

PSR 2014-2022 MISURA 16.2 Annualità 2022  
progetto

## **PRECISIAMO**

La gestione **PRECISa** del vigneto per il miglioramento del profilo **Aromatico** del **MO**rellino di Scansano

**Mercoledì, 30 aprile 2025 ore 9:30** Presso Consorzio Tutela Morellino di Scansano – Via XX Settembre, 36 Scansano (GR)

**Gestione del profilo qualitativo e aromatico delle uve di  
Sangiovese attraverso il monitoraggio preciso della variabilità in vigneto**

**Giacomo Palai, Vincenzo Tosi, Giovanni Caruso, Claudio D'Onofrio**  
Università di Pisa





## Progetto PRECISIAMO

### Monitoraggio dello stato idrico del vigneto

- **Contesto:** 5 aziende vitivinicole selezionate nel comprensorio del Morellino di Scansano.
- **Attività svolte:**
  - Monitoraggio dello stato idrico delle vigne.
  - Utilizzo combinato di **dati satellitari** e **dati prossimali**.
- **Obiettivo:**
  - Supportare la gestione precisa dello stato idrico del vigneto.







**sentinel-2**



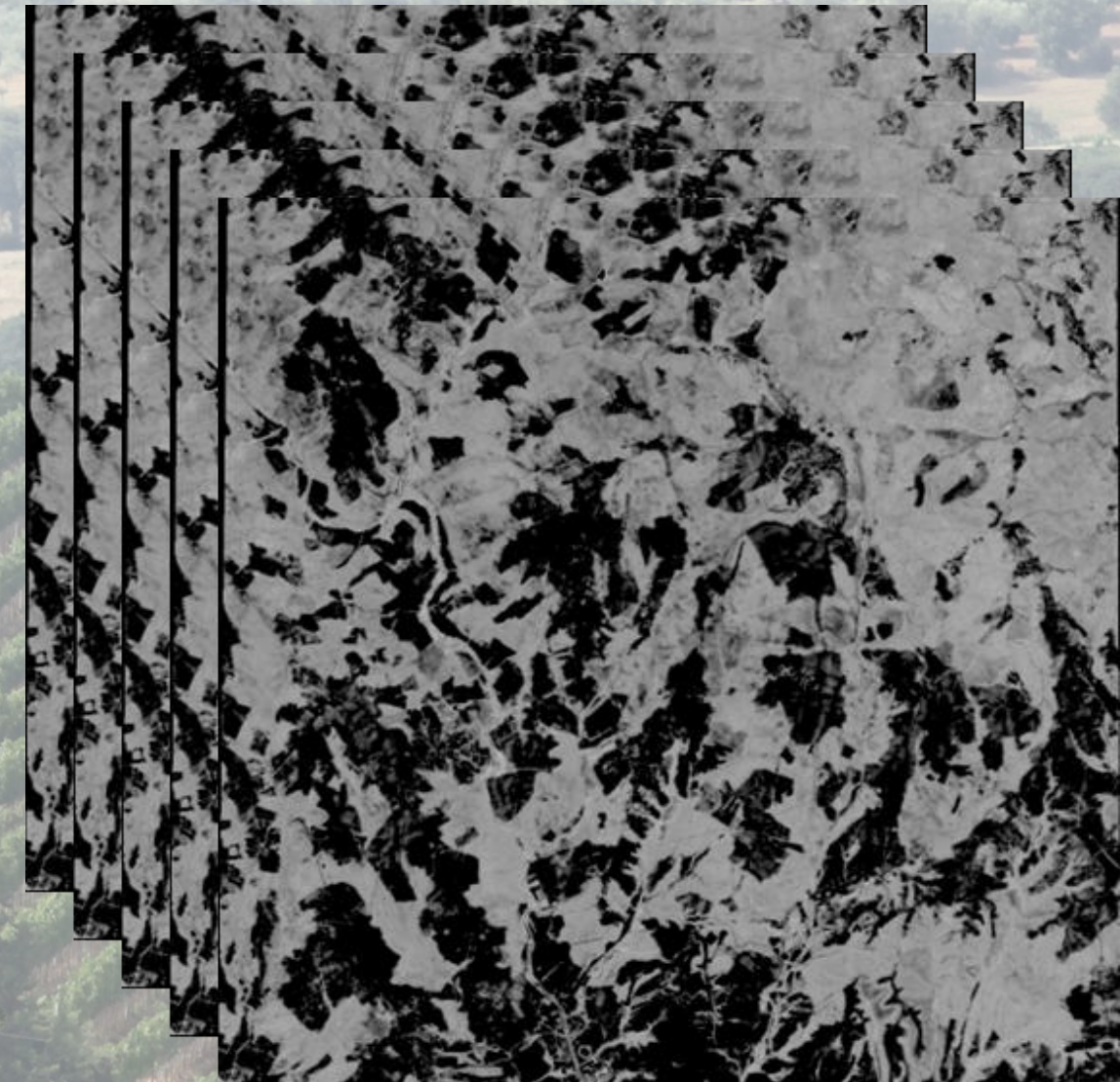
**Copernicus**  
Europe's eyes on Earth

### Fonti e strumenti utilizzati:

- Immagini multispettrali Sentinel-2, acquisite dal portale *Copernicus Open Access Hub* (ESA).
- Pre-processing dei dati per ottenere riflettanza di superficie.
- Elaborazioni effettuate con **QGIS**, software GIS open source.

### Aree analizzate:

- Scene selezionate in base a copertura nuvolosa e aggiornamento recente.
- Ritaglio delle aree vitate tramite layer vettoriale delle parcelle aziendali.





## Indici calcolati:

- **NDVI** (Normalized Difference Vegetation Index):

Formula:  $(B8 - B4) / (B8 + B4)$

→ Misura vigoria e densità fotosintetica attiva.

- **MSI** (Moisture Stress Index):

Formula:  $B11 / B8$

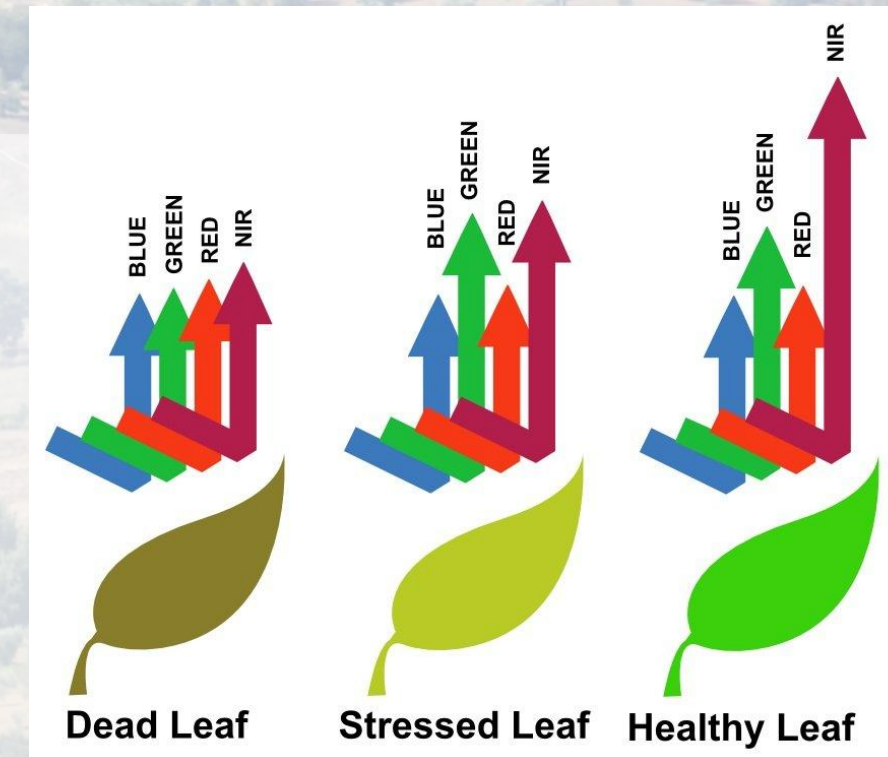
→ Indica livello di stress idrico della vegetazione.

## Output dell'analisi:

- Calcolo e georeferenziazione dei raster NDVI e MSI.
- Clip dei raster sulle superfici vitate.
- Estrazione dati statistici (media, min, max) per ogni parcella tramite statistiche zonali.

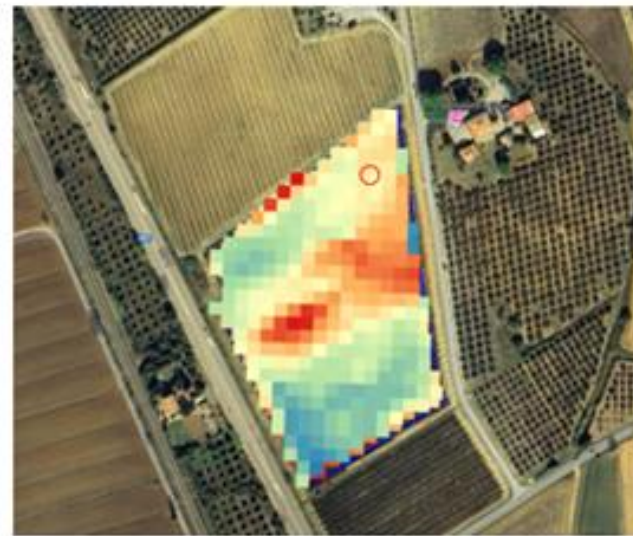
## Visualizzazione finale:

- Mappatura cromatica dei raster per confronto visivo tra vigoria e stress idrico

