

# ***Approccio integrato all'agricoltura di precisione nella moderna azienda cerealicola pugliese***

## ***Acronimo: AdP4Durum***

Modulo 3 APPLICAZIONI DI AGRICOLTURA DI PRECISIONE

Incontro 2 LA MAPPATURA DELLE PRODUZIONI: CASI STUDIO PER I CEREALI



# AdP4 DURUM



REGIONE PUGLIA

Progetto realizzato con finanziamento della  
Regione Puglia - Legge regionale n. 55/2018  
"Avviso pubblico per la presentazione di Progetti  
pilota per la promozione e lo sviluppo  
dell'Agricoltura di Precisione

**Elio Romano**

*CREA Centro di Ricerca Ingegneria e trasformazioni agroalimentari*



19 gennaio 2023



Partner di progetto

**HORT@**  
From research to field

**CAIONE**  
La Quercia Soc. Coop. Agricolo

**CON.CER**  
ORGANIZZAZIONE DI PRODUTTORI



## La sede di Treviglio, le origini: ISMA → CRA → CREA

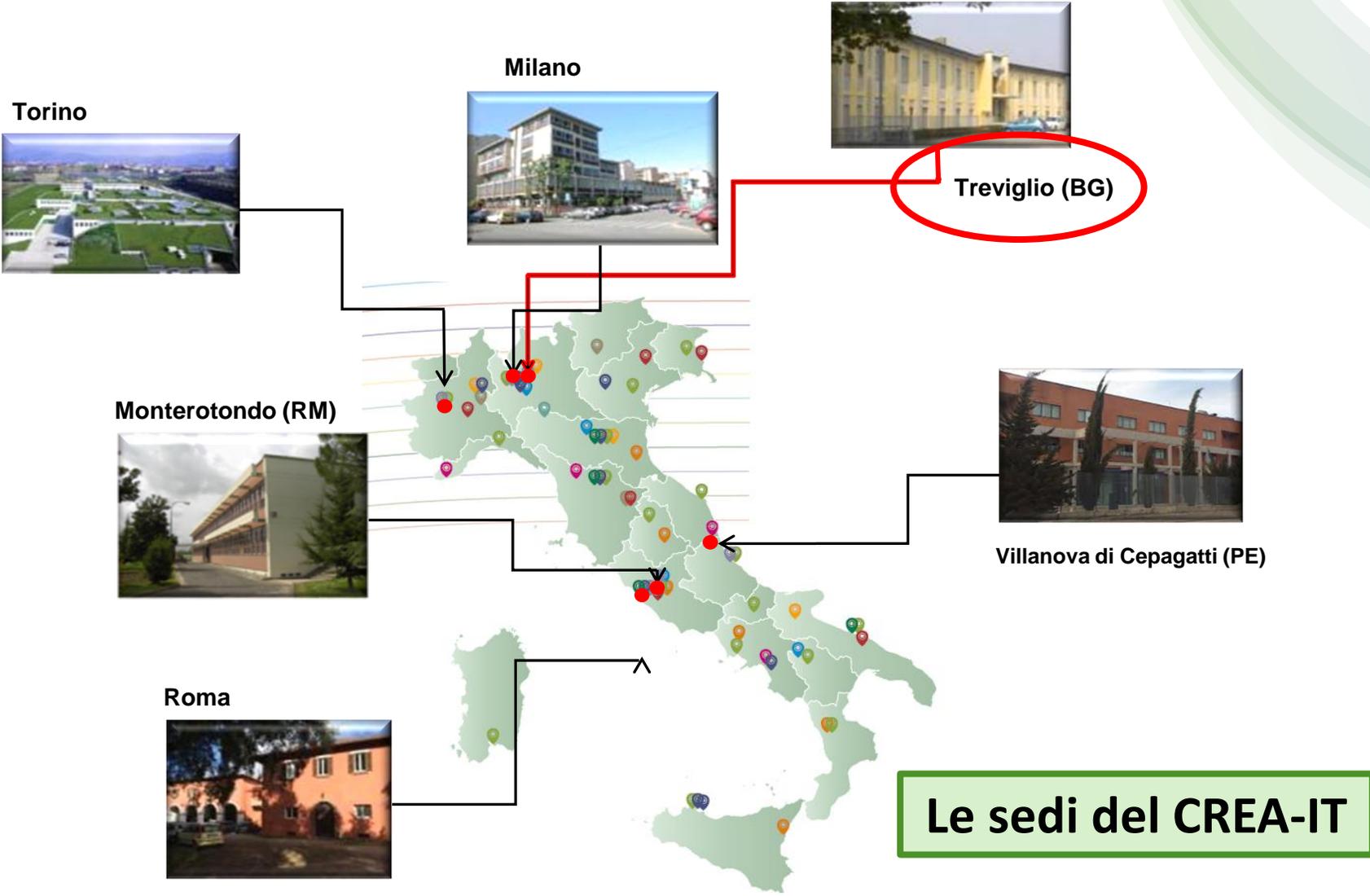
1920: nasce l'ISMA a Milano, la **transizione** verso l'introduzione delle macchine in agricoltura.

1957: trasferimento a Treviglio nella nuova sede, la **transizione** verso la ricerca sulle macchine, l'ergonomia e l'armonizzazione delle prove a livello internazionale (OCDE).

1990-2017: riforme varie fino alla creazione del CREA e dei **12 Centri di ricerca**, la **transizione** verso l'economia circolare e il digitale.



# Centro di ricerca Ingegneria e Trasformazioni Agroalimentari



Progetto realizzato con finanziamento della Regione Puglia - Legge regionale n. 55/2018  
\*Avviso pubblico per la presentazione di Progetti pilota per la promozione e lo sviluppo dell'Agricoltura di Precisione



Partner di progetto  
**HORT@**  
From research to field

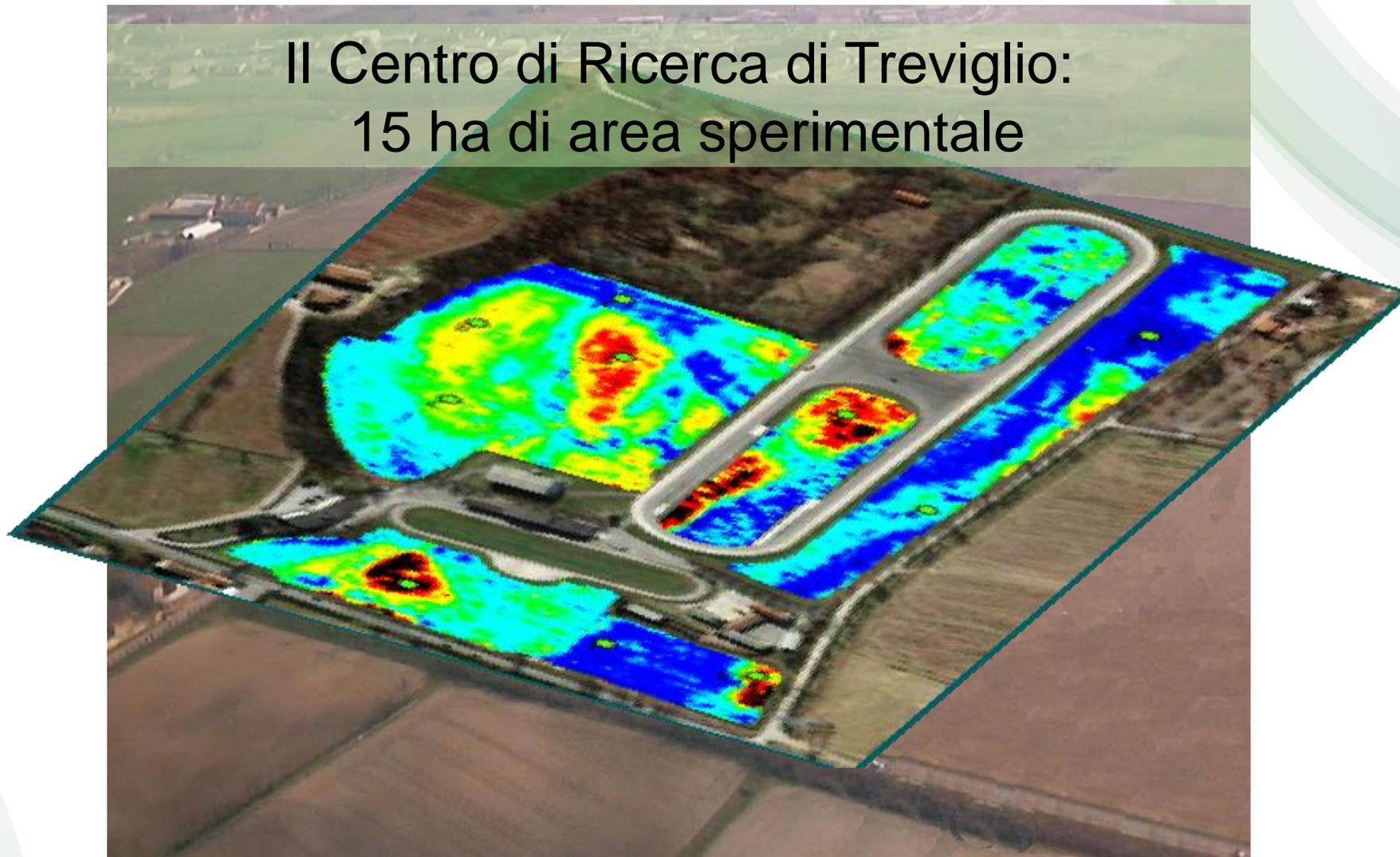
**CAIONE CON.CER**  
La Quercia Soc. Coop. Agricoli ORGANIZZAZIONE DI PRODUTTORI



