

E-crops- Tecnologie per
l'Agricoltura Digitale Sostenibile



OR1

Sensori innovativi e tecnologie IoT M1-M24

Attività 1.1 Tecnologie IoT per reti di sensori wireless (WSN) ultra narrow band- Sysman-US

Attività 1.2 Trappole automatiche basate su sistemi imaging- FOS-CNR-IPSP

Attività 1.3 Sensori spettrali-imaging multi-purpose FOS-CNR-IVALSA (CNR-IBE)

Attività 1.4 Sensori per composti VOC –CNR-INO; CNR-IVALSA; CNR-ISA

Attività 1.5 Sensori in vivo CNR-IMEM

Attività 1.6 Sensori per residui di fitofarmaci CNR-ISMN

6 istituti CNR
SYSMAN
FOS
US

Sensori innovativi e tecnologie IoT [M1-M24]

Attività 1.1 Tecnologie IoT per reti di sensori wireless (WSN) ultra narrow band- Sysman-US

Attività 1.2 Trappole automatiche basate su sistemi imaging- FOS-CNR IPSP

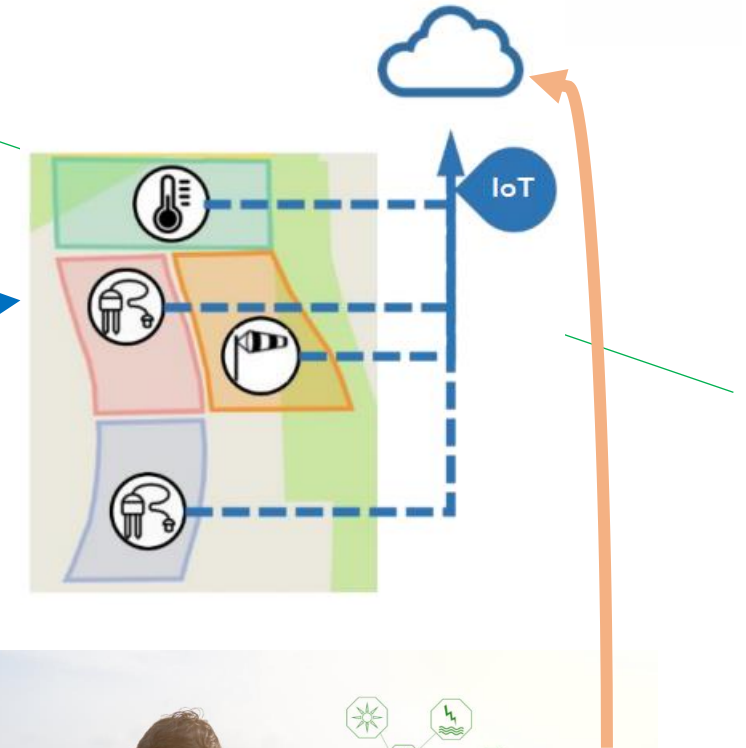
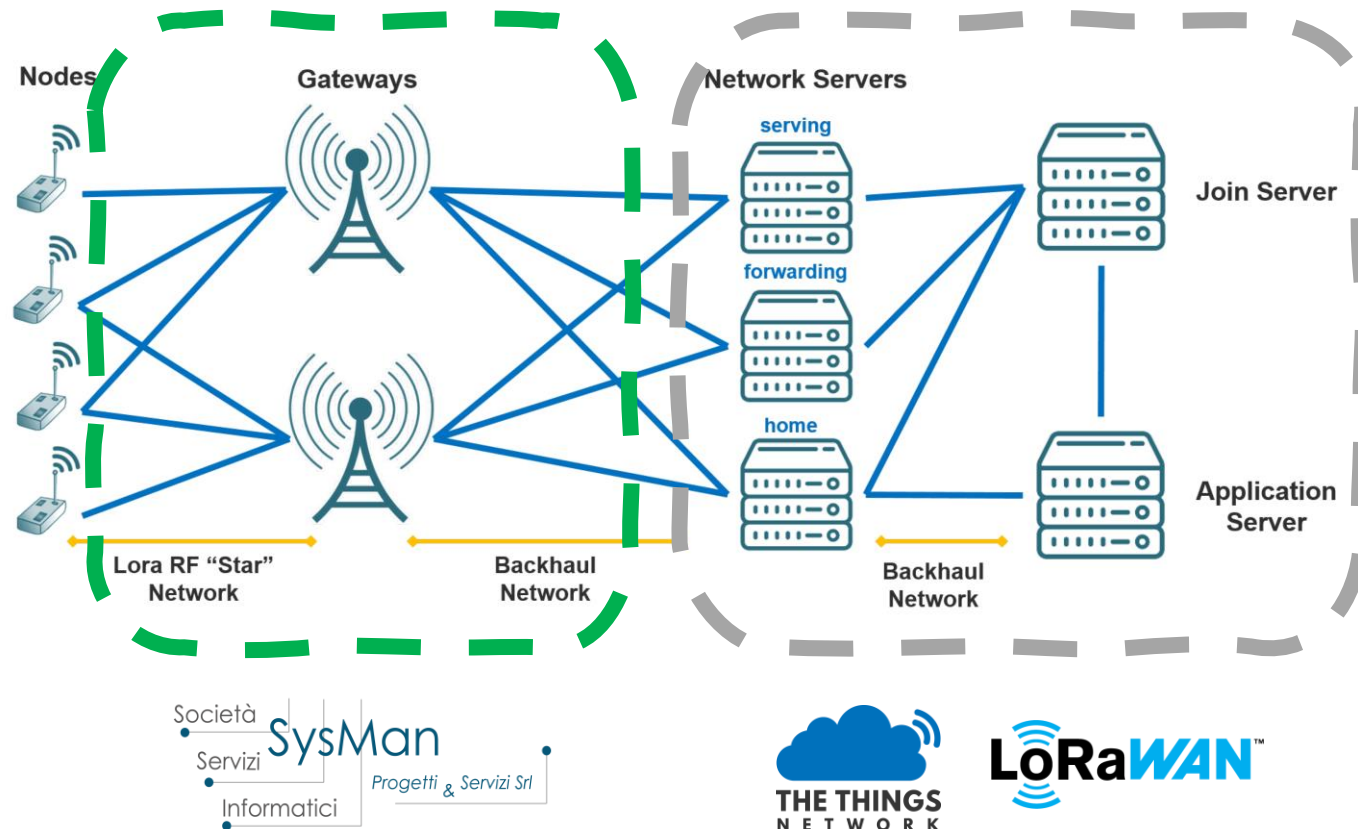
Attività 1.3 Sensori spettrali-imaging multi-purpose FOS-CNR-IVALSA

