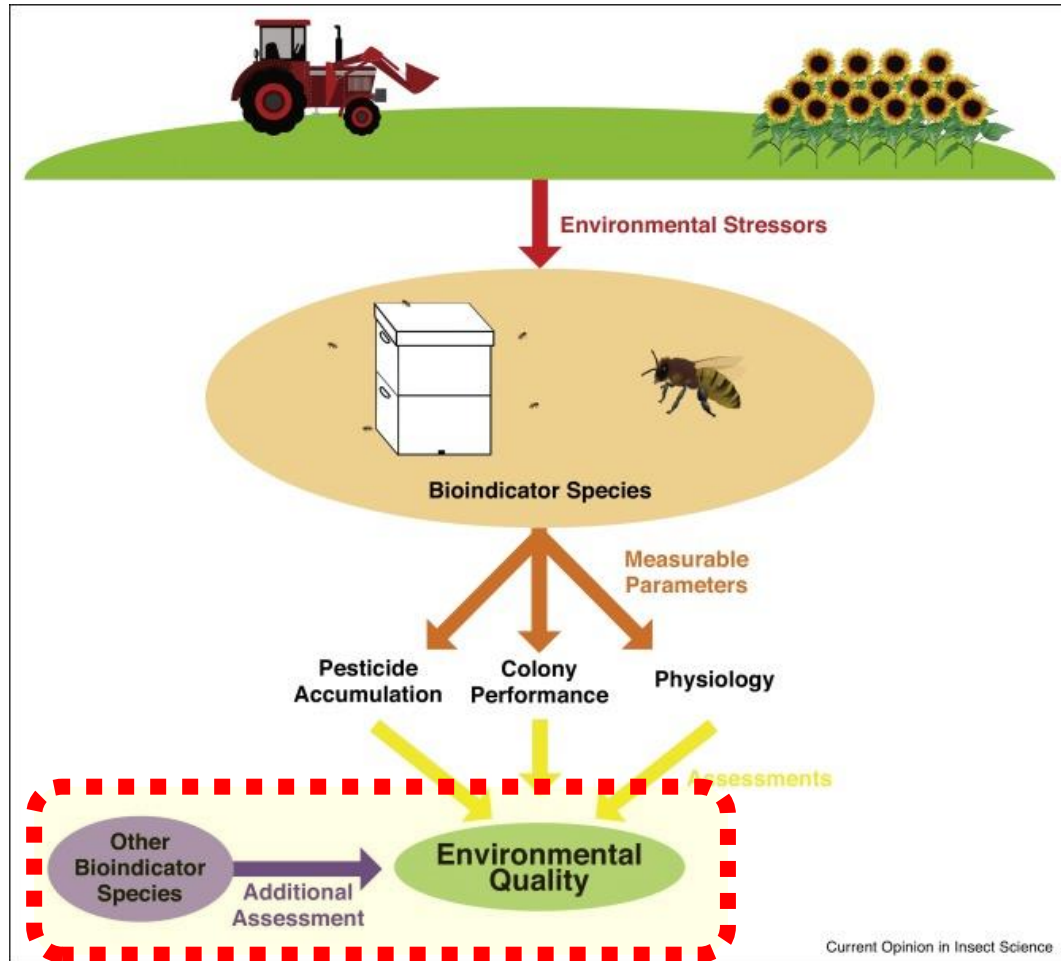
Each dot is a pesticide,  
lines connect likely co-  
exposures





# Una valutazione del rischio più «solisticata»

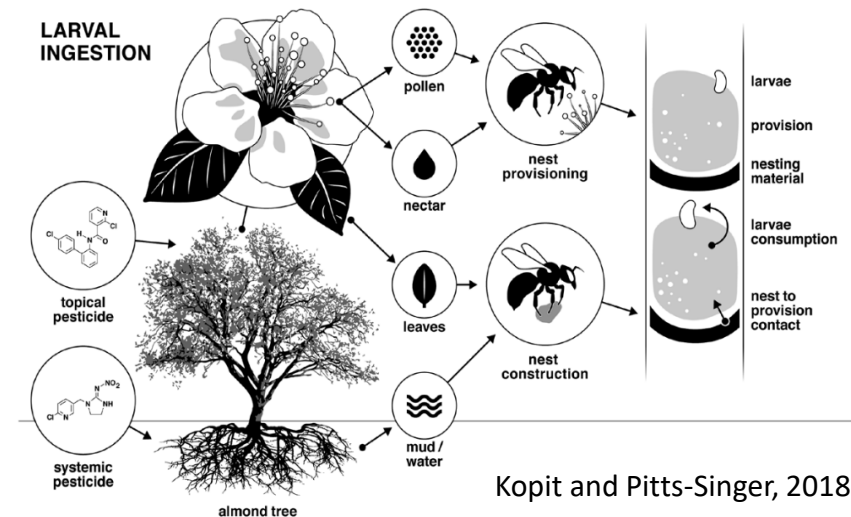
## Bombi e api solitarie



“Honey bee [is] a surrogate for both *Apis* and non-*Apis* bees”  
(EPA, 2014, Guidance for Assessing Pesticide Risks to Bees)



- La risposta ai pesticidi degli impollinatori **varia tra specie**
- Vie di **esposizione e stagionalità** diverse



# Grazie!



**UNIVERSITÀ  
DI TORINO**



**Simone Tosi**

Dipartimento di Scienze Agrarie, Forestali e Alimentari  
Università di Torino

[beelab.unito.it](http://beelab.unito.it)

[simone.tosi@unito.it](mailto:simone.tosi@unito.it)

 @simo\_tosi