# CREA-IT Treviglio (Bg)

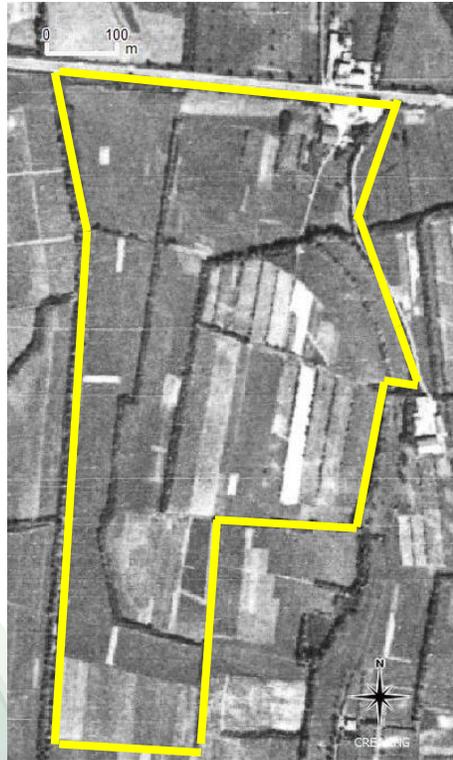


# Il Centro di Ricerca di Treviglio: 15 ha di area sperimentale



# Variabilità del terreno

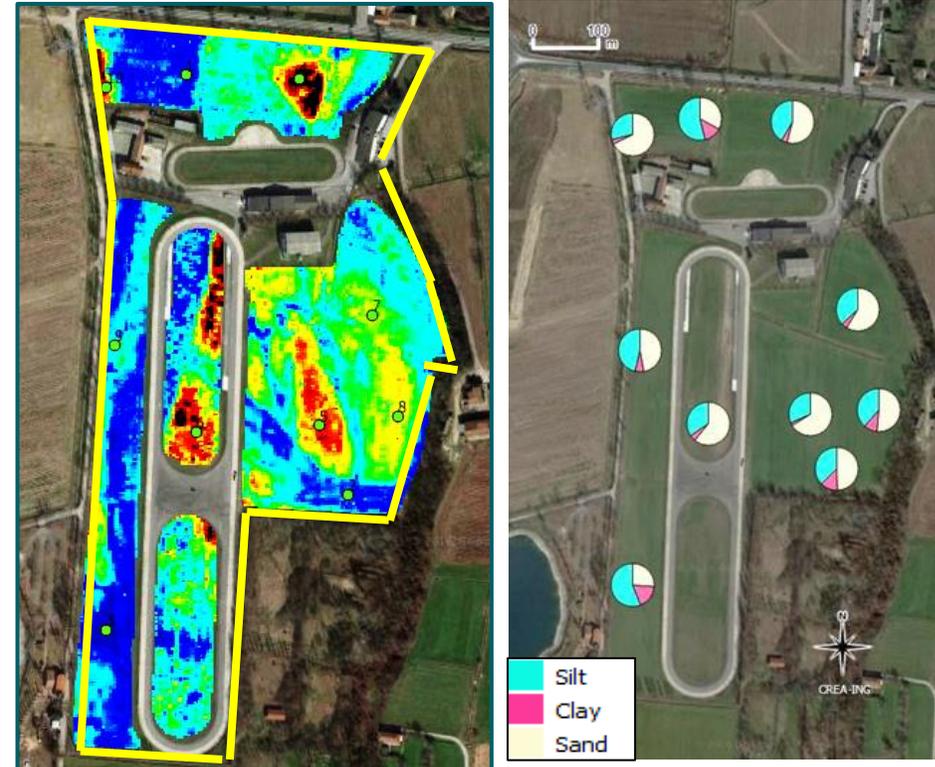
1954



2014



2016



1. I sistemi di geolocalizzazione in agricoltura

2. Mappatura delle produzioni

3. Integrazione delle mappe da diverse fonti

4. Applicazione delle mappe per il VRT



Progetto realizzato con finanziamento della Regione Puglia - Legge regionale n. 55/2018  
\*Avviso pubblico per la presentazione di Progetti pilota per la promozione e lo sviluppo dell'Agricoltura di Precisione



Partner di progetto  
HORT@  
— From research to field —

CAIONE  
La Quercia Soc. Coop. Agricoli

CON.CER  
ORGANIZZAZIONE DI PRODUTTORI



# 1. I sistemi di geolocalizzazione in agricoltura



Progetto realizzato con finanziamento della Regione Puglia - Legge regionale n. 55/2018  
\*Avviso pubblico per la presentazione di Progetti pilota per la promozione e lo sviluppo dell'Agricoltura di Precisione



Partner di progetto  
**HORT@**  
— From research to field —

**CAIONE**  
La Quercia Soc. Coop. Agricoli

**CON.CER**  
ORGANIZZAZIONE DI PRODUTTORI

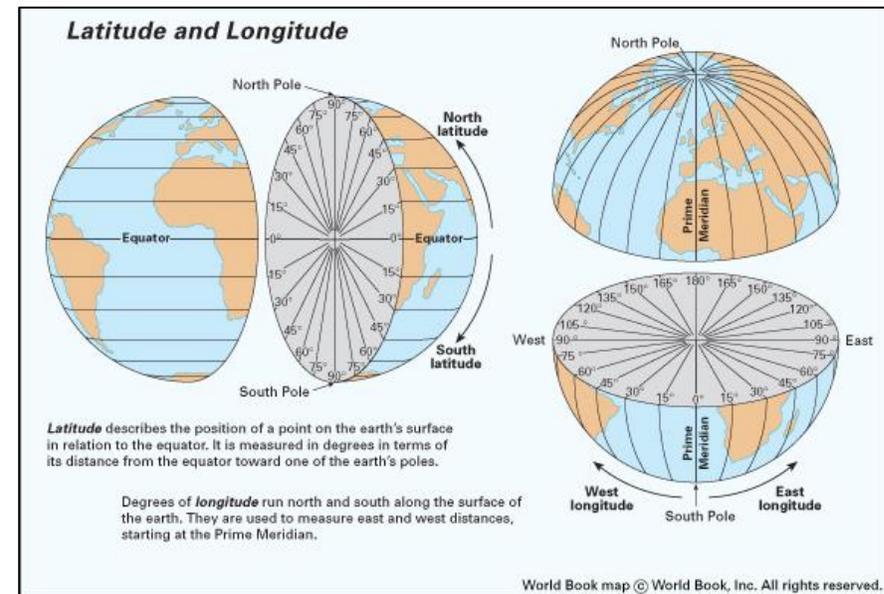


# I sistemi di posizionamento satellitare

- Il posizionamento satellitare si basa sulla ricezione di segnali a radiofrequenza provenienti da satelliti artificiali in orbita che permettono di stimare le coordinate tridimensionali di latitudine, longitudine e altitudine su un qualunque punto della superficie terrestre o dell'atmosfera con un errore prevedibile di qualche cm/metro
- La strumentazione necessaria all'utente per poter fruire di questo servizio è un ricevitore in grado di elaborare i segnali ricevuti dai satelliti in orbita attorno alla terra