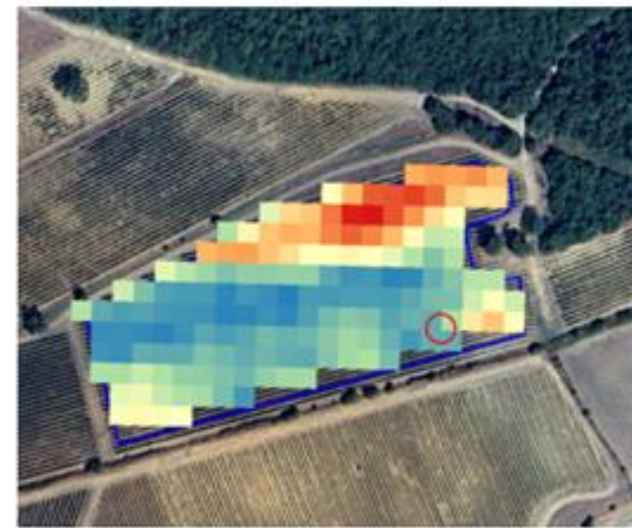




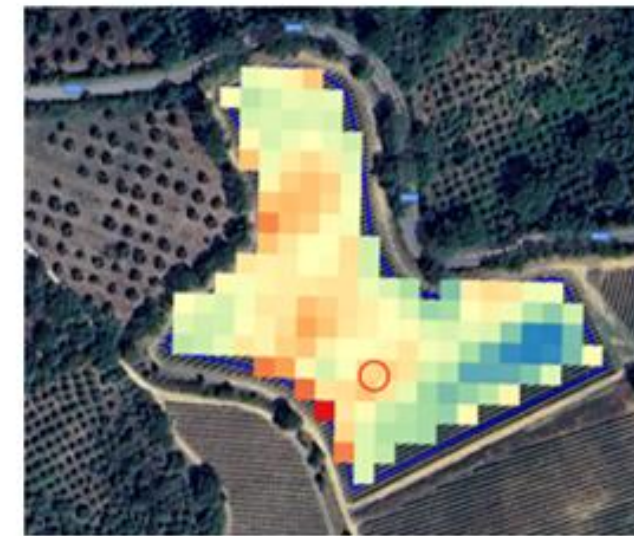
Santa Lucia



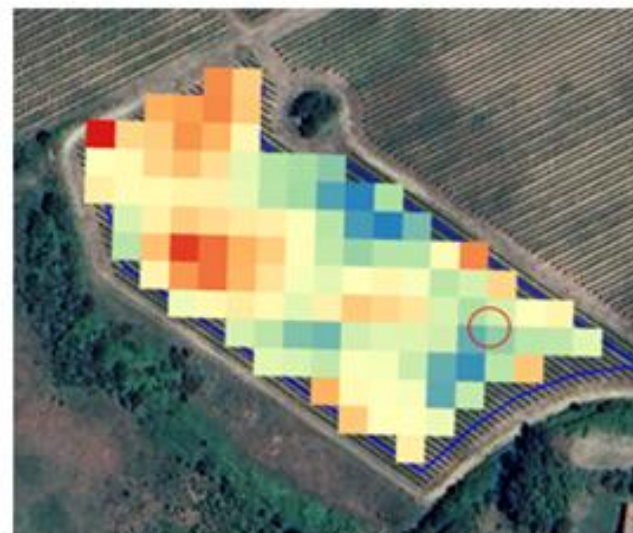
La Selva



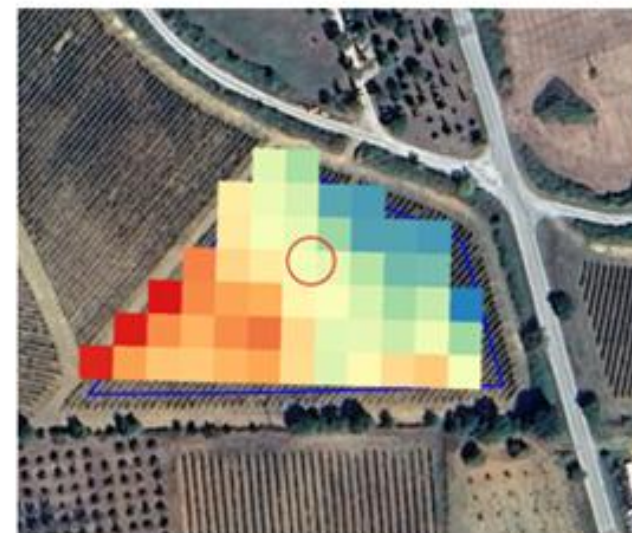
Le Pupille



Roccapesta



Podere 414

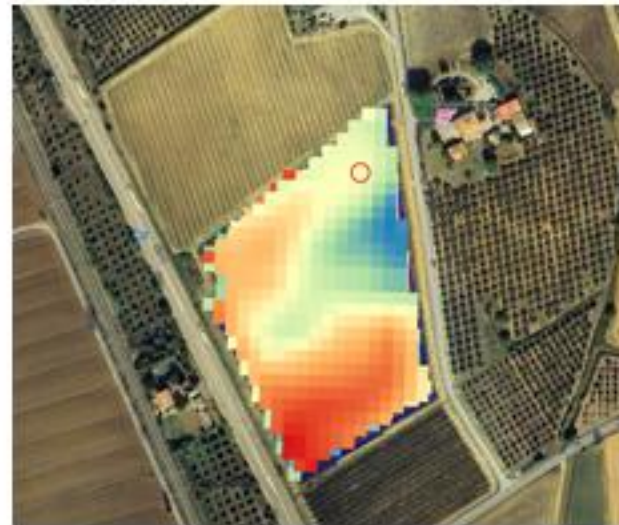


**NDVI**

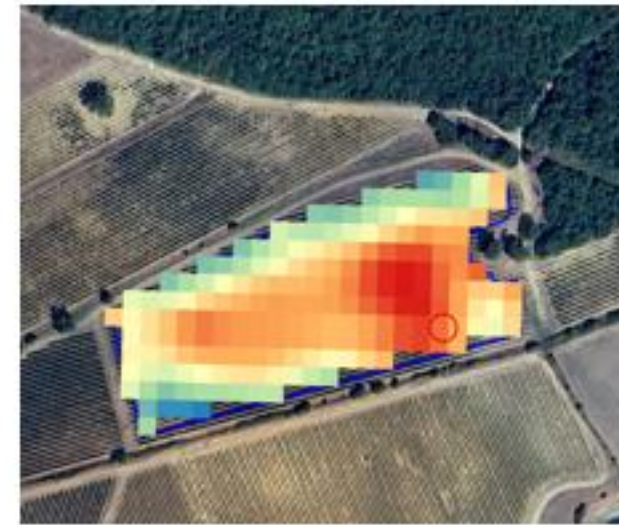
Mappe di vigore (NDVI) dei vigneti selezionati presso le aziende partner del progetto (media stagionale).



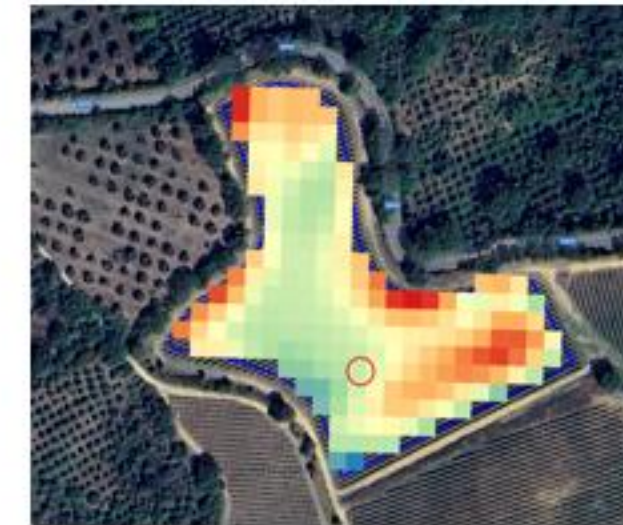
Santa Lucia



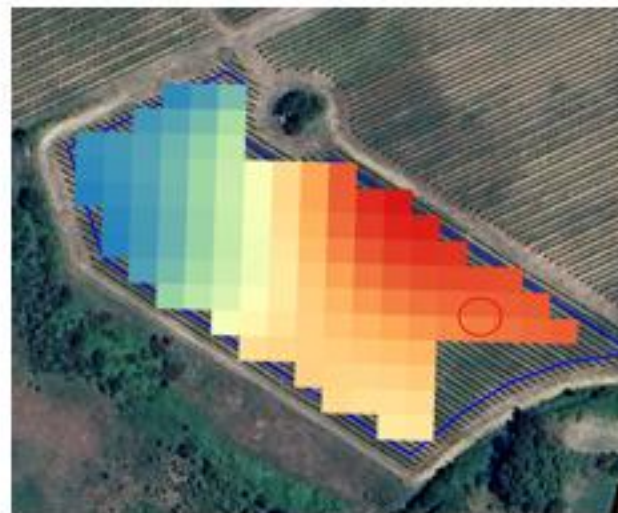
La Selva



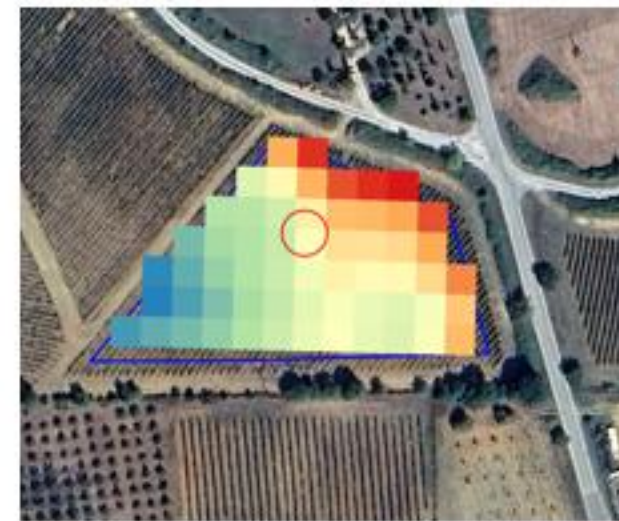
Le Pupille



Roccapesta



Podere 414

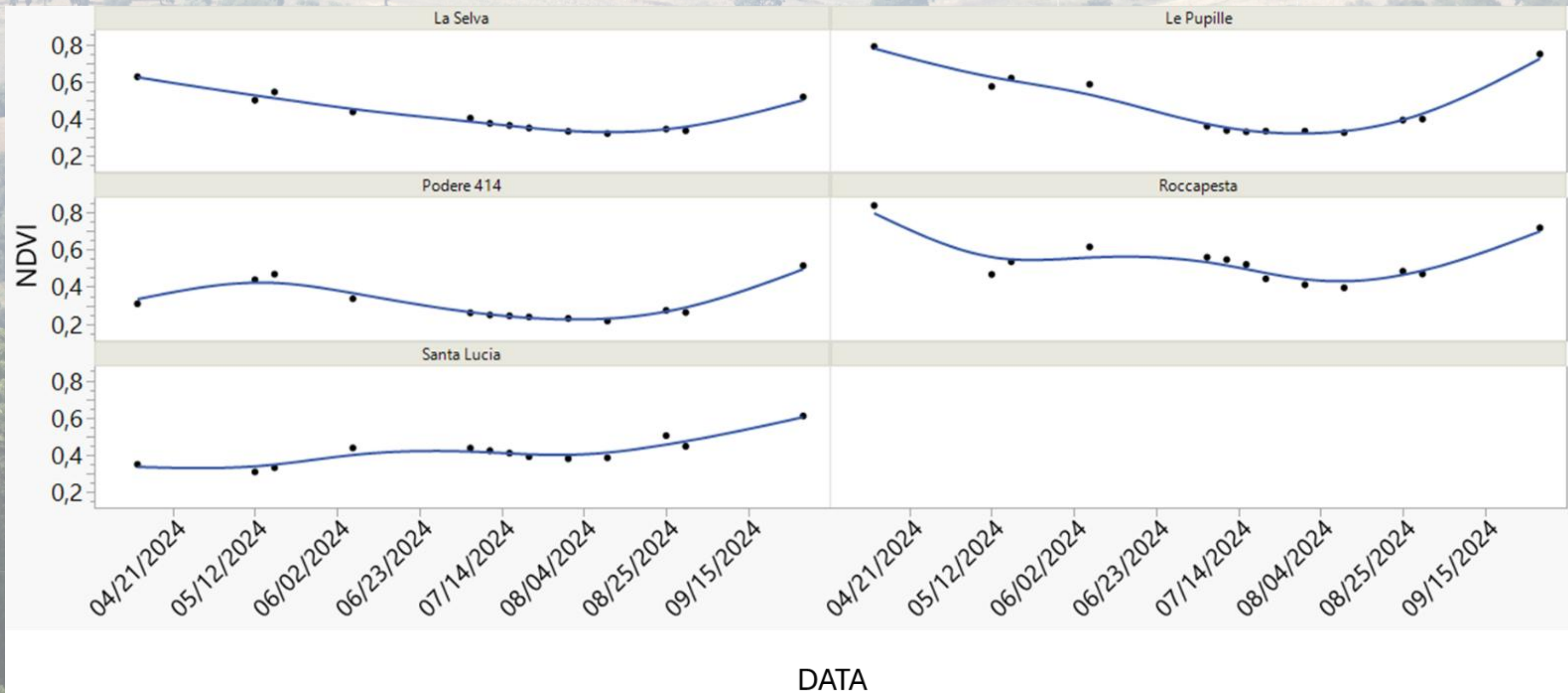


**MSI**

Mappe di moisture stress index (MSI) dei vigneti selezionati presso le aziende partner del progetto (media stagionale).



## Andamento stagionale NDVI





### Andamento Generale:

- Curva a "U": NDVI elevato ad aprile, decrescita in estate, risalita a settembre.

### Stress Idrico Estivo:

- Calo dell'NDVI in estate legato a stress idrico e alte temperature, riducendo fotosintesi e copertura fogliare.