Attività 1.4 Sensori per composti VOC –CNR-INO; CNR-IVALSA; CNR-ISA

Attività 1.5 Sensori in vivo –CNR-IMEM

Attività 1.6 Sensori per residui di fitofarmaci CNR-ISMN

Tecnologie IoT per reti wireless (WSN) a lungo raggio



- **Rete IoT di progetto** basata su standard e tecnologie «aperte».
- **Interfaccia «mobile»** per l'immissione di contenuti da sorgenti non digitali (IoE).

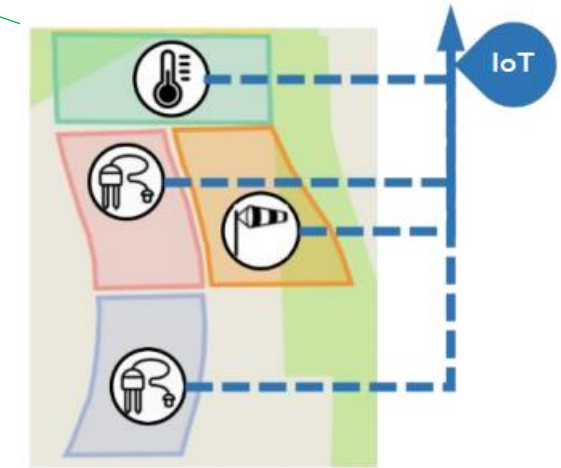
Tecnologie IoT per reti wireless (WSN) a lungo raggio



Primo anno soluzione ibrida con soluzioni già sviluppate da Sysman e test graduale del nuovo hardware



Primo anno Attività in campo OR5 e OR6



Sensori innovativi e tecnologie IoT M1-M24

Attività 1.1 Tecnologie IoT per reti di sensori wireless (WSN) ultra narrow band- Sysman-US

Attività 1.2 Trappole automatiche basate su sistemi imaging- FOS-CNR IPSP

Attività 1.3 Sensori spettrali-imaging multi-purpose FOS-CNR-IVALSA

Attività 1.4 Sensori per composti VOC –CNR-INO; CNR-IVALSA; CNR-ISA

Attività 1.5 Sensori in vivo –CNR-IMEM

Attività 1.6 Sensori per residui di fitofarmaci CNR-ISMN

OR 1- Attività 1.2

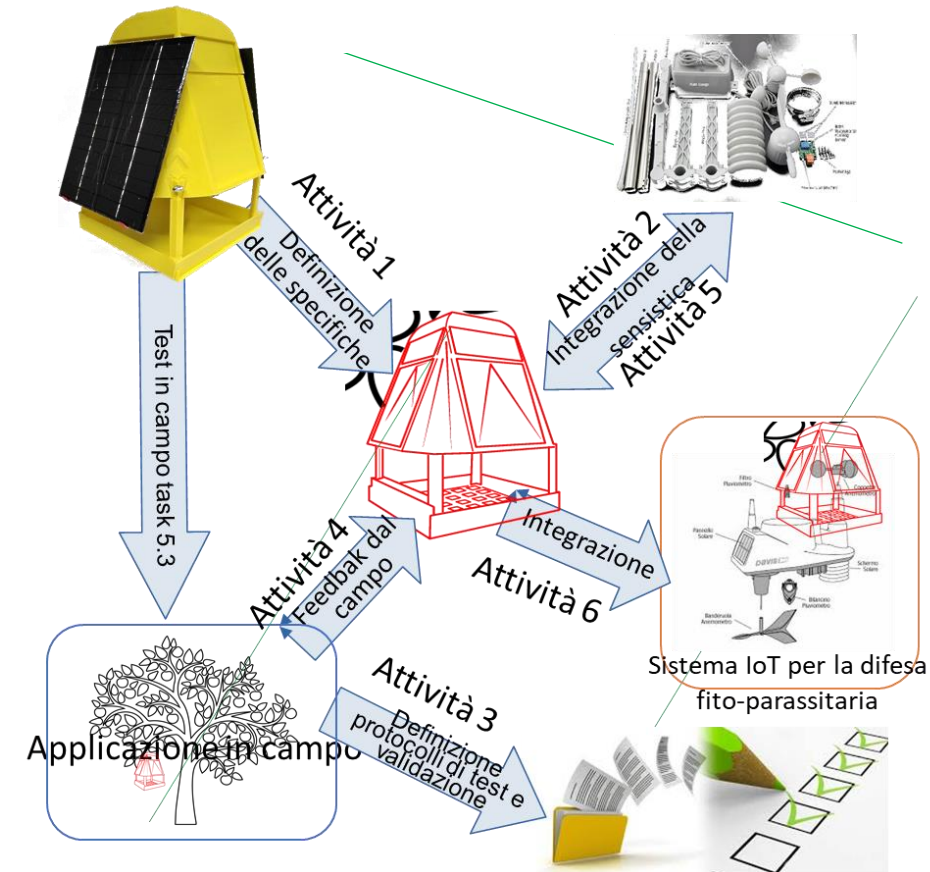


Nell'OR 1 FOS svilupperà una stazione automatizzata in grado di integrarsi come end-device in un sistema IoT che comprende la trappola, un sistema di visione automatico a cui sarà affiancato un sistema di rilevazione delle condizioni “micro-climatiche” intorno alla sua posizione, così da integrare i dati di visione con dati di temperatura, umidità, umidità e temperatura del terreno, permettendo così l’individuazione delle condizioni climatiche determinanti il volo e/o la comparsa di determinati fitofagi.