<https://www.istockphoto.com/it/foto/ricevitore-gps-e-mappa-gm505850442-83899221>



<https://fitz6.wordpress.com/2015/03/11/longitude-and-latitude/>

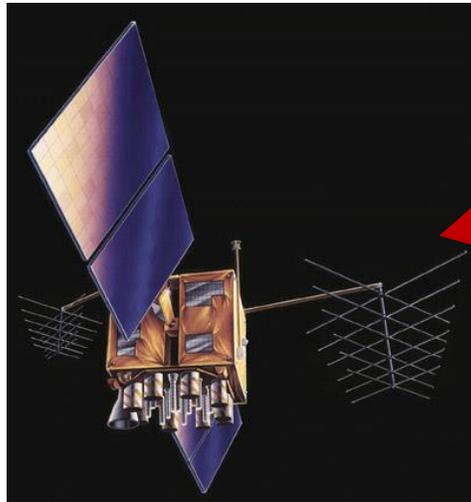
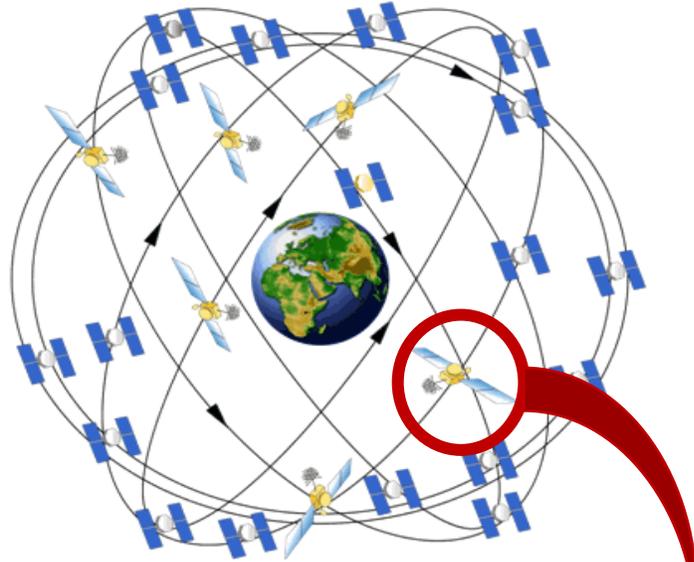
# Il sistema di posizionamento Navstar-GPS



- Nel 1973 fu varato il progetto Navstar GPS, acronimo di "NAVigation Satellite Time and Ranging Global Positioning System"
- Il NAVSTAR Global Positioning System (GPS) è un sistema di navigazione spaziale in grado di operare in ogni condizione meteo, sviluppato dal Dipartimento di Difesa Americano per soddisfare le richieste delle forze armate per stimare accuratamente la loro posizione, velocità e tempo in un comune sistema di riferimento, ovunque e indifferentemente sulla Terra o sopra di essa [Wooden, 1985]

# Segmento spaziale del sistema Navstar GPS

## Segmento spaziale



- Il segmento spaziale del sistema comprende ad oggi 32 satelliti (24 pienamente operativi e 8 tra satelliti di scorta o a fine vita)
- Orbitano ad una quota di 20.200 km su 6 piani inclinati ed inclinati rispetto al piano equatoriale di 55°
- I satelliti seguono un'orbita circolare e ripetono lo stesso percorso nel cielo dopo un giorno siderale
- Equipaggiati con orologi atomici che sfruttano le oscillazioni di atomi di cesio e di rubidio per la trasmissione dei segnali e pannelli solari

[https://www.e-education.psu.edu/natureofgeoinfo/c5\\_p15.html](https://www.e-education.psu.edu/natureofgeoinfo/c5_p15.html)

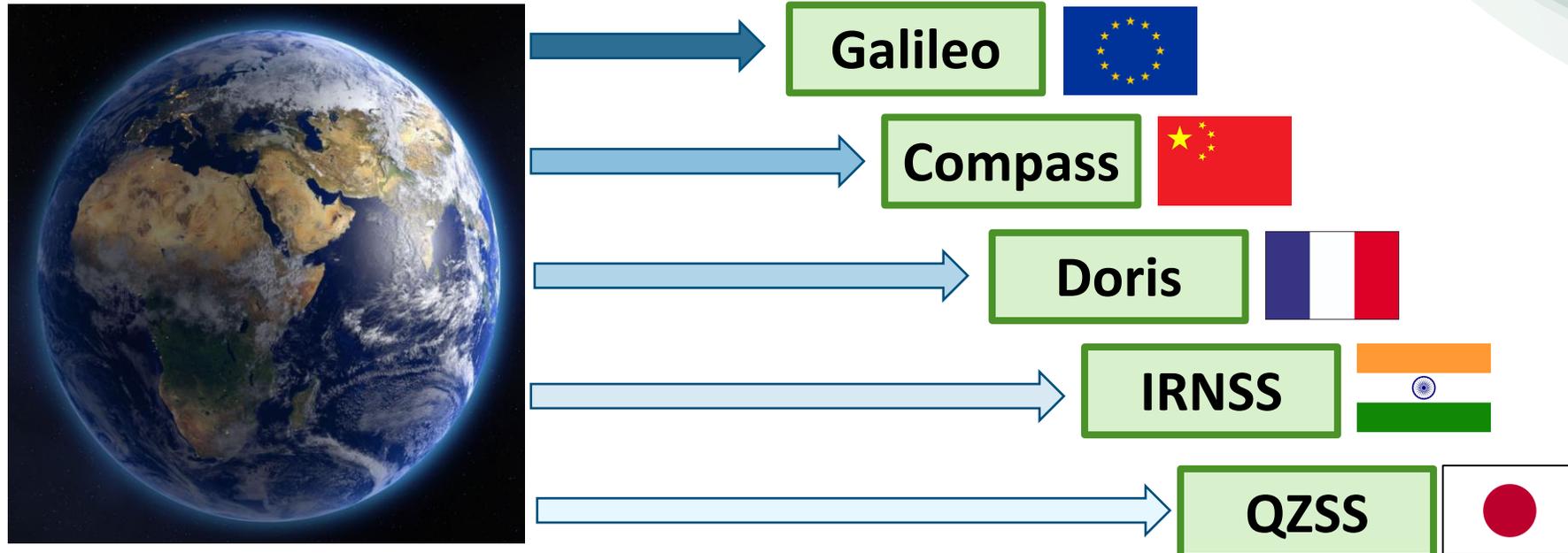
# Il sistema di posizionamento Glonass



- Nel 1982 fu varato il sistema di navigazione russo Glonass, acronimo di "GLObal NAVigation Satellite System"
- Raggiunse la piena operatività nel 1995, per poi subire un lento degrado a causa delle vicissitudini che colpirono l'allora Unione Sovietica
- Il segmento spaziale comprende 31 satelliti, 24 di questi operativi e 4 di scorta orbitanti su tre piani orbitali ad una quota di 19100 km
- 3 generazioni di satelliti (l'ultimo GLONASS-K con aspettativa 10 anni)
- L'intero segmento di controllo si trova sul territorio dell'ex-Unione Sovietica

# Altri sistemi di posizionamento satellitare

- Nonostante gli USA abbiano dichiarato di offrire il servizio GPS gratuitamente a tutti gli utenti, mantenendo sempre aggiornato il sistema, la preoccupazione che sensibili attività civili debbano dipendere da un sistema controllato da forze militari di un unico Paese, portò altri a sviluppare, un proprio sistema di navigazione satellitare



- GNSS, Global Navigation Satellite System, ossia la possibilità di impiegare contemporaneamente i segnali acquisiti dalle costellazioni globali operative e future anche agli accordi effettuati tra i vari gestori di tali sistemi per garantire la massima compatibilità e interoperabilità

# I sistemi Galileo e Compass

- **Galileo:** Progettato nel 2002 dall'Agencia Spaziale Europea e dalla Commissione Europea esclusivamente per scopi civili. Il sistema ad oggi conta 8 satelliti in orbita, e a regime sarà costituito da 30 satelliti orbitanti ad una quota di circa 24000 km dalla superficie terrestre. Compatibile con il Navstar-GPS in modo da consentire una maggiore accuratezza nella geolocalizzazione degli utenti rispetto a quella fornita dal solo sistema GPS statunitense



- **Compass:** Progettato dalla Repubblica Popolare Cinese, ad oggi comprende 9 satelliti mentre a regime sarà costituito da 30 satelliti orbitanti a circa 21500 km dalla Terra. Il sistema offrirà due tipi di servizio: uno ad alta precisione il cui uso sarà riservato alle forze armate cinesi ed a quelle pakistane, ed uno che sarà aperto all'uso civile

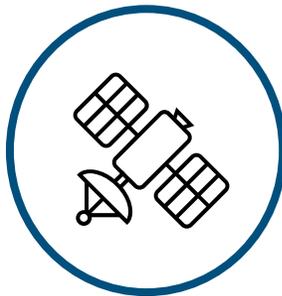
# Trilaterazione per il calcolo della posizione di un ricevitore

Come posso conoscere una posizione sulla superficie terrestre??