### Comportamenti Aziendali:

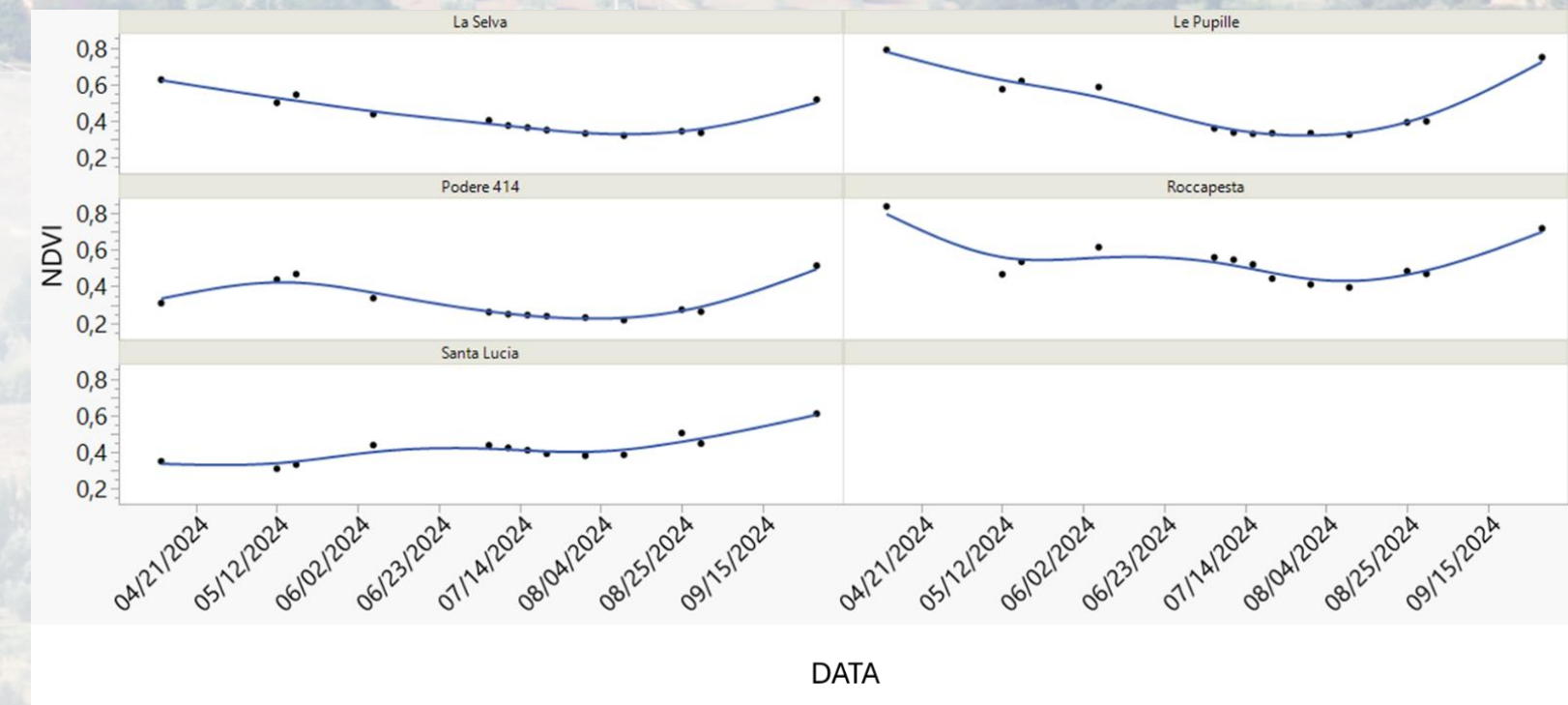
- La Selva** e **Le Pupille**: recupero a settembre, ma Le Pupille mostra flessione più marcata.
- Podere 414**: curva stabile, indicativa di vigoria più costante.

### Dinamiche di Roccapesta e Santa Lucia:

- Roccapesta**: calo precoce seguito da stabilizzazione e ripresa.
- Santa Lucia**: andamento regolare e piatto, con vigoria contenuta ma stabile.

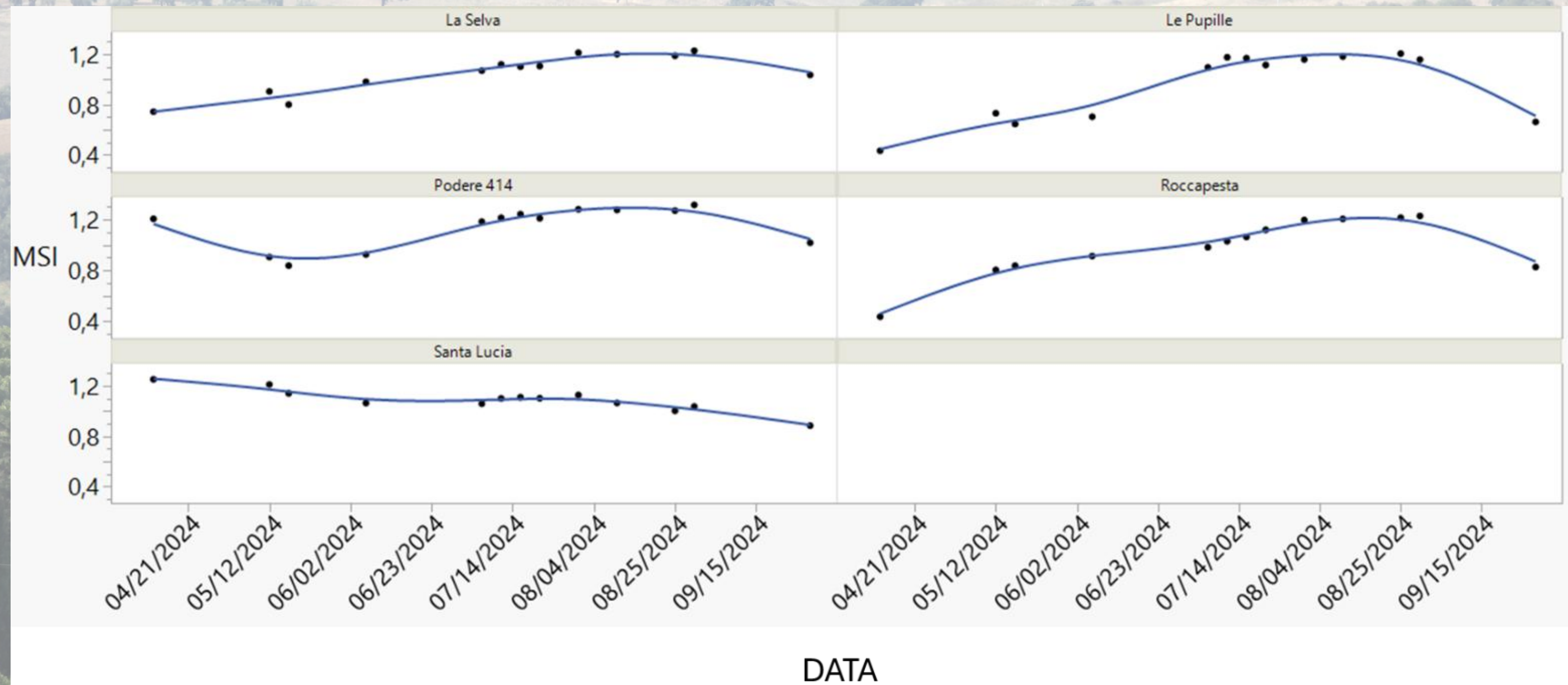
### Implicazioni Agronomiche:

- Differenze nei profili NDVI suggeriscono variazioni legate a condizioni ambientali, pratiche agronomiche e resilienza allo stress.





## Andamento stagionale MSI





### Comportamento dell'Indice MSI:

- MSI riflette lo **stress idrico**: valori più alti indicano stress, valori bassi indicano condizioni favorevoli.

### Tendenza Generale:

- MSI cresce fino al picco tra **luglio e agosto**, poi decresce a settembre con il miglioramento delle condizioni climatiche.

### Relazione Inversa MSI-NDVI:

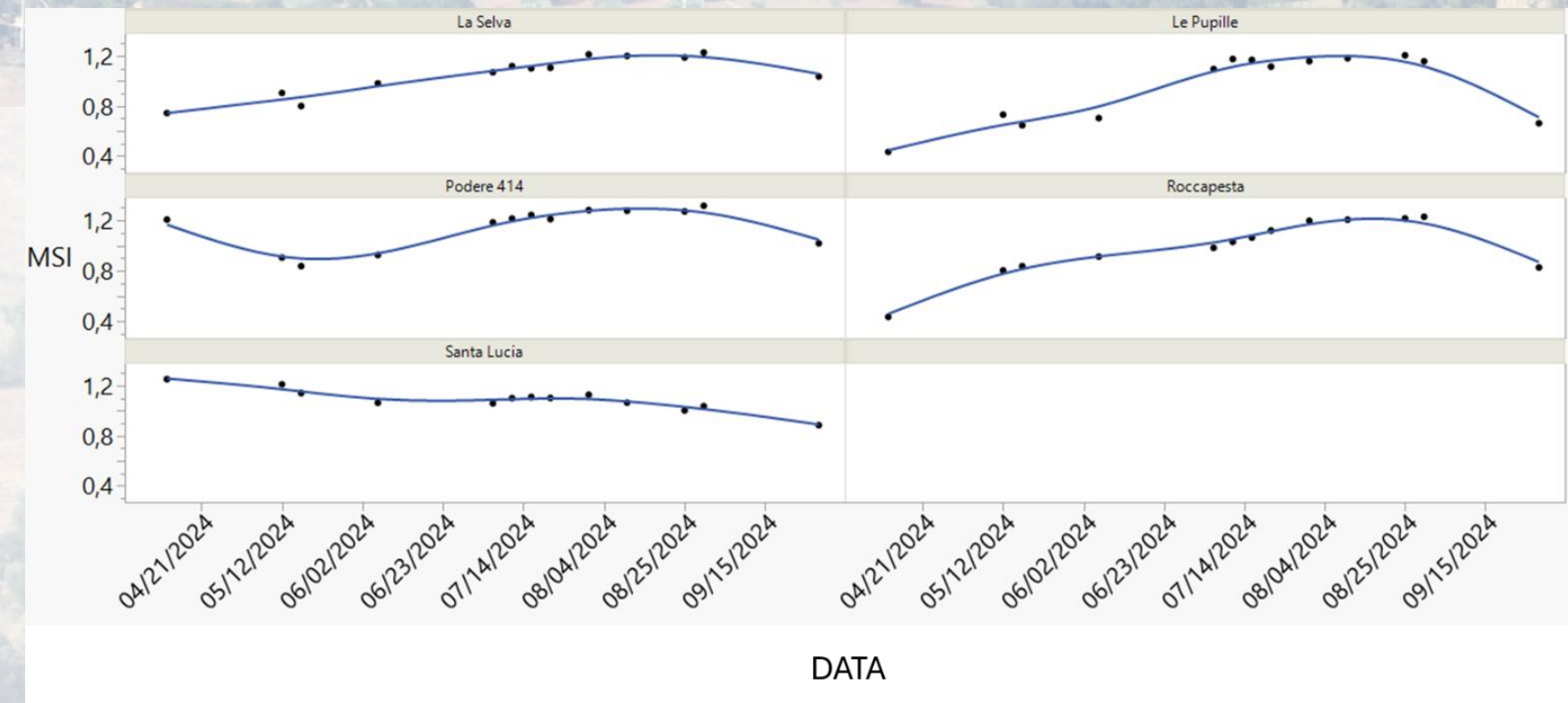
- **La Selva, Le Pupille, Roccapesta**: aumento dell' MSI coincide con il calo dell'NDVI, indicando stress idrico.

### Dinamica di Podere 414:

- MSI inizialmente alto, poi scende a maggio e risale in estate, suggerendo iniziali condizioni idriche favorevoli e stress successivo.

### Stabilità in Santa Lucia:

- MSI costante e senza picchi estivi, in linea con l'andamento stabile e contenuto dell'NDVI, indicando condizioni di coltivazione equilibrate.





## Monitoraggio in Campo (Proximal sensing) : Dendrometri e Sensori di Umidità

### Installazione e strumenti:

- In ogni azienda selezionata, è stata individuata **una parcella rappresentativa**.
- Dal **15 marzo 2024**, installazione di **due dendrometri** su viti adiacenti.
- Posizionamento accurato: rimozione del ritidoma, scelta di punti stabili e regolari sul tronco.