Con il supporto di IPSP sarà definita la caratterizzazione di tutta la sensistica di bordo e le modalità di acquisizione.

Il task sarà implementato attraverso 6 attività espletate in una logica Lean - Agile:

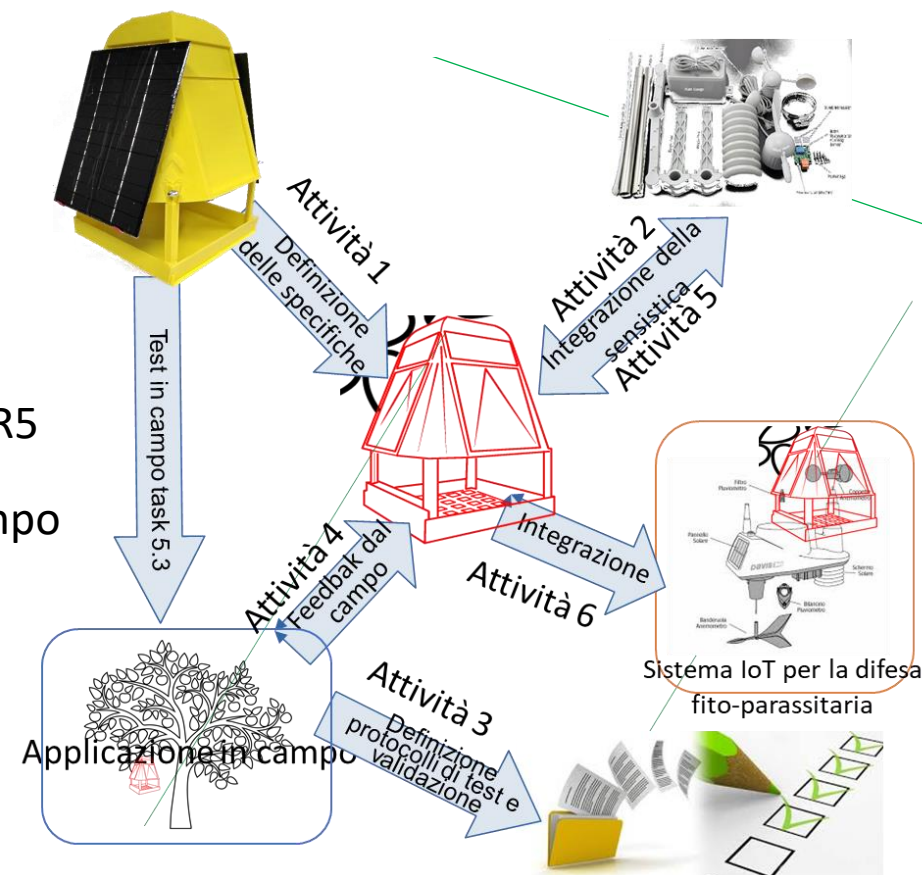
1. **Definizione delle specifiche di aggiornamento della trappole prototipo standard** per il rilevamento automatico già sviluppata da FOS, e **definizione delle specifiche per l’integrazione della sensistica di rilevazione del microclima.**
2. Studio **per l’Integrazione della sensistica nei prototipi** già esistenti.
3. Attraverso anche i feedback **giunti dall’attività 5.3** saranno definiti i protocolli di test e validazione funzionale da espletare.
4. Rimodulazione delle specifiche ed integrazione progettuale degli input sperimentali di campo derivanti dall’attività 5.3. Sviluppo di un nuovo prototipo da testare in campo in sostituzione di quello **già disponibile nella fase 1.**
5. Creazione dell'elettronica per la connessione dei **sensori microclimatici**, non appena pronti saranno installati nelle trappole in campo.
6. Integrazione **dei componenti e rilascio di un nuovo e innovativo sistema IoT** per la rilevazione di infestazioni da insetti fitofagi.



OR 1- Attività 1.2

Nell'OR 1 FOS svilupperà una stazione automatizzata in grado di integrarsi come end-device in un sistema IoT che comprende la trappola, un sistema di visione automatico a cui sarà affiancato un sistema di rilevazione delle condizioni “micro-climatiche” intorno alla sua posizione, così da integrare i dati di visione con dati di temperatura, umidità, umidità e temperatura del terreno, permettendo così l’individuazione delle condizioni climatiche determinanti il volo e/o la comparsa di determinati fitofagi.

- ➡ Primo Anno- Implementazione trappole per insetti target - definizione Sistema microclima
- ➡ Primo Anno- Test in campo del prototipo già esistente nell’ambito di OR5
- ➡ Secondo Anno- Sviluppo del nuovo prototipo e sperimentazione in campo



Sensori innovativi e tecnologie IoT M1-M24

Attività 1.1 Tecnologie IoT per reti di sensori wireless (WSN) ultra narrow band- Sysman-US

Attività 1.2 Trappole automatiche basate su sistemi imaging- FOS-CNR IPSP

Attività 1.3 Sensori spettrali-imaging multi-purpose FOS-CNR-IVALSA (IBE)