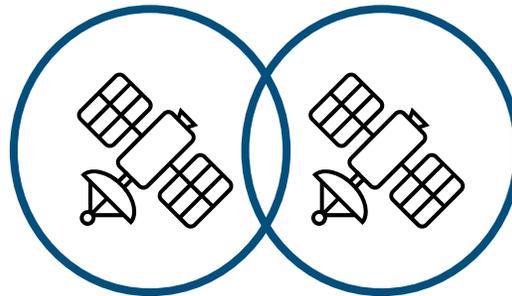


Come posso determinare latitudine, longitudine e altitudine di un ricevitore

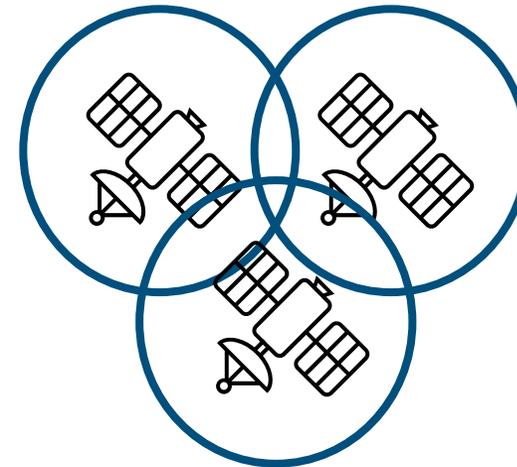
- Tutti i satelliti inviano simultaneamente a terra un segnale che contiene dei parametri di navigazione, a partire dai quali è possibile determinare la loro posizione nello spazio
- Queste posizioni corrispondono al centro di sfere, mentre i raggi rappresentano la distanza da satellite al ricevitore



1 satellite



2 satelliti



3 satelliti

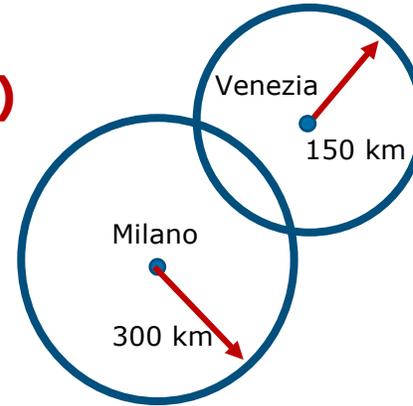
# Esempio per capire trilaterazione



1)



2)



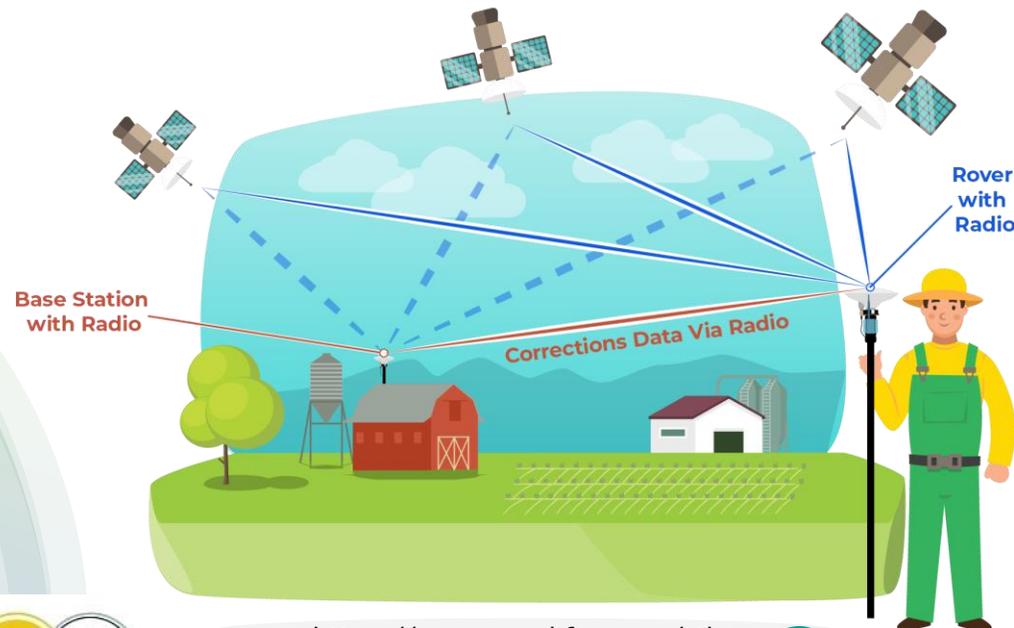
3)



- Nella realtà, il calcolo viene fatto nello spazio tridimensionale per cui invece dei cerchi dobbiamo immaginare delle sfere che si intersecano tra loro fino ad identificare un unico punto
- La Terra stessa può fungere da quarta sfera, infatti solo uno dei due possibili punti potrà trovarsi sulla superficie del pianeta, in modo tale che sarà possibile eliminare quello nello spazio.

# Real-time Kinematic positioning (RTK)

- La correzione differenziale cinematica in tempo reale usa un segnale radio inviato al ricevitore da una stazione MASTER a breve distanza
- Permette una precisione nei ricevitori a singola frequenza inferiore ai 20cm, nei ricevitori a doppia frequenza al centimetro
- Migliori prestazioni offerte, ma costoso per l'impiego dei ricevitori MASTER e ROVER in doppia frequenza, e dei sistemi di trasmissione dati per mantenere i due in comunicazione tra loro (radio modem)
- ROVER stima le proprie coordinate in posizionamento assoluto, corrette poi da una correzione differenziale calcolata da una stazione MASTER