### Funzione dei dendrometri:

- Monitoraggio continuo del **diametro del tronco**.
- Rilevamento:
  - **Accrescimento stagionale**
  - **Oscillazioni giornaliere** legate al bilancio idrico
- Frequenza di registrazione: **ogni 5 minuti**, utile per tracciare sia trend lenti che variazioni rapide.

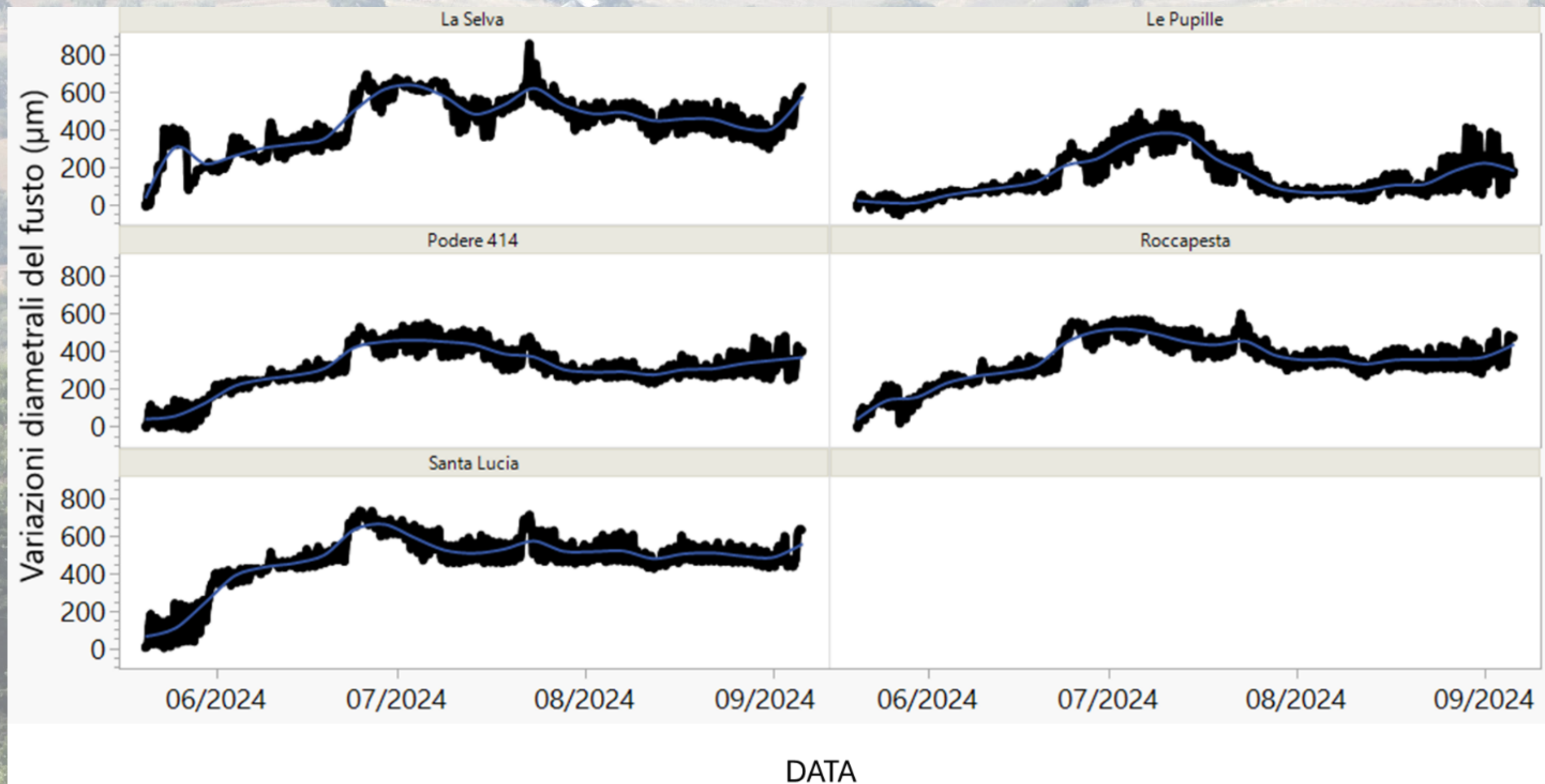
### Integrazione con dati del suolo:

- Installazione di un **sensore di umidità del suolo** a circa **30 cm** di profondità.
- Obiettivo: correlare umidità del suolo, **dati dendrometrici** e **condizioni meteo**.
- Approccio integrato per analizzare in modo più completo lo **stato idrico della vite**.





## Andamento stagionale variazioni diametrali del fusto





## Variazioni Diametrali del Tronco e Stato Idrico delle Viti

### Lettura ad Alta Risoluzione:

- Le misure dendrometriche monitorano **stato idrico** e **attività vegetativa** della vite integrando i dati **NDVI** e **MSI**.

### Fasi di Crescita e Stress Idrici:

- Crescita rapida tra **maggio e luglio**, seguita da stabilizzazione in **luglio**, indicativa di **stress idrico**.

#### La Selva:

Crescita rapida fino a luglio, seguita da plateau con oscillazioni giornaliere, riflettendo andamenti di **MSI** e **NDVI**.

#### Le Pupille:

crescita graduale, stress prolungato, ripresa a settembre.

#### Podere 414:

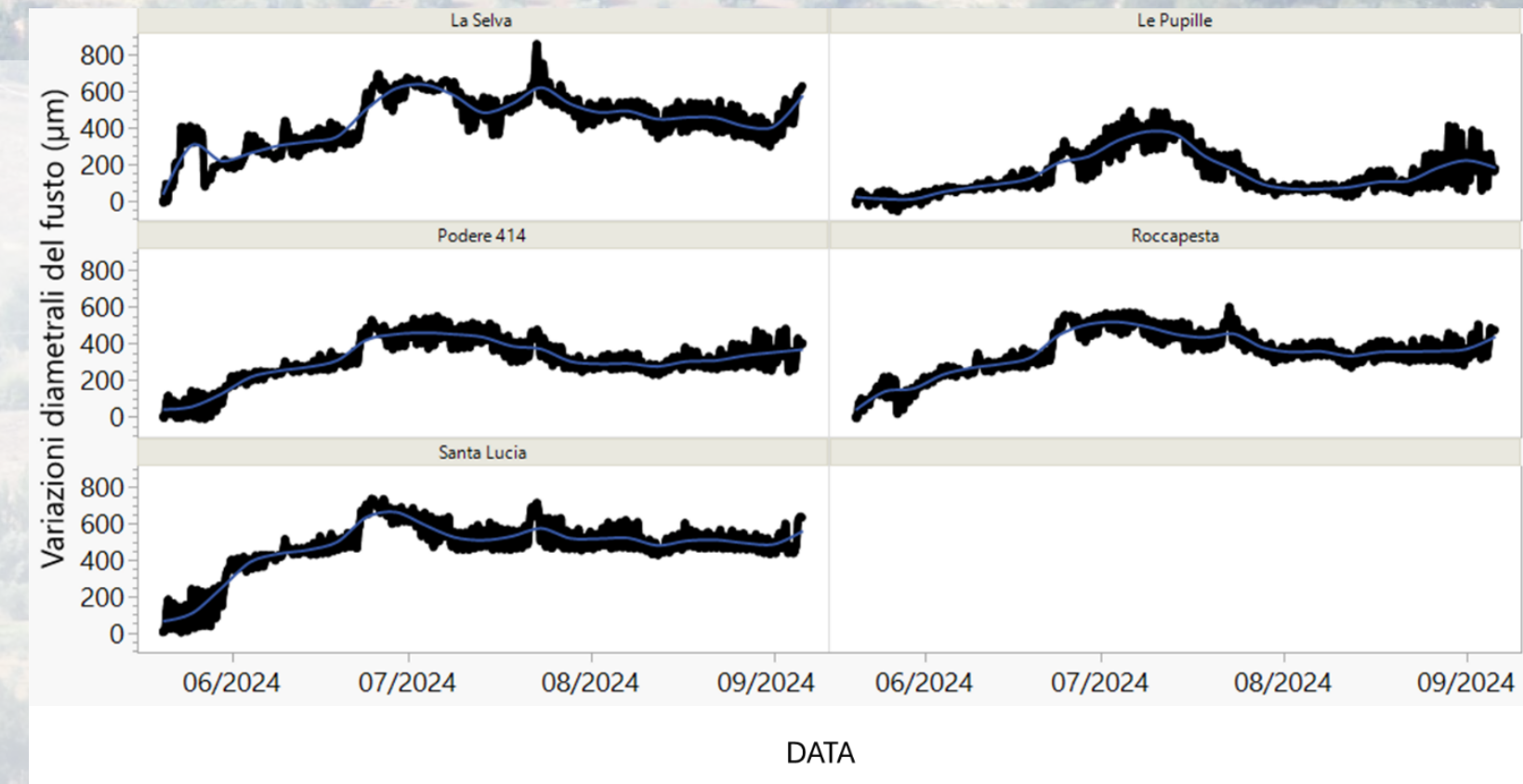
crescita regolare, appiattimento estivo fino a settembre.

#### Roccapesta:

crescita concentrata a maggio-giugno, stabilizzazione a stress massimo.

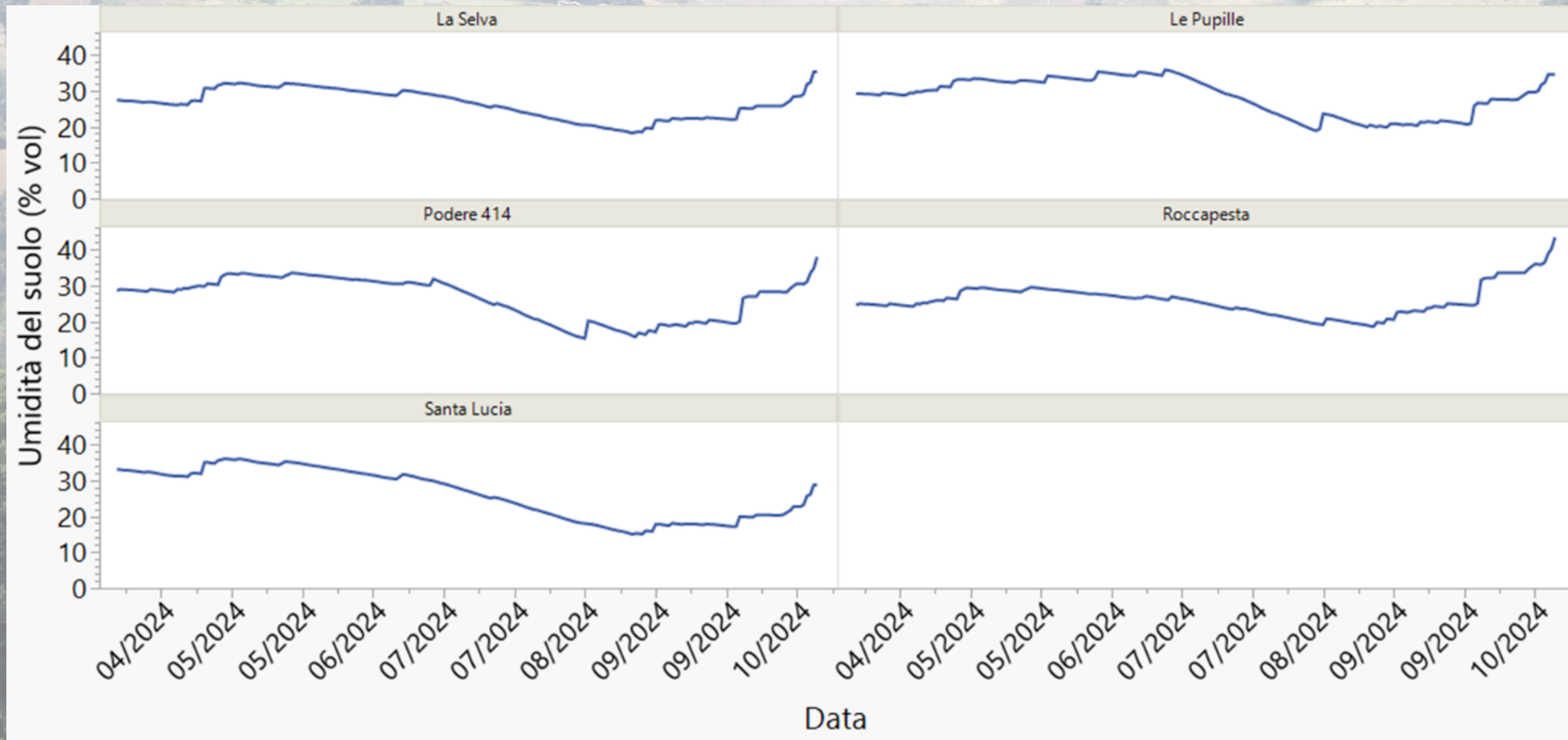
#### Santa Lucia:

simile a La Selva, con lieve ripresa a settembre e attività vegetativa stabile.