Attività 1.4 Sensori per composti VOC –CNR-INO; CNR-IVALSA; CNR-ISA

Attività 1.5 Sensori in vivo –CNR-IMEM

Attività 1.6 Sensori per residui di fitofarmaci CNR-ISMN

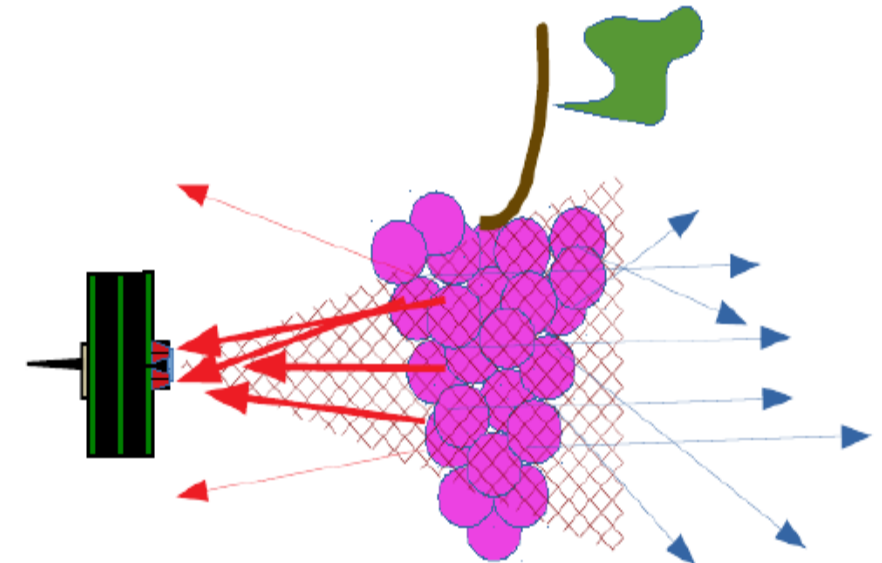
OR 1- Attività 1.3



In questo task FOS sarà impegnata nello sviluppo di una tecnologia integrata basata sulla combinazione di tecnologie di imaging nel visibile e spettrale non-imaging nel vicino infrarosso. Obiettivo della ricerca è creare una device per la 'early detection' dell'insorgenza di attacchi patogeni e la misurazione del grado di maturazione di prodotti orto-frutticoli.

Verranno effettuate campagne di caratterizzazione spettrale in campo tramite spettrometri e laboratori ottici per identificare le bande spettrali più rispondenti all'applicazione, funzionali alle successive implementazioni pilota in OR4 e OR5.

- Le attività di FOS saranno focalizzate sui seguenti punti:
- Analisi dei sistemi off-the-shelf presenti sul mercato
- Definizione delle specifiche tecnologiche a partire dalle definizioni delle caratteristiche funzionali individuate dai partner scientifici
- Studi e progettazione del nuovo dispositivo di rilevamento nel vicino IR
- Studio e progettazione del dispositivo di integrazione con sistemi di imaging nel visibile del dispositivo IR
- Definizione dei protocolli di test in laboratorio e/o campo e delle procedure di validazione funzionale
- Sviluppo del prototipo da laboratorio
- Sviluppo di un prototipo installabile in campo



Automated Vision and NIR System for recovering fruit quality or diseases

Sensori innovativi e tecnologie IoT M1-M24

Attività 1.1 Tecnologie IoT per reti di sensori wireless (WSN) ultra narrow band- Sysman-US

Attività 1.2 Trappole automatiche basate su sistemi imaging- FOS-CNR IPSP

Attività 1.3 Sensori spettrali-imaging multi-purpose FOS-CNR-IVALSA (IBE)

Attività 1.4 Sensori per composti VOC –CNR-INO; CNR-IVALSA; CNR-ISA

Attività 1.5 Sensori in vivo –CNR-IMEM

Attività 1.6 Sensori per residui di fitofarmaci CNR-ISMN

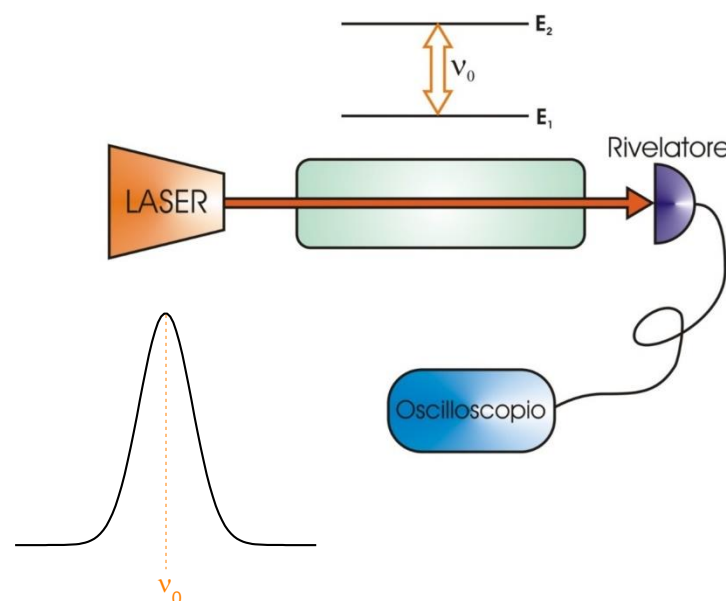
OR 1- Activity 1.4: Laser-based spectroscopic sensors for VOCs

1.4.1 spettroscopia laser (CNR-INO Napoli)

Goal

Detection of VOCs (methyl salicylate) in trace amounts in the atmosphere close to the crop

Principle of laser absorption spectroscopy for gas concentration measurements



$$I(\nu) = I_0 e^{-n \cdot \sigma(\nu - \nu_0) \cdot L} \simeq I_0 [1 - n \cdot \sigma(\nu - \nu_0) \cdot L]$$

$$S_{det}(\nu) = \frac{I_0 - I(\nu)}{I_0} \simeq n \cdot \sigma(\nu - \nu_0) \cdot L = n \cdot \sigma_0 \cdot g(\nu - \nu_0) \cdot L$$

$$IA = \int_{-\infty}^{+\infty} S_{det}(\nu) d\nu = n \cdot \sigma_0 \cdot L \int_{-\infty}^{+\infty} g(\nu - \nu_0) d\nu = (n \cdot \sigma_0) L$$

$$IA = (n \cdot \sigma_0) L \equiv \frac{p S(T)}{k_B T} L = \frac{\alpha P S(T)}{k_B T} L$$