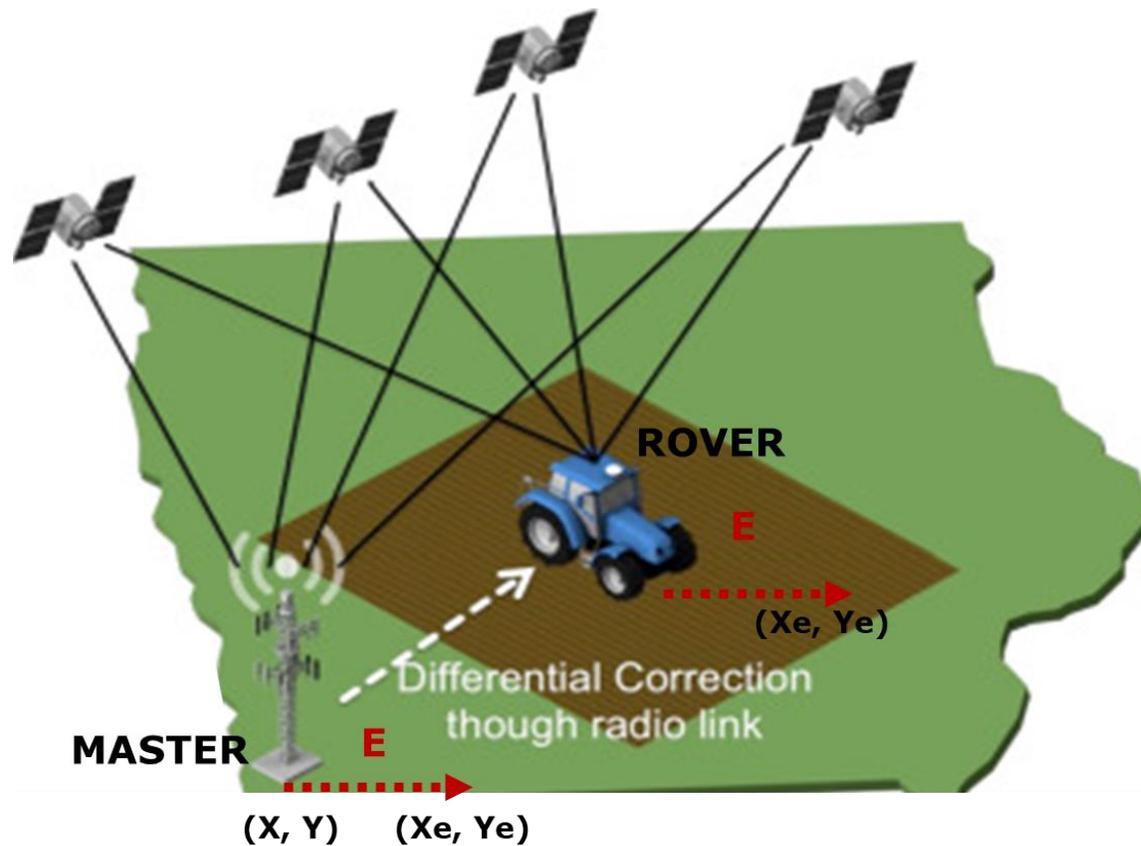
<https://www.sparkfun.com/rtk>

## Svantaggi

- 1 Requisito di distanza tra Master e Rover che ne limita l'uso per aziende agricole grandi o sparse
- 2 Elevati costi di capitale

# MASTER e ROVER: esempio grafico

- Correzione differenziale in tempo reale dove il ricevitore master è in grado di calcolare istante per istante l'errore tra la propria posizione reale e quella calcolata a seguito della trilaterazione. Lo stesso errore viene applicato allo stesso istante di tempo al ricevitore rover



# I sistemi di guida applicati alle macchine agricole

## Cosa serve?



Ricevitore GNSS



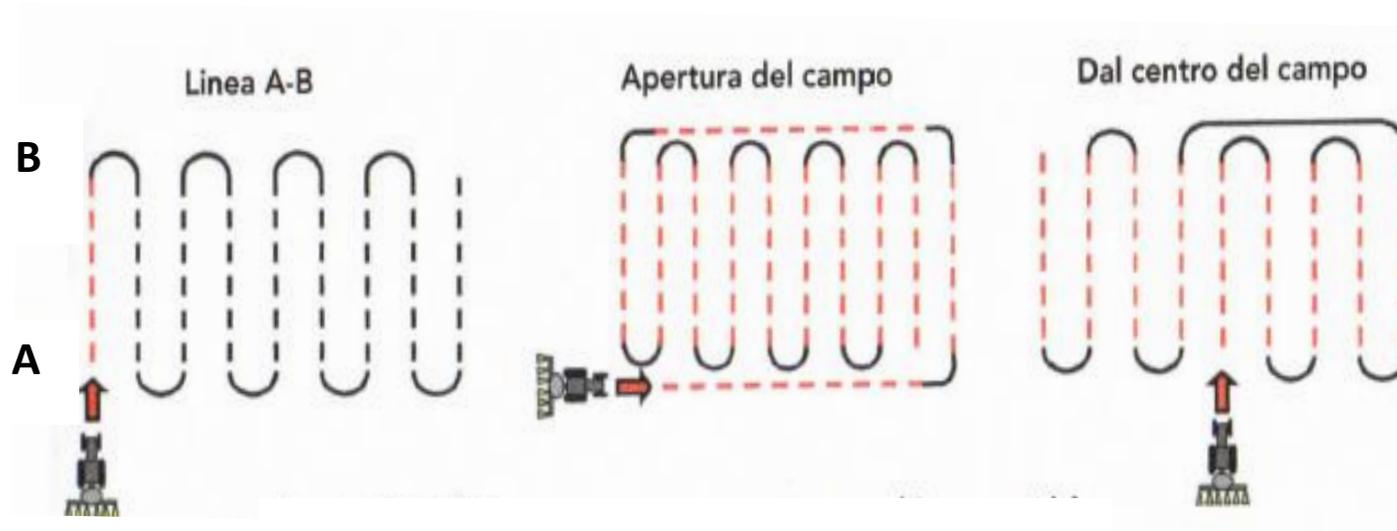
Computer di bordo (ECU)



Interfaccia grafica

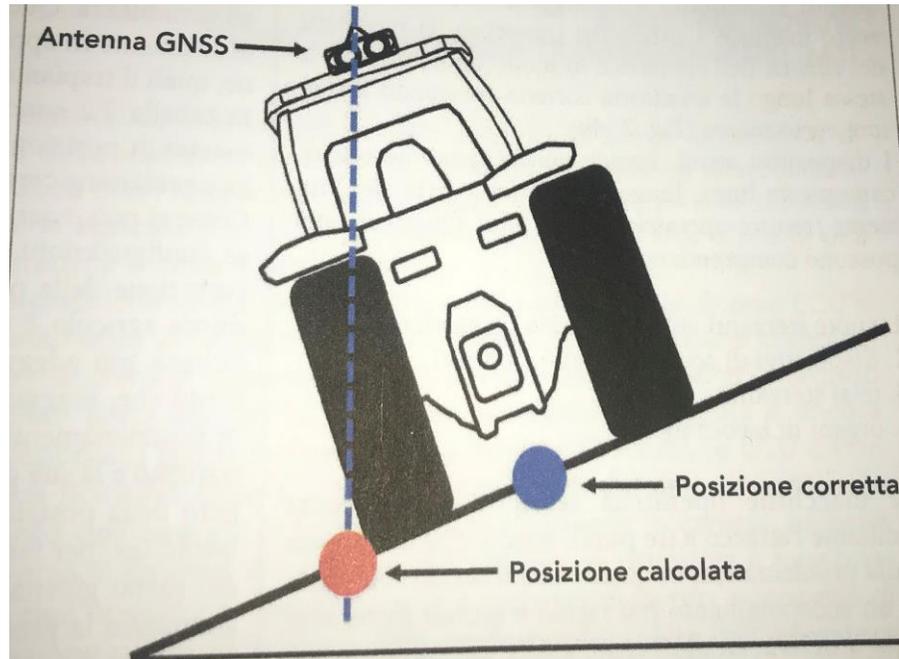
# Traiettoria lineare

L'operatore fissa il punto iniziale (A) e il punto finale (B) della prima passata. Vengono così generate automaticamente le traiettorie ad esse parallele con distanza pari alla larghezza di lavoro della macchina operatrice.



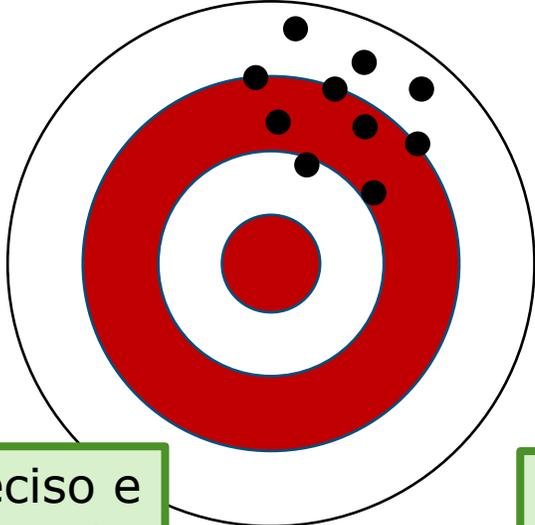
## 1. Correzione del posizionamento

L'antenna GNSS è installata sulla sommità della cabina del trattore. La ricezione del segnale è ottima; tuttavia, in terreni declivi la distanza da suolo può creare pesanti errori nel calcolo della posizione.

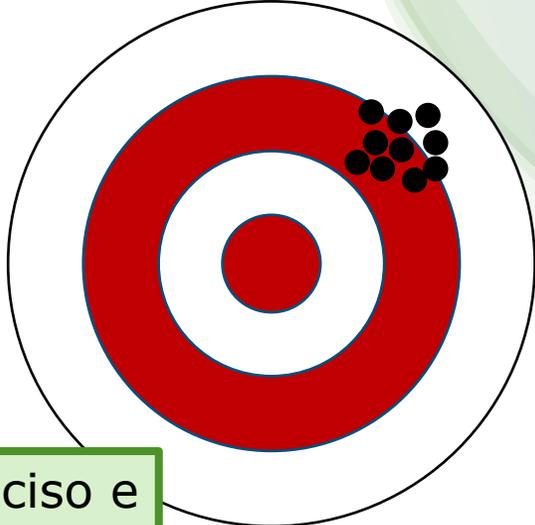


I sistemi di guida sono implementati con giroscopi o accelerometri in grado di misurare la pendenza e compensare l'errore con opportuni algoritmi.