## Andamento stagionale umidità del suolo



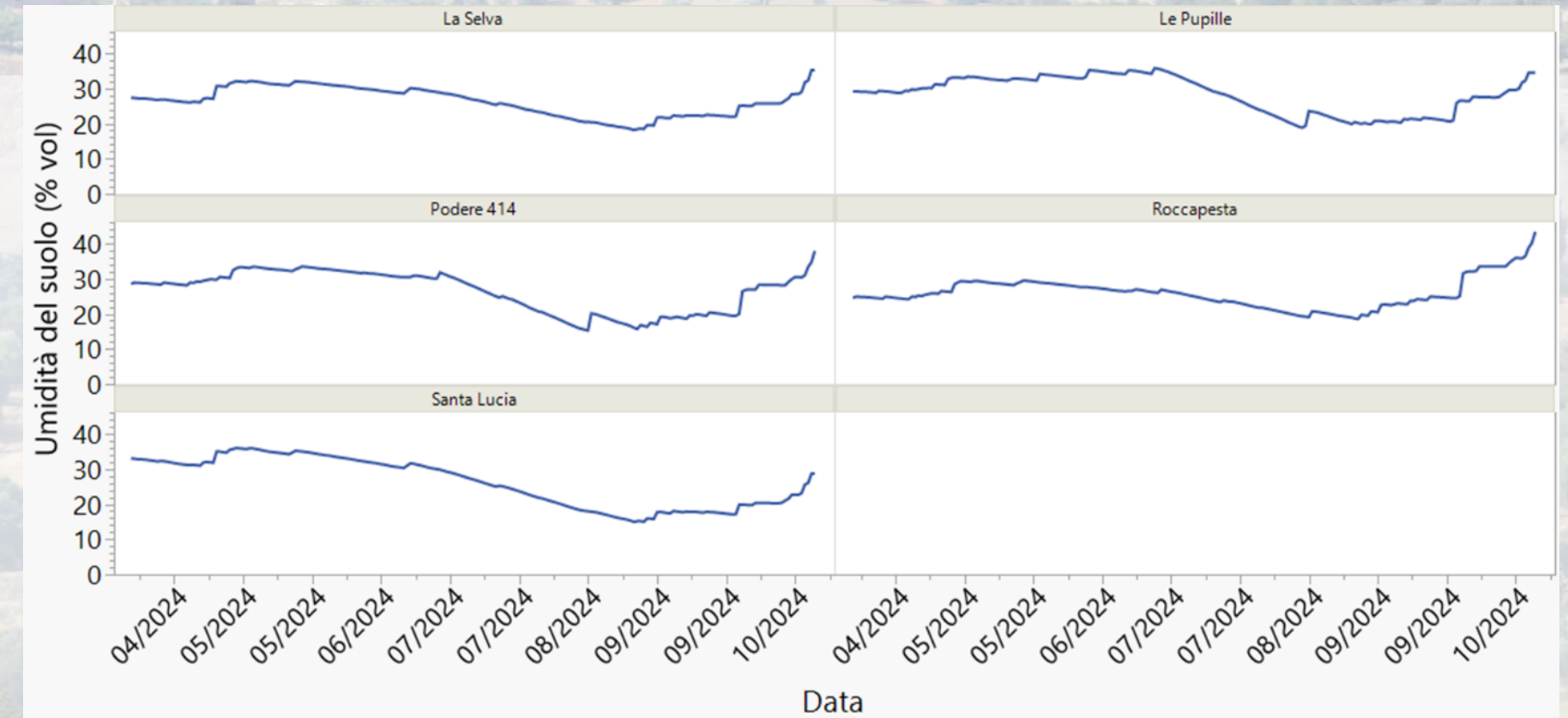


### Andamento Comune nelle Aziende:

- L'umidità del suolo è elevata in primavera (25-35%) e decresce da giugno ad agosto, raggiungendo i valori minimi durante lo stress idrico estivo.

### Ripresa a Settembre:

- A settembre, l'umidità del suolo aumenta, a causa di precipitazioni tardo-estive o irrigazioni, favorendo la ripresa vegetativa.



### La Selva:

- Decrescita costante dell'umidità estiva con minimo a fine agosto, seguita da ripresa in settembre, anticipando l'accrescimento del tronco e un aumento dell'NDVI.

### Le Pupille e Podere 414:

- Le Pupille: Diminuzione dell'umidità estiva e recupero a settembre con ripresa vegetativa.
- Podere 414: Calo marcato da luglio, con recupero graduale in settembre e moderata ripresa vegetativa.

### Santa Lucia:

- Umidità stabile con valori mai sotto il 20%, indicando una maggiore capacità di ritenzione idrica o un regime di consumo più contenuto, o una maggiore irrigazione in linea con la bassa variabilità dell'NDVI e la crescita diametrica meno dinamica.



## Analisi della Variabilità Intra-Vigneto

### Obiettivo dell'analisi:

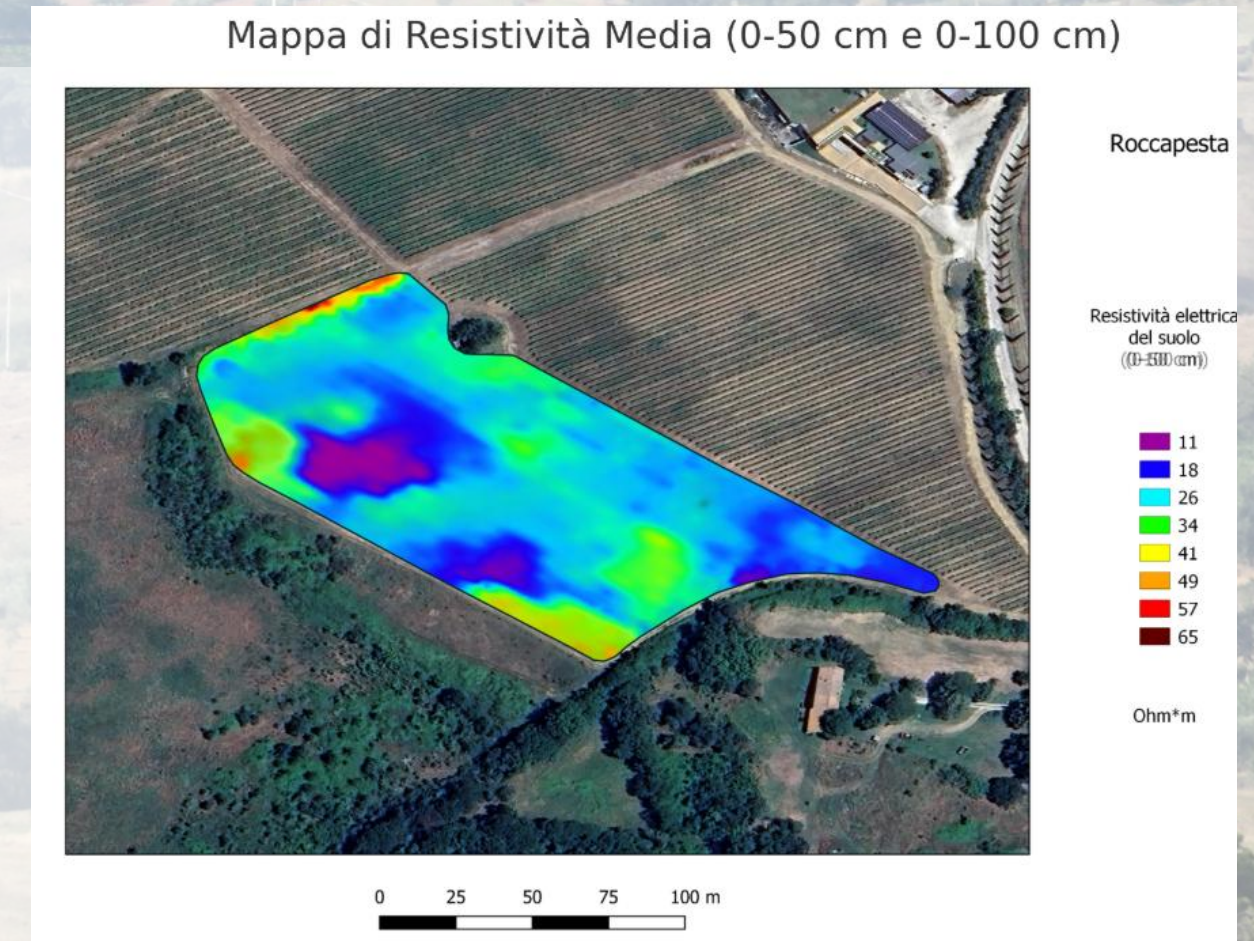
- Studio condotto nei 5 vigneti del progetto.
- Valutazione dell'effetto della **variabilità intra-vigneto** su produttività e qualità delle uve.

### Tecnica utilizzata:

- Misurazioni geo-referenziate di **resistività elettrica apparente** del suolo fino a 100 cm di profondità.

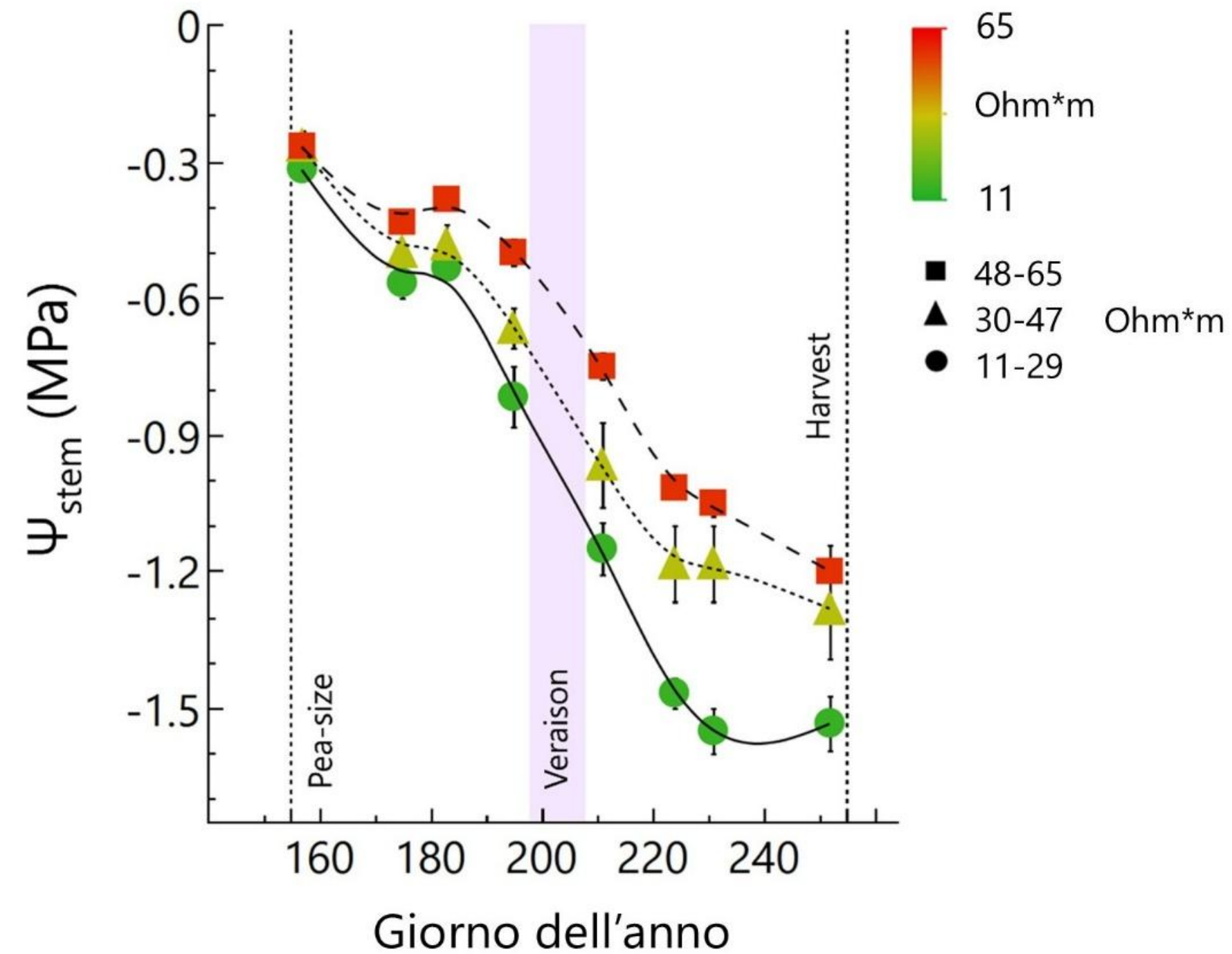
### Vantaggi e finalità:

- Identificazione di **zone omogenee** in base a:
  - Tessitura e struttura del suolo
  - Contenuto idrico
  - Presenza di scheletro e salinità (ECe)
  - Temperatura
- Valutare l'effetto della variabilità intra-vigneto sulle caratteristiche fisiologiche, produttive e qualitative delle uve.





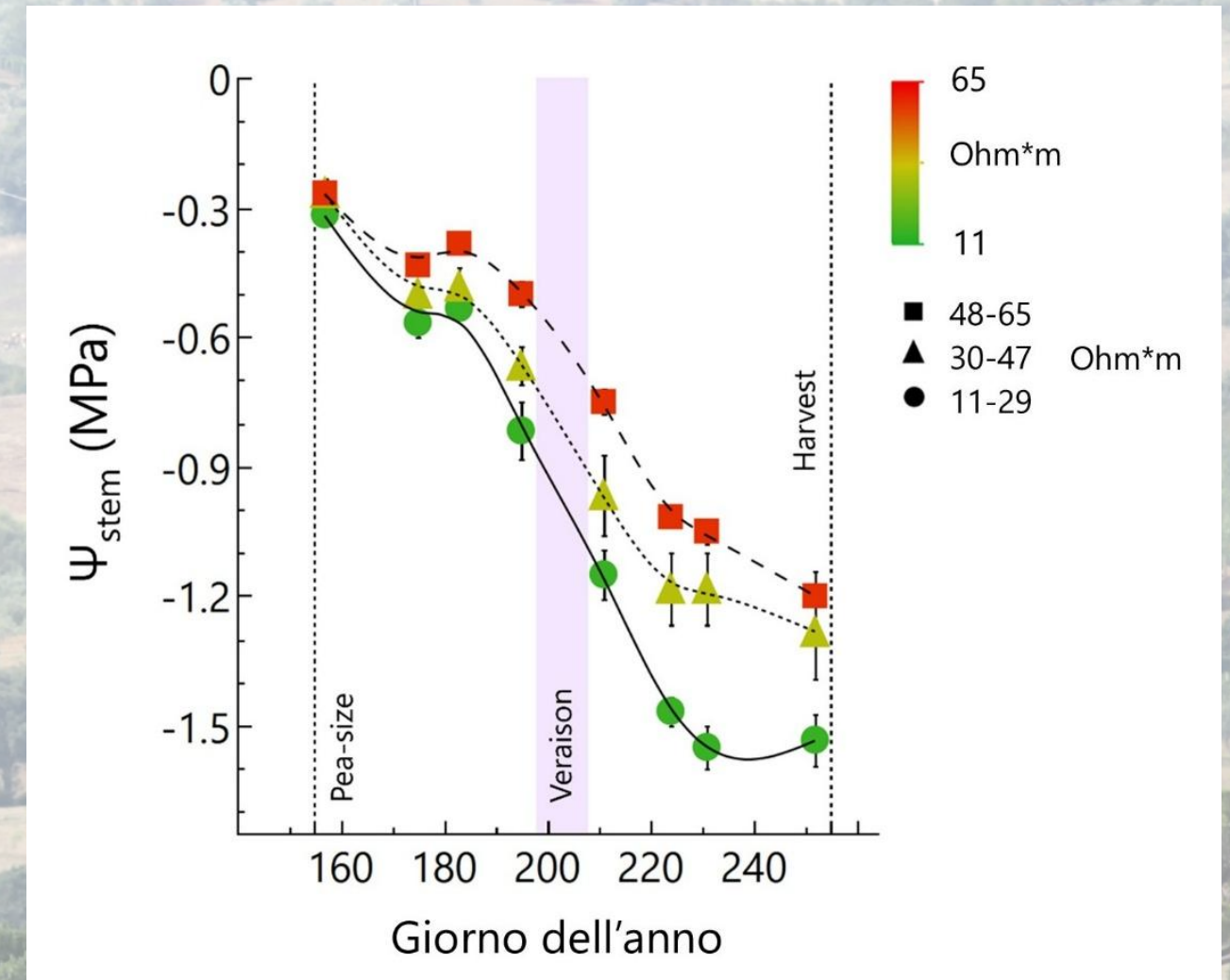
## Andamento stagionale potenziale idrico del fusto





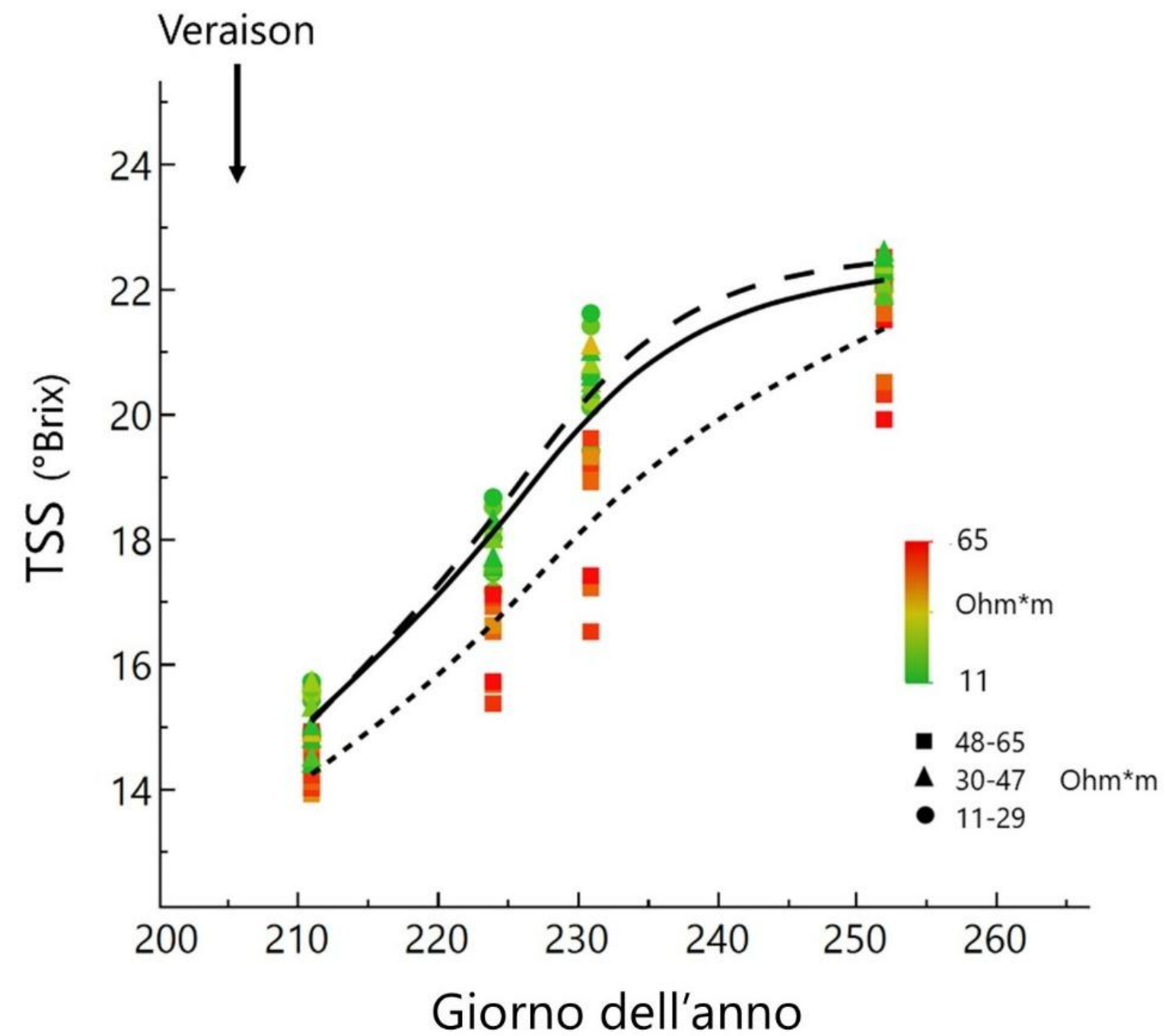
**Comportamento stagionale del  $\Psi_{\text{stem}}$ :** In fase precoce (DOY 150-170), le tre zone mostravano valori simili di  $\Psi_{\text{stem}}$ , ma durante la stagione, con l'aumento dell'evapotraspirazione, le differenze tra le zone divenivano evidenti.

Le zone a bassa resistività hanno raggiunto valori di  $\Psi_{\text{stem}}$  prossimi a -1.4 MPa, indicando uno stress idrico severo. Al contrario, nelle zone ad alta resistività si è mantenuto in un range fisiologicamente accettabile, suggerendo una buona capacità di rifornimento idrico.