$$\alpha = \frac{1}{P} \frac{k_B T}{S(T)} \frac{IA}{L}$$

❖ The minimum detectable concentration substantially decreases as

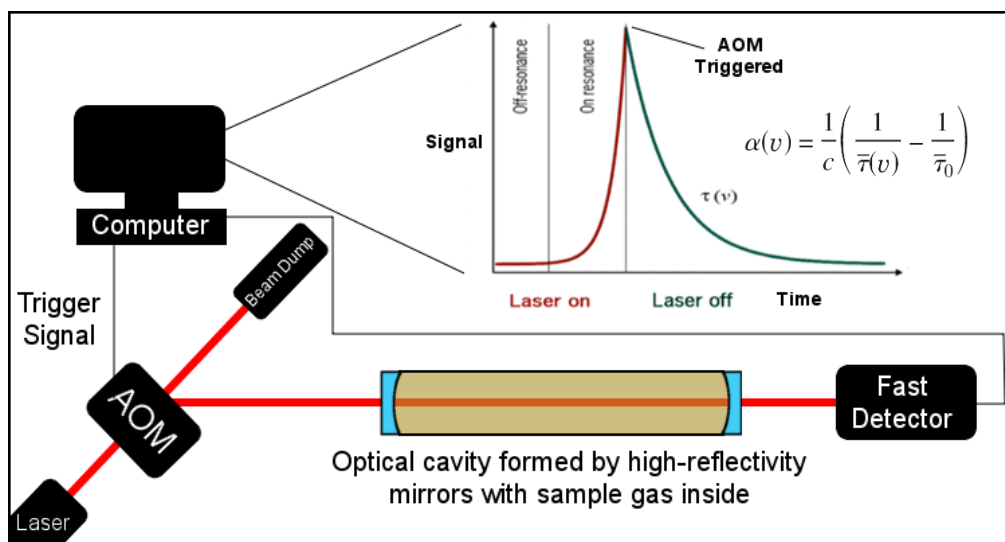
- the intensity $S(T)$ of the involved molecular transition increases → **selection of suitable ro-vibrational line**
- the gas-laser interaction effective length L increases → **use of cavity ring-down (CRD) spectroscopy**

OR 1- Activity 1.4: Spectroscopic sensors for VOCs



Progress of the activity

Implementation of the CRD spectrometer



- ✓ Cavity mechanical setup and detection module already accomplished
- Identification of the most suitable ro-vibrational transition on the basis of molecular databases (and assessment of interfering lines) → selection of operation wavelength in the mid-IR

- Quantum cascade laser (QCL) and cavity high-reflectivity mirrors to be correspondingly acquired

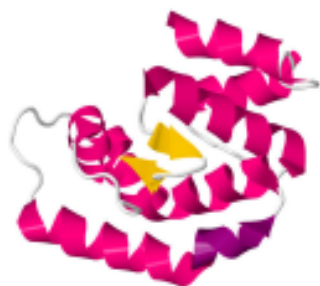
- ➡ Primo Anno- sviluppo dei sensori
- ➡ Secondo Anno- Prove in campo



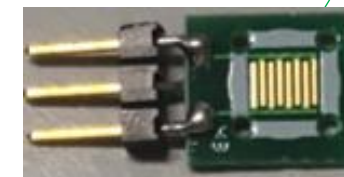
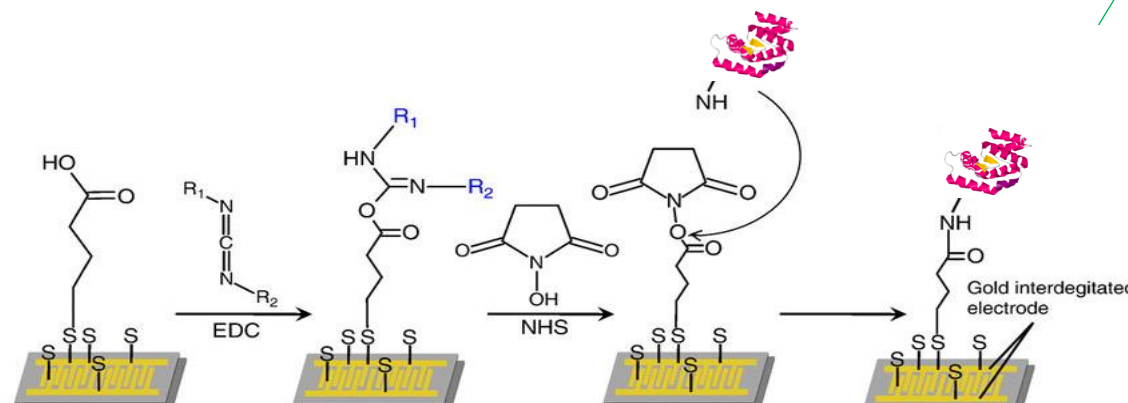
1.4.2 approccio biotecnologico (CNR-ISA Avellino)

In questa task l'unità ISA-CNR sarà impegnata nello sviluppo di un sensore, basato sulla utilizzo di specifiche biomolecole in grado di legare sostanze volatili, da utilizzare nella valutazione della risposta della pianta in condizione di stress di natura abiotica e biotica. Le attività che prevediamo svolgere sono:

- Identificazione, produzione e caratterizzazione di biomolecole in grado di legare i VOCs target
- Caratterizzazione della capacità di legame delle biomolecole per i VOCs target
- Derivatizzazione e funzionalizzazione della superficie e sviluppo del biosensore