# Calibrazione e taratura



Poco preciso e poco accurato



Molto preciso e poco accurato



Poco preciso e molto accurato



Molto preciso e molto accurato



Progetto realizzato con finanziamento della Regione Puglia - Legge regionale n. 55/2018  
\*Avviso pubblico per la presentazione di Progetti pilota per la promozione e lo sviluppo dell'Agricoltura di Precisione



Partner di progetto  
HORT@  
From research to test

CAIONE CON.CER  
La Quercia Soc. Coop. Agricoli ORGANIZZAZIONE DI PRODUTTORI

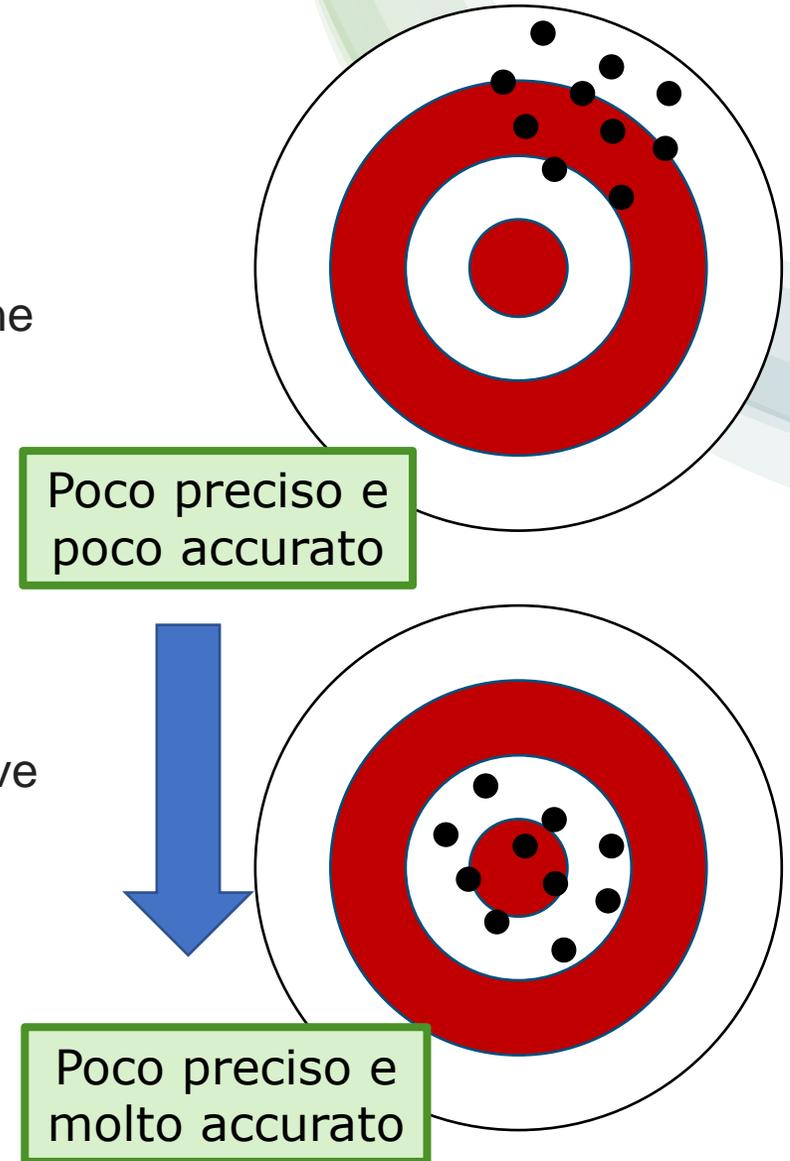


# Calibrazione e Taratura

La **calibrazione** è l'operazione in cui uno [strumento di misura](#) viene regolato in modo da migliorarne l'[accuratezza](#). L'operazione richiede il confronto con delle misure di riferimento prodotte utilizzando uno [strumento campione](#).

La calibrazione è un neologismo nato dall'italianizzazione del termine inglese *calibration* (che in realtà si traduce nell'italiano [taratura](#)); il termine inglese che identifica l'operazione descritta in questa voce è *adjustment* (spesso citato nelle normative internazionali). Nei testi italiani l'operazione è anche chiamata aggiustamento, regolazione o [impostazione](#).

Fonte: wikipedia

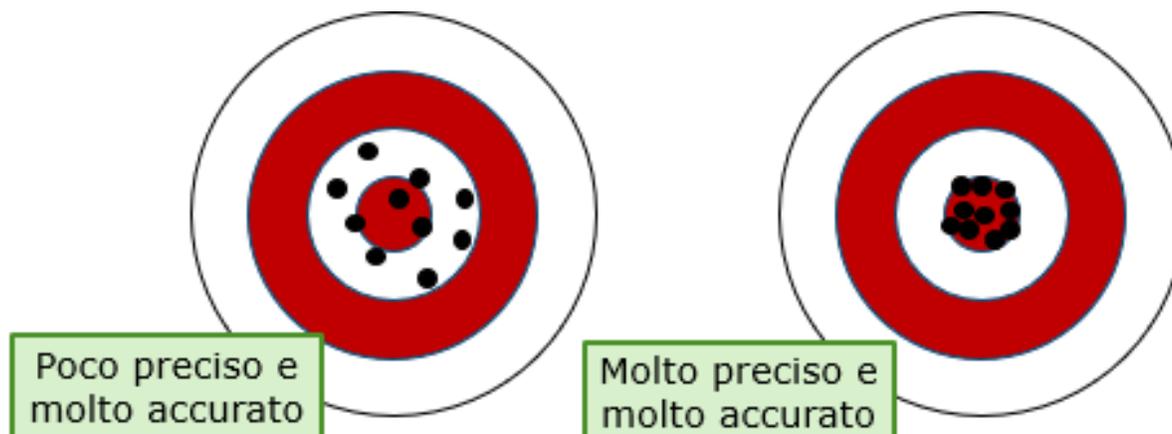


# Calibrazione e Taratura

È importante distinguere il concetto di calibrazione da quello di [taratura](#):

- la taratura è un'operazione che permette di definire le [caratteristiche metrologiche](#) di uno strumento, allo scopo di definirne la [precisione](#);
- la calibrazione ha come obiettivo quello di rendere lo strumento più accurato e spesso, conseguentemente, migliorarne la precisione (in particolare nella [strumentazione a lettura diretta](#)).

In altre parole, la prima determina le caratteristiche attuali dello strumento, mentre la seconda le migliora.



## 2. Mappatura delle produzioni



## Macchine semoventi per la raccolta

Le grandi macchine semoventi per la raccolta (mietitrebbie e/o falcia-trincia-caricatrici) possono essere implementate anch'esse con i sistemi di guida semi-automatica.

L'utilizzo di tale tecnologia permette un miglioramento della qualità del lavoro, evitando sovrapposizione delle passate.



Fonte: Class

# Non solo...



Progetto realizzato con finanziamento della Regione Puglia - Legge regionale n. 55/2018  
\*Avviso pubblico per la presentazione di Progetti pilota per la promozione e lo sviluppo dell'Agricoltura di Precisione



Partner di progetto  
**HORT@**  
From research to field

**CAIONE**  
La Quercia Soc. Coop. Agricoli

**CON.CER**  
ORGANIZZAZIONE DI PRODUTTORI



# Macchine semoventi per la raccolta

Sono presenti inoltre sensori che permettono una sincronizzazione tra la macchina di raccolta e il trattore con rimorchio per lo scarico del prodotto. Tali sensori sincronizzano velocità e sterzata tra le macchine, semplificando l'attività che deve svolgere l'operatore sul trattore garantendo un carico allineato all'interno del cassone.



Fonte: Deere

## E ancora...



Progetto realizzato con finanziamento della Regione Puglia - Legge regionale n. 55/2018  
\*Avviso pubblico per la presentazione di Progetti pilota per la promozione e lo sviluppo dell'Agricoltura di Precisione



Partner di progetto  
**HORT@**  
From research to field

**CAIONE**  
La Quercia Soc. Coop. Agricoli

**CON.CER**  
ORGANIZZAZIONE DI PRODUTTORI



## Macchine semoventi per la raccolta

Le macchine possono essere dotate di sensore NIR che analizza i principi alimentari presenti nel prodotto raccolto.