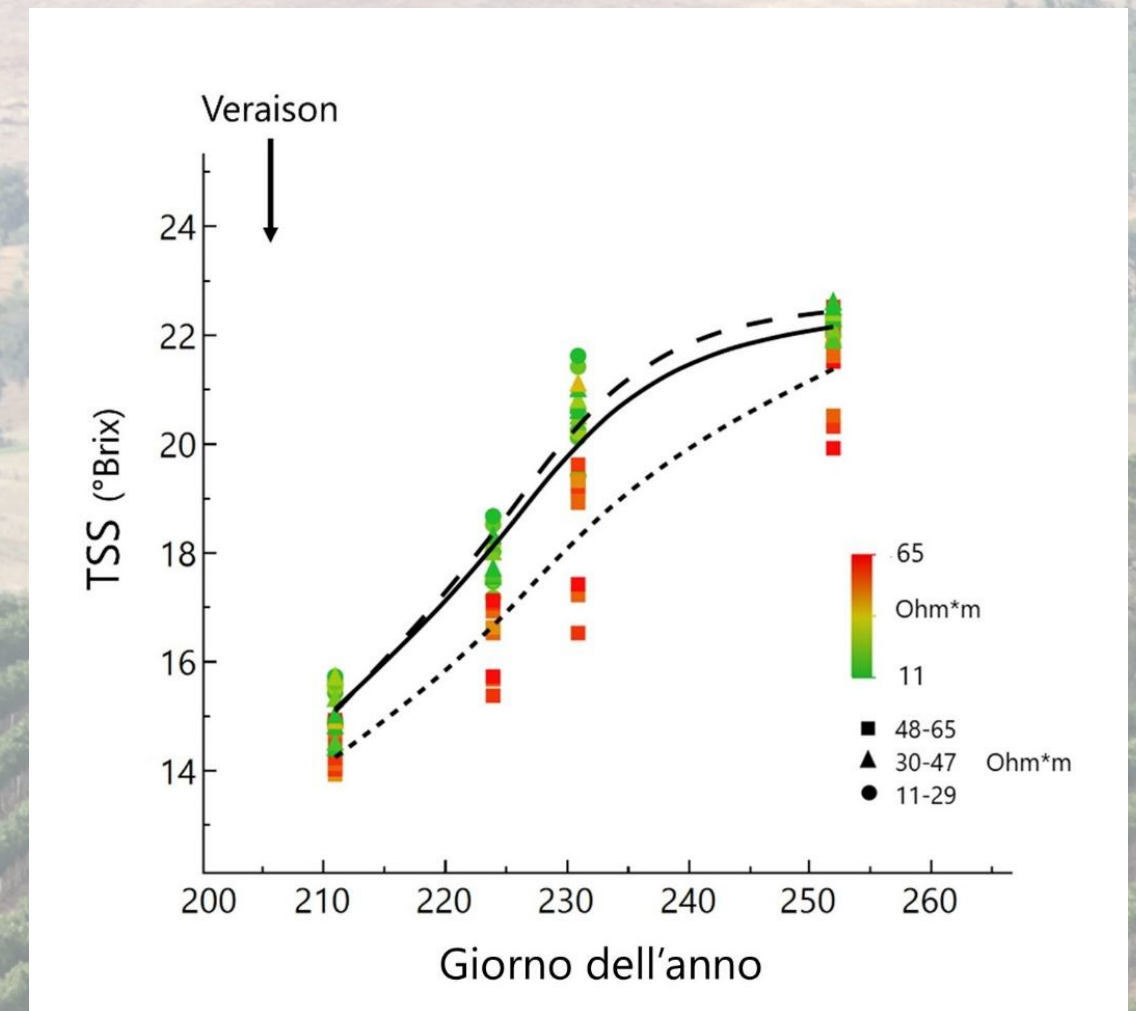


## Andamento stagionale TSS uve



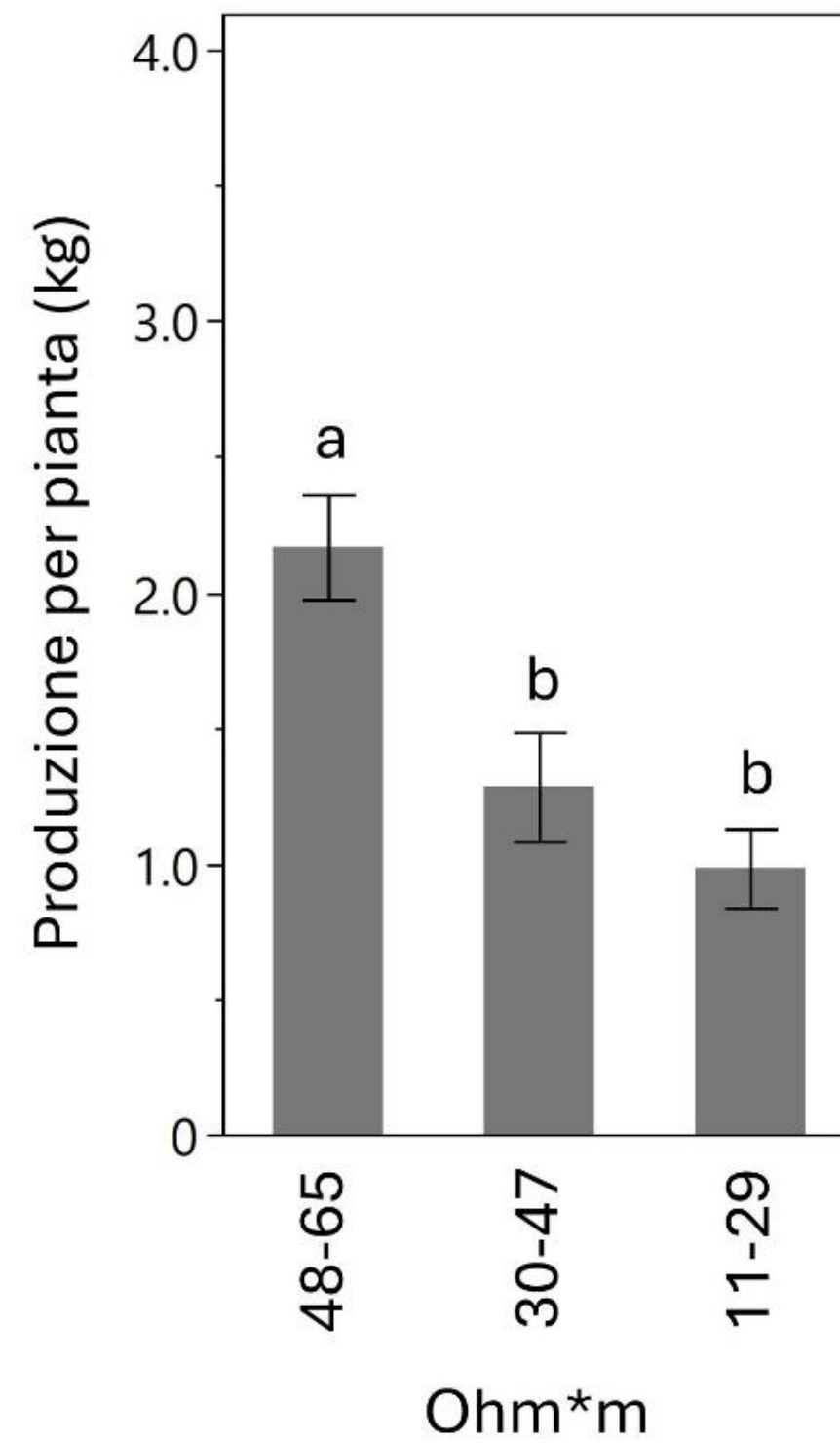


- **Curva sigmoidale dell'accumulo di TSS:** La crescita dei solidi solubili totali (TSS) segue una curva sigmoidale, tipica della maturazione zuccherina delle bacche, con variabilità evidente tra le zone del vigneto già dalle prime fasi post-invaiaitura.
  - **Influenza della resistività del suolo:** Le zone a bassa resistività mostrano i valori più elevati di TSS e raggiungono la maturazione più precocemente
  - **Zone a resistività intermedia:** In queste zone, l'incremento dei TSS è più graduale, con un ritardo nel raggiungimento del plateau di maturazione.
  - **Zone a alta resistività:** Le zone con alta resistività hanno i valori di TSS più bassi e una maturazione più lenta e incomplete.
- **L'eterogeneità pedologica influisce sulla asincronia di maturazione delle bacche**