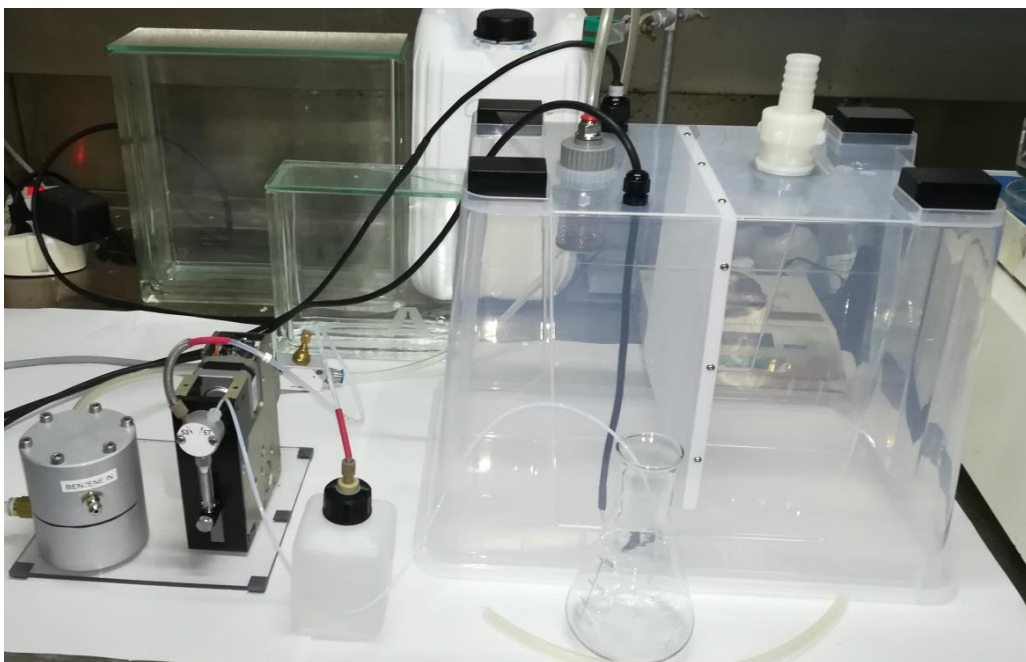
Odorant Binding Protein



Chip Surface

1.4.2 approccio biotecnologico (CNR-ISA Avellino)

Camera per l'analisi dei VOCs



I test preliminari verranno eseguiti in una camera in condizioni controllate (flusso di gas, umidità relativa e temperatura) disponibile all'ISA e successivamente il sensore sviluppato sarà testato sul campo.

Sensori innovativi e tecnologie IoT M1-M24

Attività 1.1 Tecnologie IoT per reti di sensori wireless (WSN) ultra narrow band- Sysman-US

Attività 1.2 Trappole automatiche basate su sistemi imaging- FOS-CNR IPSP

Attività 1.3 Sensori spettrali-imaging multi-purpose FOS-CNR-IVALSA (IBE)

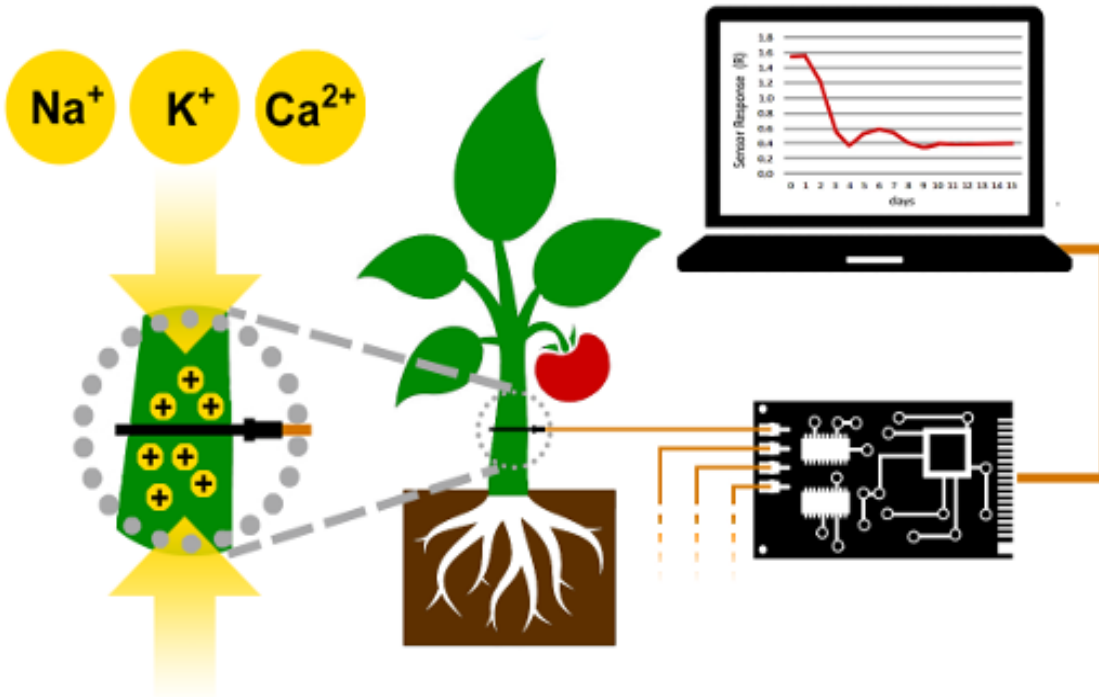
Attività 1.4 Sensori per composti VOC –CNR-INO; CNR-IVALSA; CNR-ISA