Tale sistema permette di effettuare un valutazione qualitativa del prodotto raccolto; non solo, nelle falcia-trincia-caricatrici esso, misurando l'umidità del prodotto regola in automatica la lunghezza di trinciatura.



Fonte: Deere

Inoltre, sono presenti sensori di resa possono, alla fine dell'operazione, restituirci una mappa delle produzioni in campo. Questo dato ci permette di effettuare valutazioni per la semina dell'anno successivo oppure può essere utilizzato per la creazione di mappe di prescrizione.

# Macchine semoventi per la raccolta



Fonte: Claas



Progetto realizzato con finanziamento della Regione Puglia - Legge regionale n. 55/2018  
\*Avviso pubblico per la presentazione di Progetti pilota per la promozione e lo sviluppo dell'Agricoltura di Precisione

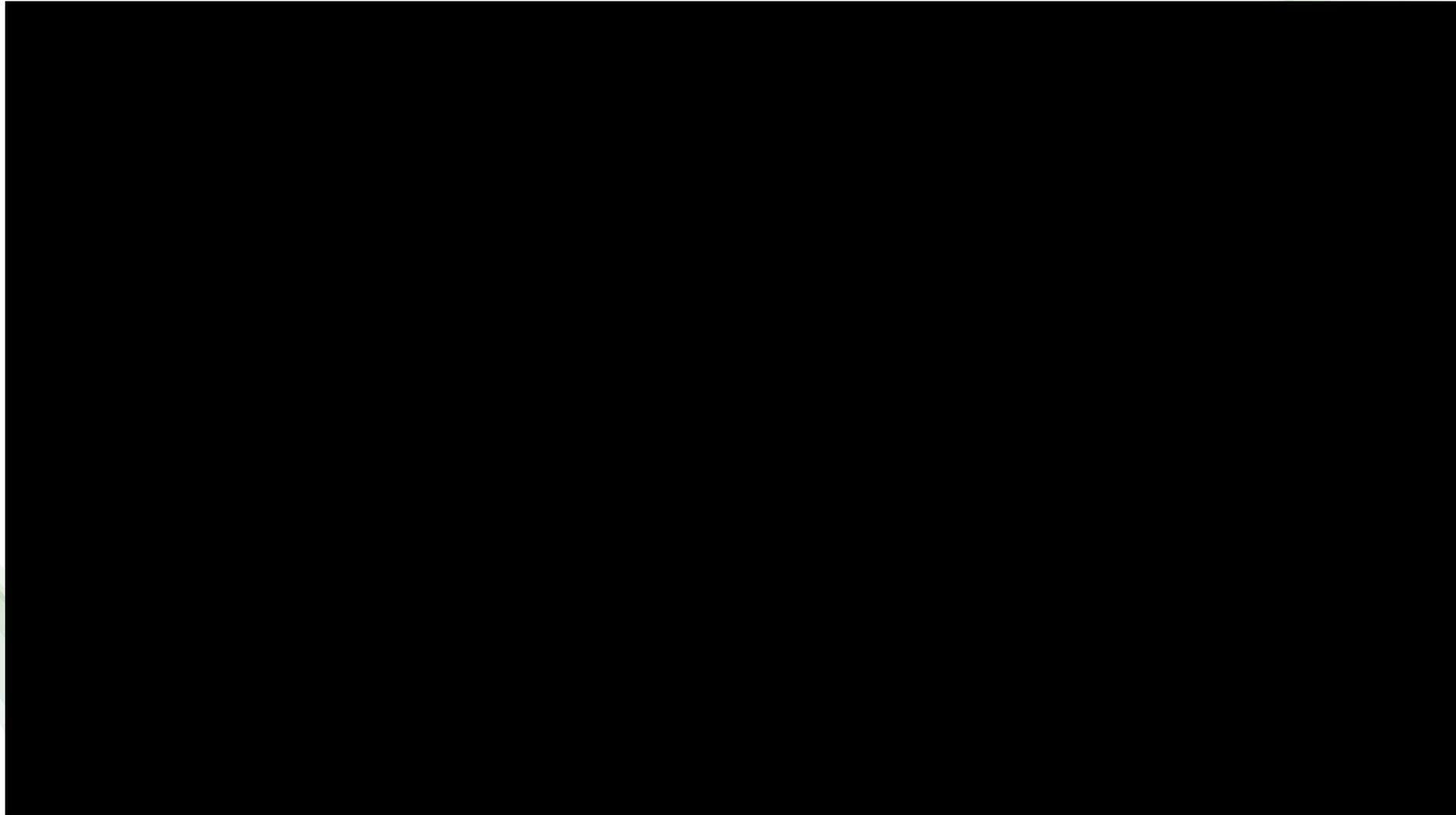


Partner di progetto  
**HORT@**  
— From research to field —

**CAIONE CON.CER**  
La Quercia Soc. Coop. Agricoli ORGANIZZAZIONE DI PRODUTTORI



# Macchine semoventi per la raccolta



Fonte: Deere



Progetto realizzato con finanziamento della Regione Puglia - Legge regionale n. 55/2018  
\*Avviso pubblico per la presentazione di Progetti pilota per la promozione e lo sviluppo dell'Agricoltura di Precisione



Partner di progetto  
**HORT@**  
From research to field

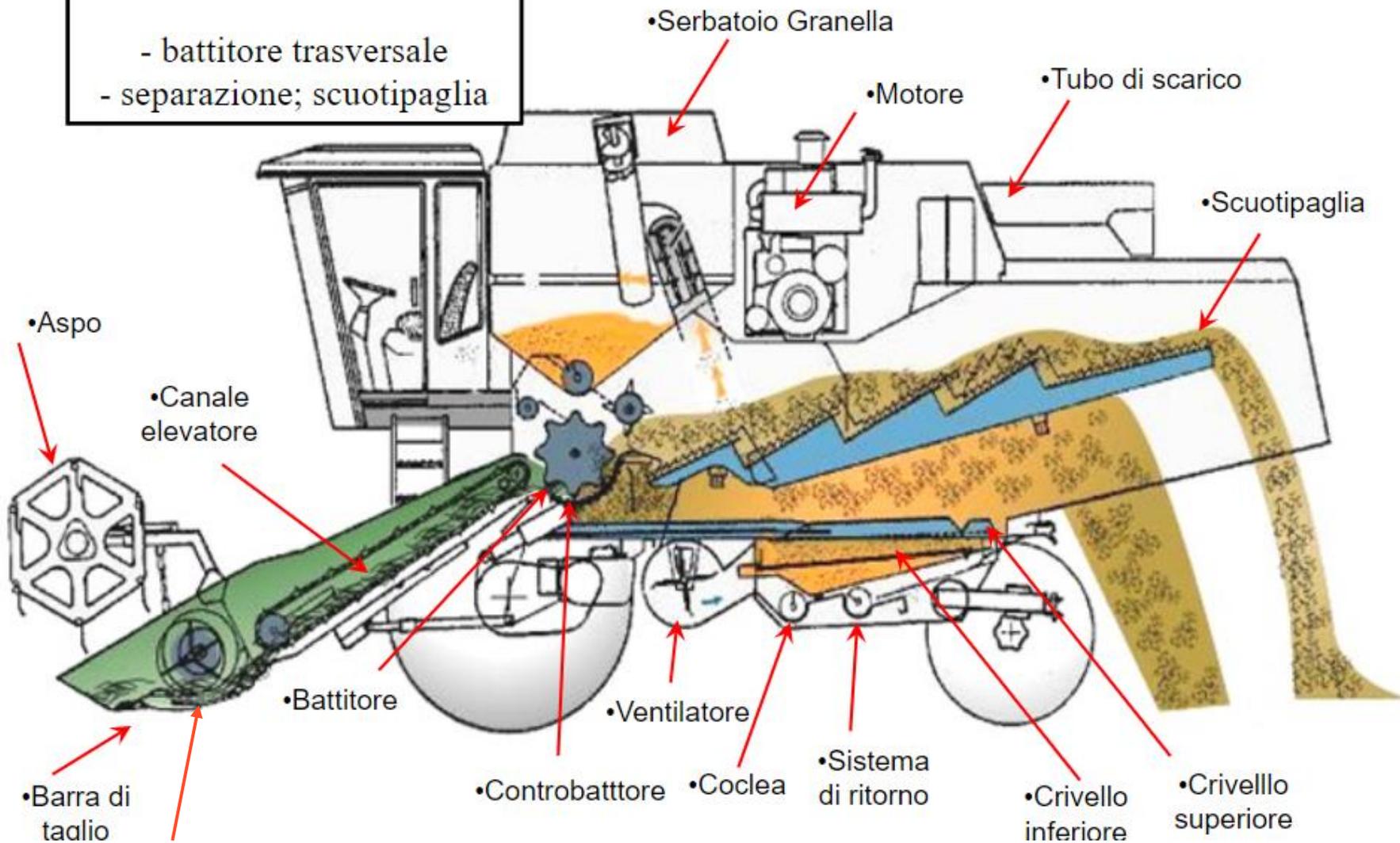
**CAIONE**  
La Quercia Soc. Coop. Agricoli