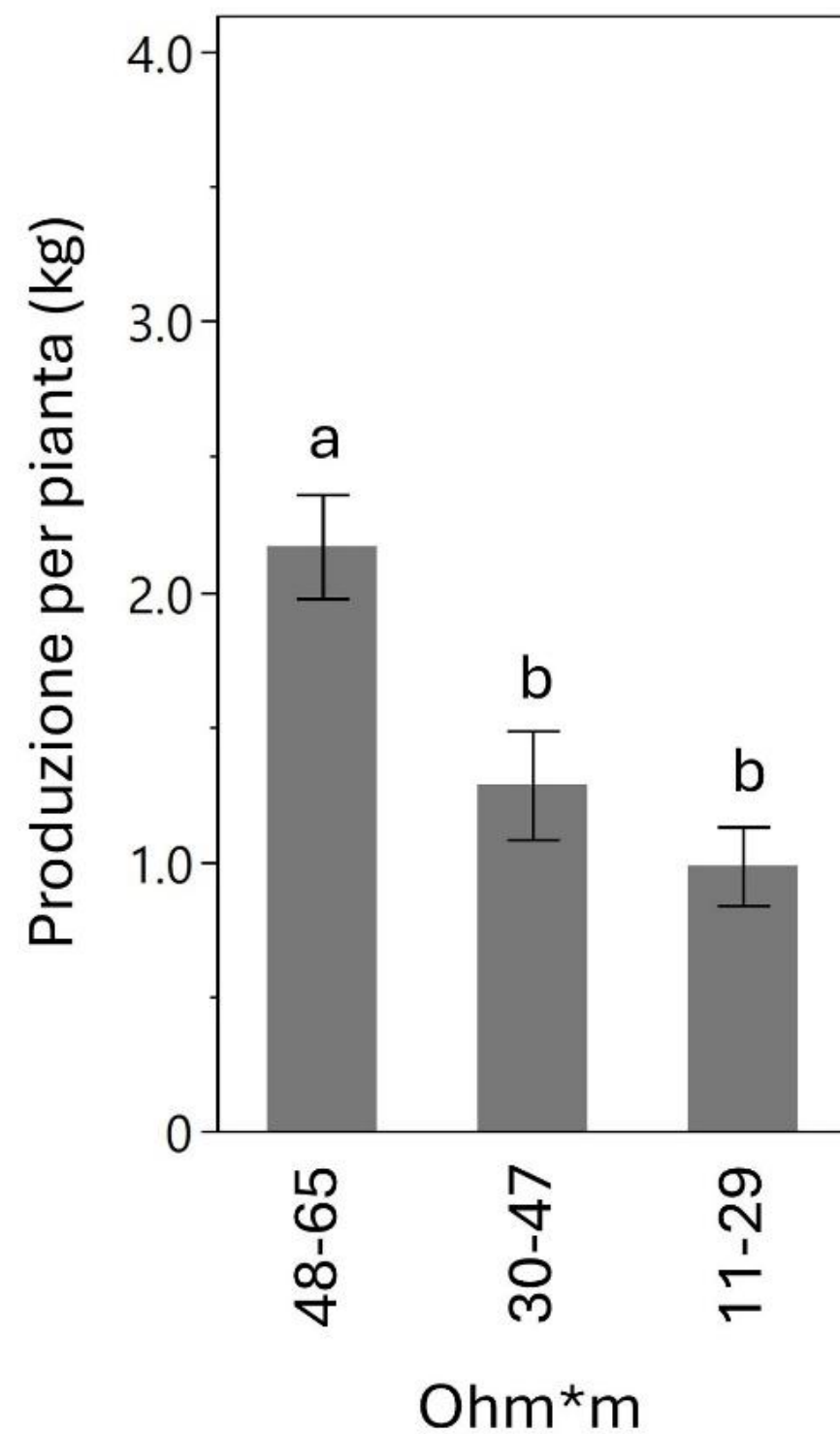




## Andamento stagionale produzione per pianta

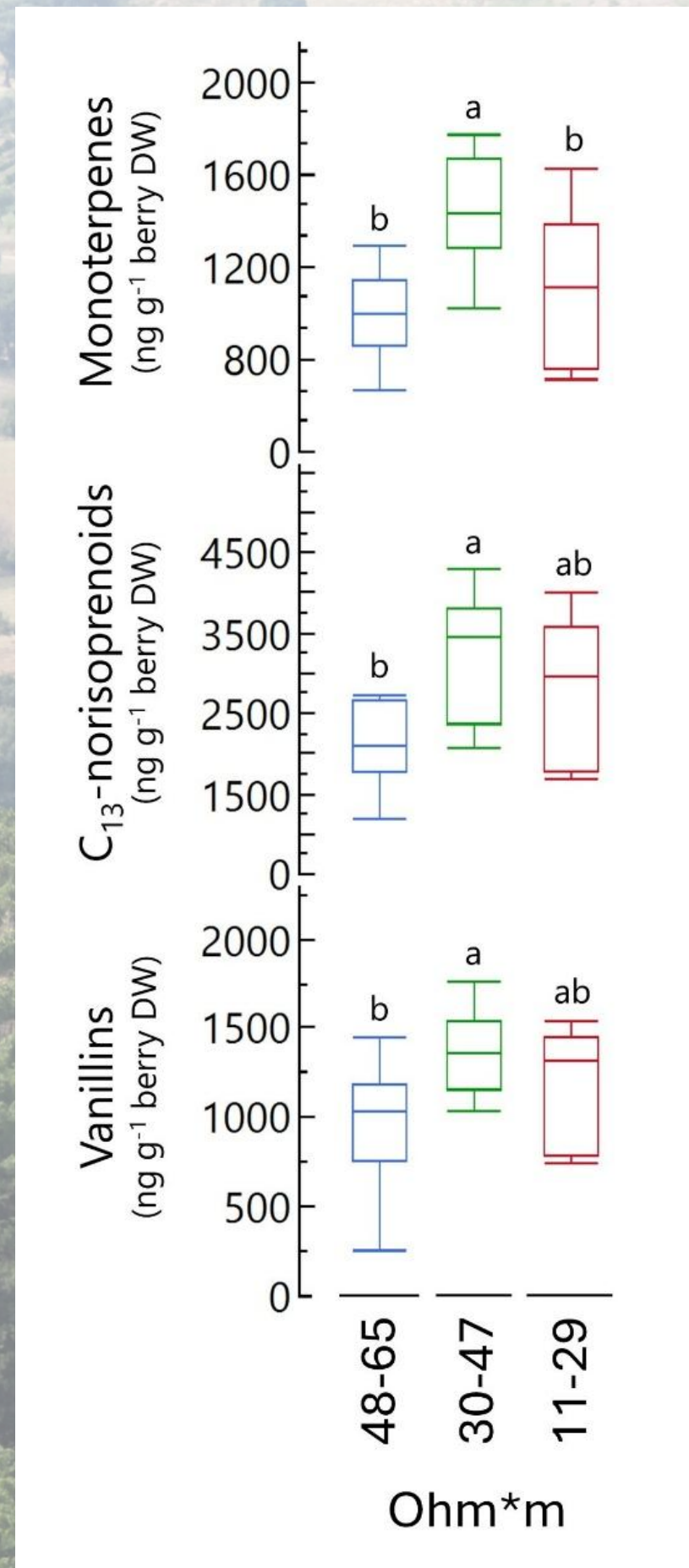




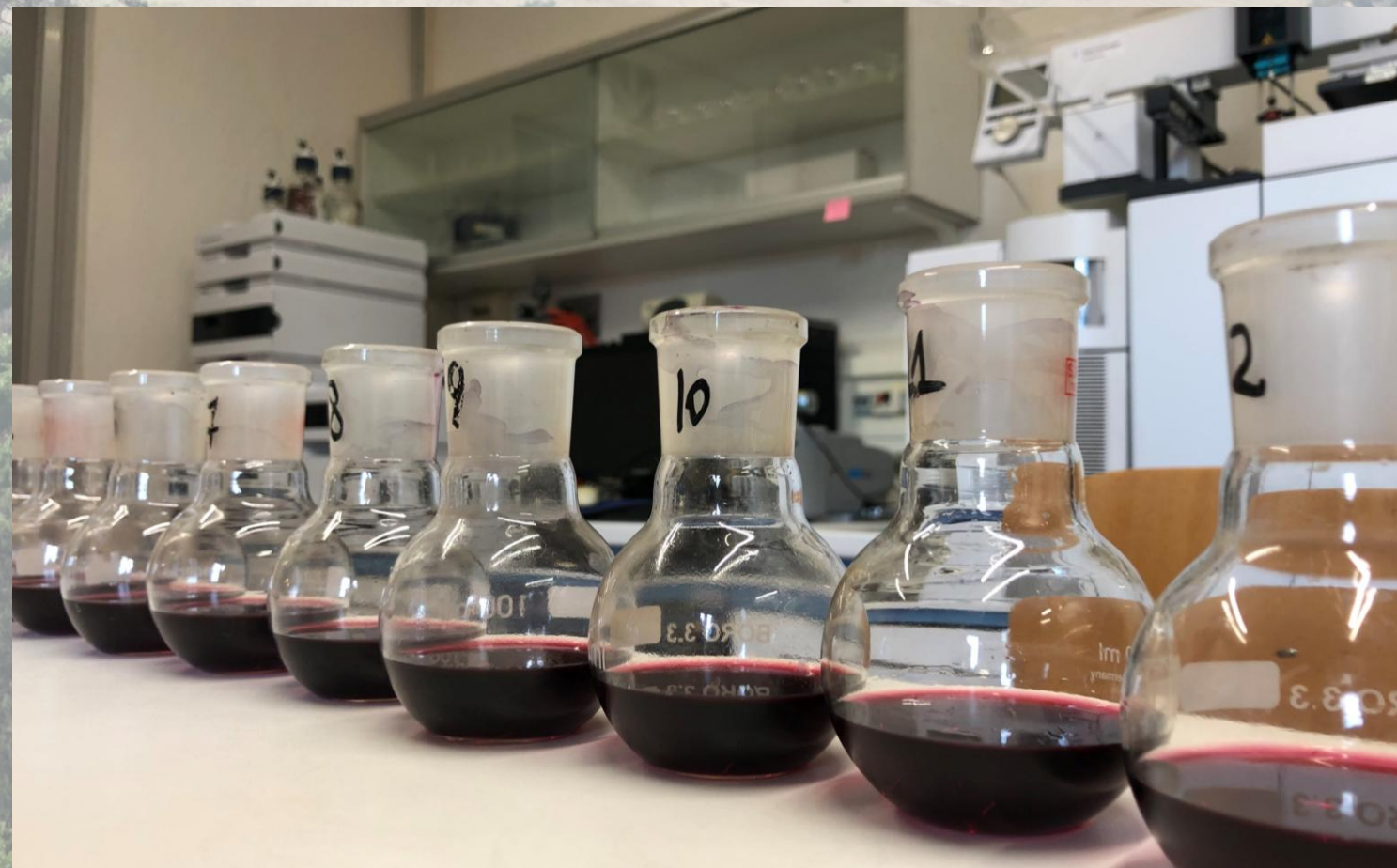


- **Relazione inversa tra resistività e produzione:** I suoli con resistività più elevata ( $>48 \text{ Ohm}\cdot\text{m}$ ) sono associati a una produzione maggiore di uva per pianta, con una media superiore ai 2 kg/pianta, suggerendo una migliore capacità di ritenzione idrica e condizioni favorevoli per la vite.
- **Effetto della bassa resistività sulla produzione:** I suoli con resistività bassa ( $11\text{--}29 \text{ Ohm}\cdot\text{m}$ ) presentano la produzione più bassa, intorno a 1 kg/pianta, associata a suoli più sciolti o sabbiosi, con scarsa capacità di trattenere l'umidità, che porta a stress idrico durante l'estate.
- **Classi intermedie:** I suoli con resistività intermedia ( $30\text{--}47 \text{ Ohm}\cdot\text{m}$ ) mostrano una produttività inferiore, circa 1.4 kg/pianta, indicando una condizione intermedia tra i suoli con alta e bassa resistività, con capacità idrica limitata.





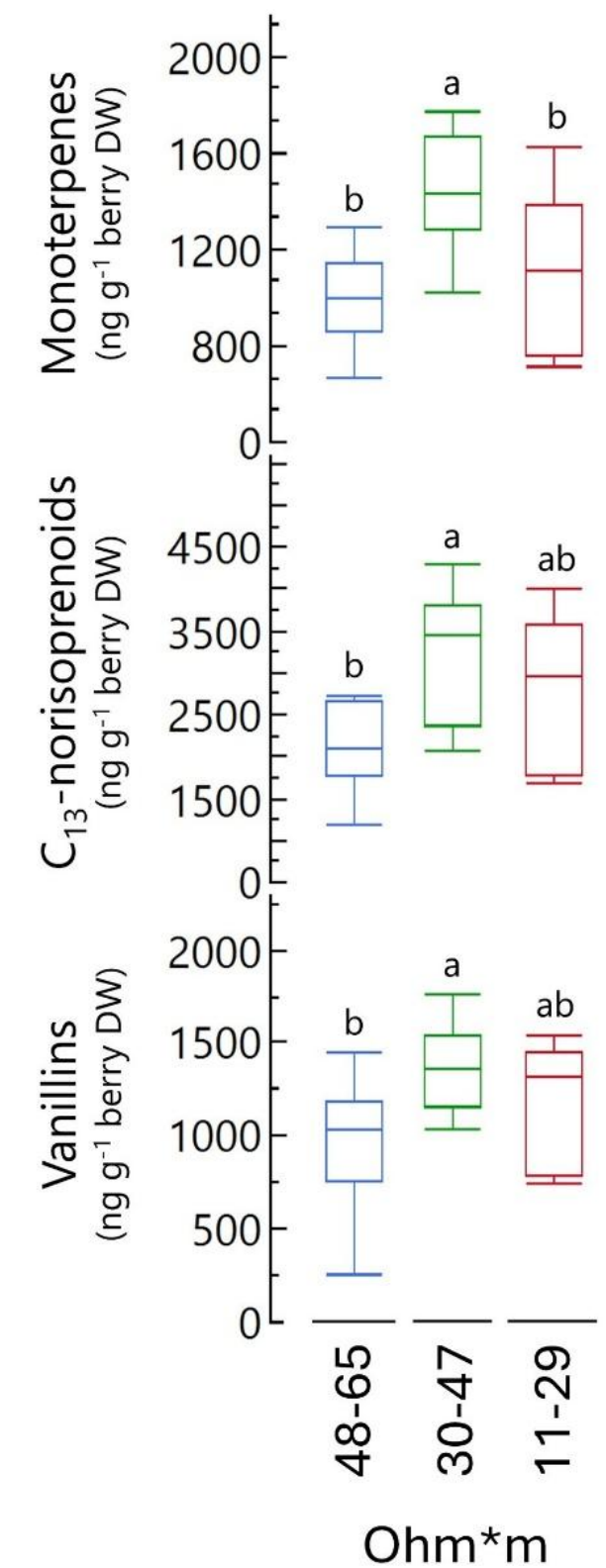
## Accumulo aromi glicosilati uve





## Resistività elettrica del suolo vs accumulo di composti aromatici glicosilati nelle uve, in particolare monoterpeni, C<sub>13</sub>-norisoprenoidi e vanilline.

- **Risultati per le diverse zone:** Le zone con resistività media (30–47 Ohm·m) hanno mostrato le concentrazioni più elevate di composti aromatici, suggerendo un equilibrio ottimale tra disponibilità idrica e stimolo metabolico dovuto a stress moderato.
- **Effetto delle zone con bassa e alta resistività:** Le zone a bassa resistività (11–29 Ohm·m) mostravano concentrazioni medie elevate, ma con elevata variabilità, mentre le zone a alta resistività (48–65 Ohm·m) avevano le concentrazioni più basse, indicando che il minor stress idrico non favorisce la sintesi di metaboliti aromatici.





## Spunti Conclusivi

- Gli indici telerilevati hanno consentito un monitoraggio su larga scala della variabilità intravigneto, identificando zone con diversa vigoria e stato idrico.
- I sensori di proximal sensing hanno fornito un'analisi continua e di dettaglio a livello di pianta, affinando il monitoraggio.
- La zonazione basata sulla resistività elettrica apparente del suolo ha permesso di individuare aree del vigneto con risposte vegetative, fisiologiche e produttive differenti.
- La stessa zonazione ha consentito anche di valutare l'impatto della variabilità del suolo su alcuni metaboliti chiave legati alla qualità delle uve e dei vini.



PSR 2014-2022 MISURA 16.2 Annualità 2022  
progetto

## **PRECISIAMO**

La gestione **PRECISa** del vigneto per il miglioramento del profilo **Aromatico** del **MO**rellino di Scansano

**Mercoledì, 30 aprile 2025 ore 9:30** Presso Consorzio Tutela Morellino di Scansano – Via XX Settembre, 36 Scansano (GR)

**Gestione del profilo qualitativo e aromatico delle uve di  
Sangiovese attraverso il monitoraggio preciso della variabilità in vigneto**

**Giacomo Palai, Vincenzo Tosi, Giovanni Caruso, Claudio D'Onofrio**  
Università di Pisa