Attività 1.5 Sensori in vivo –CNR-IMEM

Attività 1.6 Sensori per residui di fitofarmaci CNR-ISMN

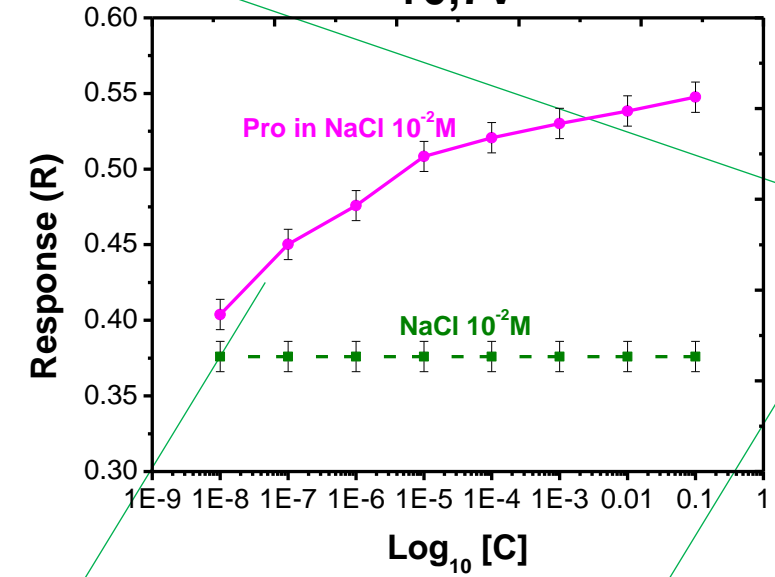
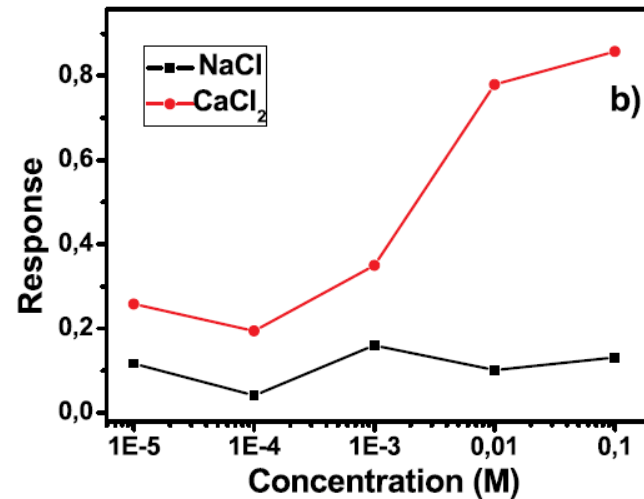
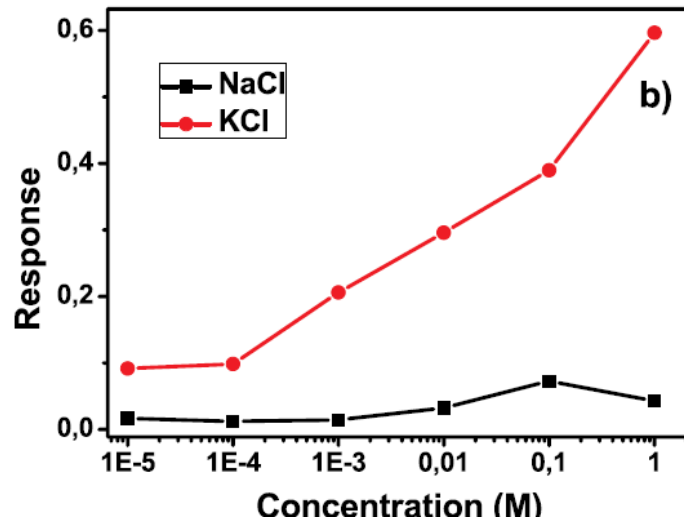
Il Bioristor: il sensore in vivo

- Sensori in-vivo specifici (Na^+ , Ca^{2+} , K^+) per monitorare in continuo lo stato fisiologico e nutrizionale della pianta, inserito direttamente nel fusto, funzionale a guidare il livello ottimale di irrigazione.



Task 1.5 Sensori in-vivo

CNR-IMEM



- La reversibilità del processo rende il bioristor funzionalizzato con membrana adatto a misure *in-vivo* e in-continuo
- Il sistema è stato testato con membrane selettive per gli ioni K⁺ e Ca²⁺, dando in entrambi i casi ottimi risultati in termini di selettività se confrontati con un interferente come lo ione Na⁺

Task 1.5 Sensori in-vivo

CNR-IMEM

- ✓ Primo anno- sensori saranno funzionalizzati per rilevare tre ioni fondamentali per il monitoraggio dello stress e per lo sviluppo della pianta (Ca^{2+} , Na^{+} , K^{+}) tramite la realizzazione di membrane selettive per singolo ione e inserimento degli stessi nel sistema pianta.
- ✓ Primo anno Validazione del sensore: i) in vitro per testarne la specificità
- ➡ Primo anno Prove in VASO su piante di actinidia e pomodoro
- ➡ Primo anno Prove OR6 con ISPA in coltura fuori suolo
- ➡ Secondo anno In campo su actinidia e pomodoro (OR6).

OR 1- Attività 1.6 Sensori per residui di fitofarmaci



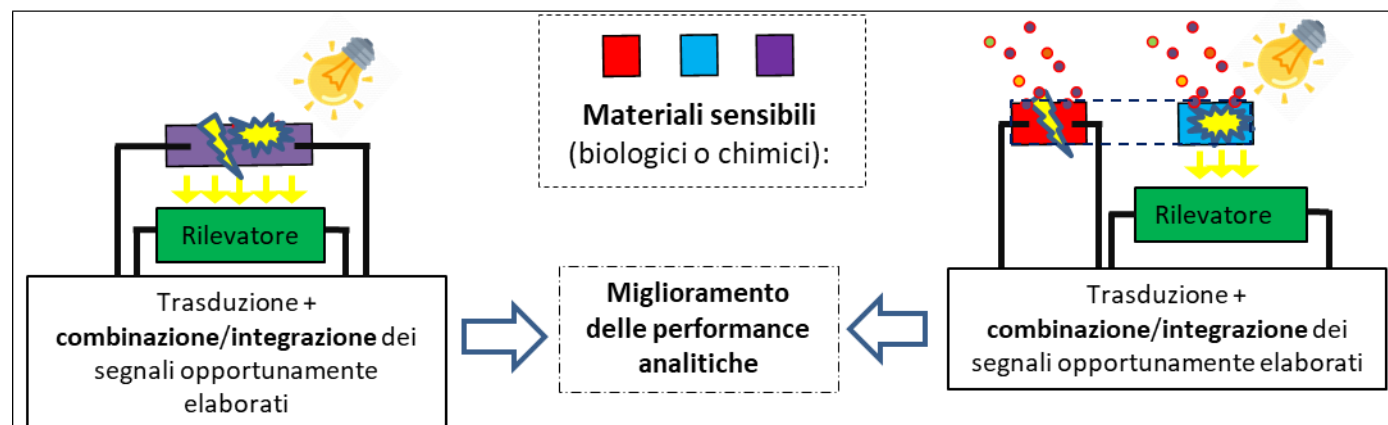
Trasferimento e implementazione nella filiera agricola biologica di una **biosonda cellulare** per:

- ✓ Monitoraggio **livelli di fitofarmaci** nelle **acque di irrigazione**
- ✓ Diagnostica precoce **anomalie** della **produzione agricola**

‘Snoop’: Dispositivo sensoristico chimico-fisico per la diagnostica chimico-tossicologica di matrici reali

Brevetto CNR- ISMN (ITRM20120161; EP2697628B1)

<https://patents.google.com/patent/ITRM20120161A1/>



Approccio ‘Snoop’: due esempi



CNR-ISMN (Roma): progettazione del sensore e test in laboratorio

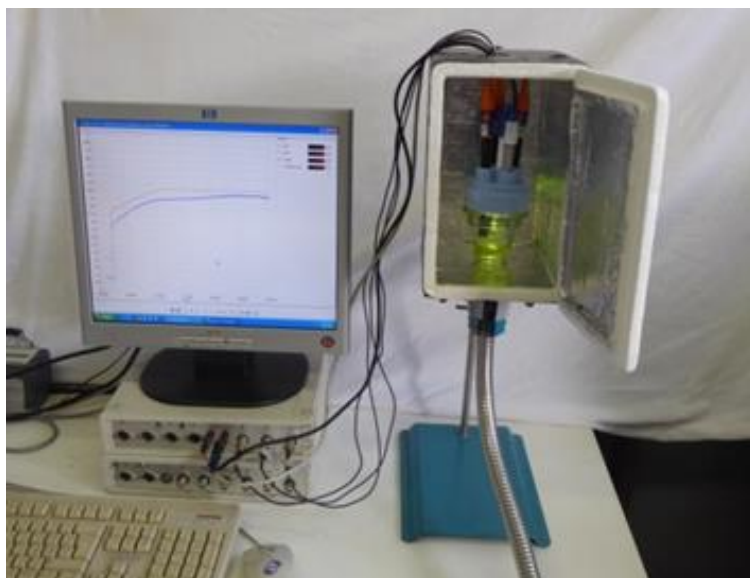
CNR-ISMN (Palermo): test pilota del sensore in condizioni di campo su filiera di agricoltura biologica (Bonifiche Ferraresi, Sardegna) (OR4)

OR 1- Attività 1.6 Sensori per residui di fitofarmaci



Aggiornamenti rispetto alla scrittura del progetto:

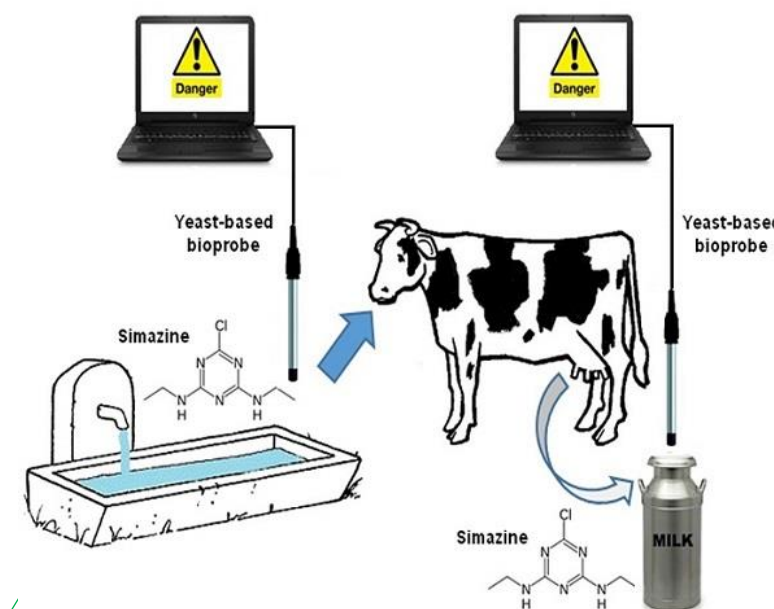
i) **Implementazione** del prototipo
'Snoop' da laboratorio



➡ Primo anno Prove OR4

ii) **Impiego** della
biosonda cellulare in
campioni reali (**acqua di
abbeverata**) [1]:

Rilevazione degli effetti
dell'**erbicida simazina**
0.02 ppb, ovvero 5 volte
al di sotto del valore
limite stabilito dalla Dir.
98/83/CE



[1] Grasso, G., Caracciolo, L., Cocco, G., Frazzoli, C., & Dragone, R. (2018). Towards simazine monitoring in agro-zootechnical productions: A yeast cell bioprobe for real samples screening. *Biosensors*, 8(4), 112. DOI: [10.3390/bios8040112](https://doi.org/10.3390/bios8040112)

Codifica	Descrizione
D 1.1.1	Report: Completamento progettazione e prototipazione rete WSN [M12]
D 1.2.1	Report: Completamento progettazione e prototipazione trappole automatiche e sensori-spettrali imaging [M12]
D 1.4.1	Report: Completamento progettazione e prototipazione sensori VOC [M12]
D 1.5.1	Report: Completamento progettazione e prototipazione di sensori in-vivo [M12]
D 1.6.1	Report: Completamento progettazione e prototipazione sensori fitofarmaci [M12]
D 1.1.2	Report: Completamento prove in pieno campo rete WSN [M24]
D 1.2.2	Report: Completamento prove in pieno campo trappole automatiche, sensori-spettrali imaging [M24]
D 1.4.2	Report: Completamento prove in pieno campo sensore VOC [M24]
D 1.5.2	Report: Completamento prove in pieno campo sensore in-vivo [M24]
D 1.6.2	Report: Completamento prove in pieno campo sensori fitofarmaci [M24]