**CON.CER**  
ORGANIZZAZIONE DI PRODUTTORI



•Mietitrebbia convenzionale:

- battitore trasversale
- separazione; scuotipaglia



Convogliatore  
a coclea

Fonte: <https://slideplayer.it/slide/10397928/>

# La testata da grano



Composta da:

- Aspo abbattitore
- Barra falciante
- Coclea convogliatrice trasversale
- Elevatore



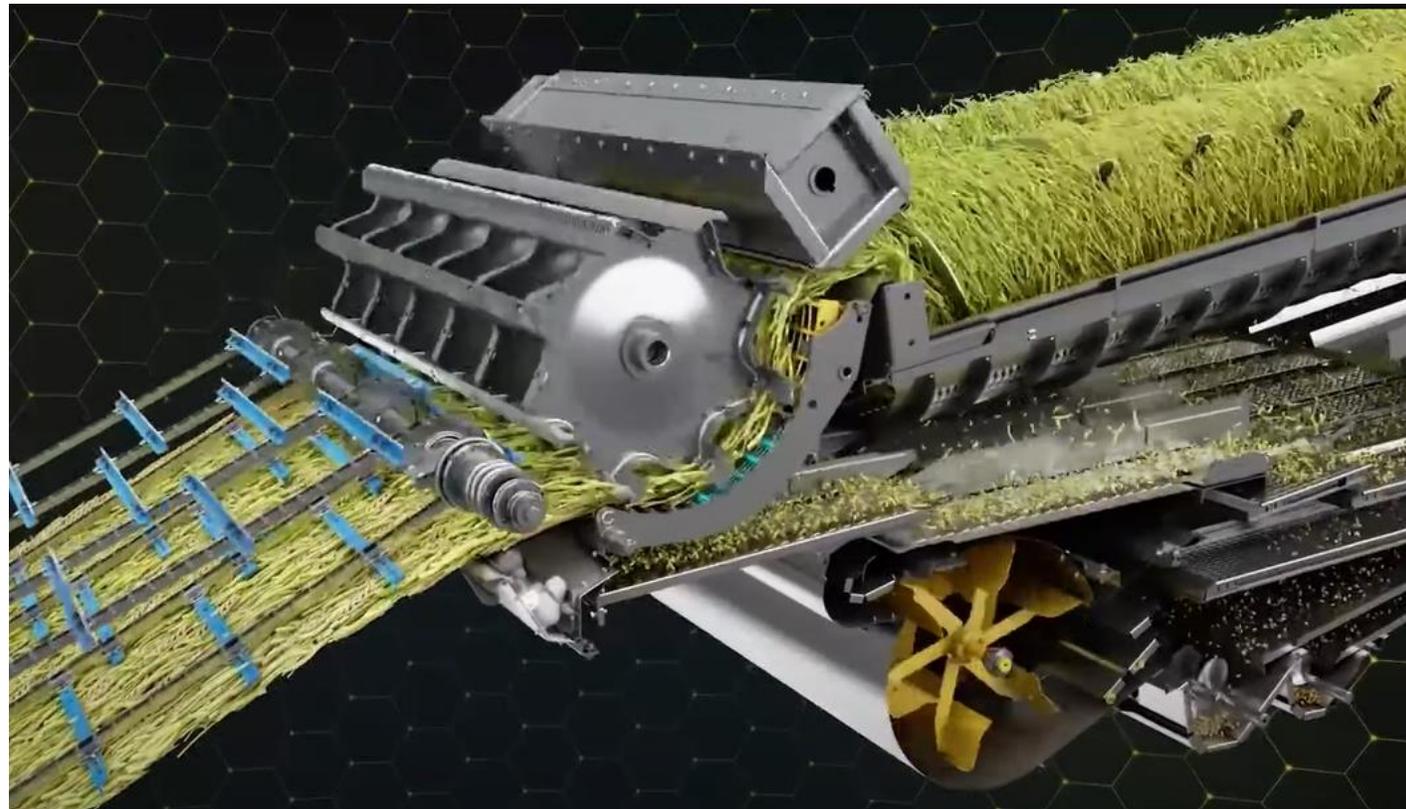
Fonte: <https://slideplayer.it/slide/10397928/>

# Canale elevatore con Tamburo pivottante



[https://www.youtube.com/watch?v=QWh7\\_wSsBlo](https://www.youtube.com/watch?v=QWh7_wSsBlo)

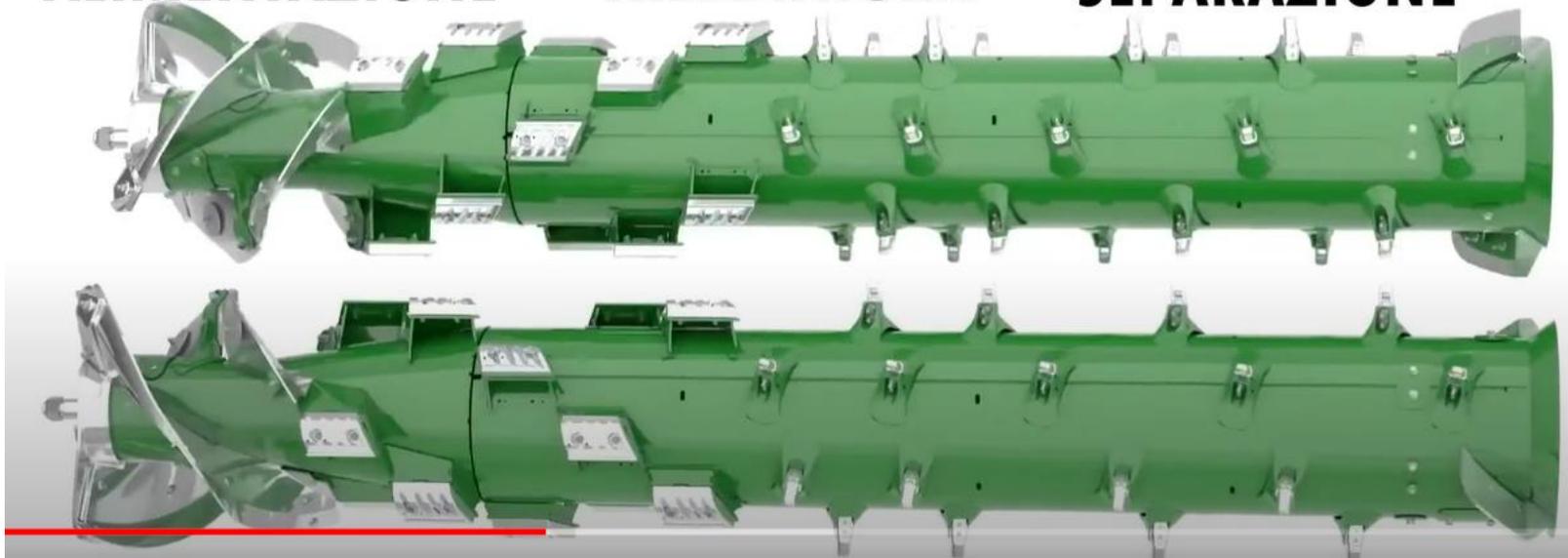
# Battitore e Rulli separatori



[https://www.youtube.com/watch?v=QWh7\\_wSsBlo](https://www.youtube.com/watch?v=QWh7_wSsBlo)

# Rulli separatori

**ALIMENTAZIONE TREBBIATURA SEPARAZIONE**



[https://www.youtube.com/watch?v=QWh7\\_wSsBlo](https://www.youtube.com/watch?v=QWh7_wSsBlo)

# Separatori e gruppo trebbiante

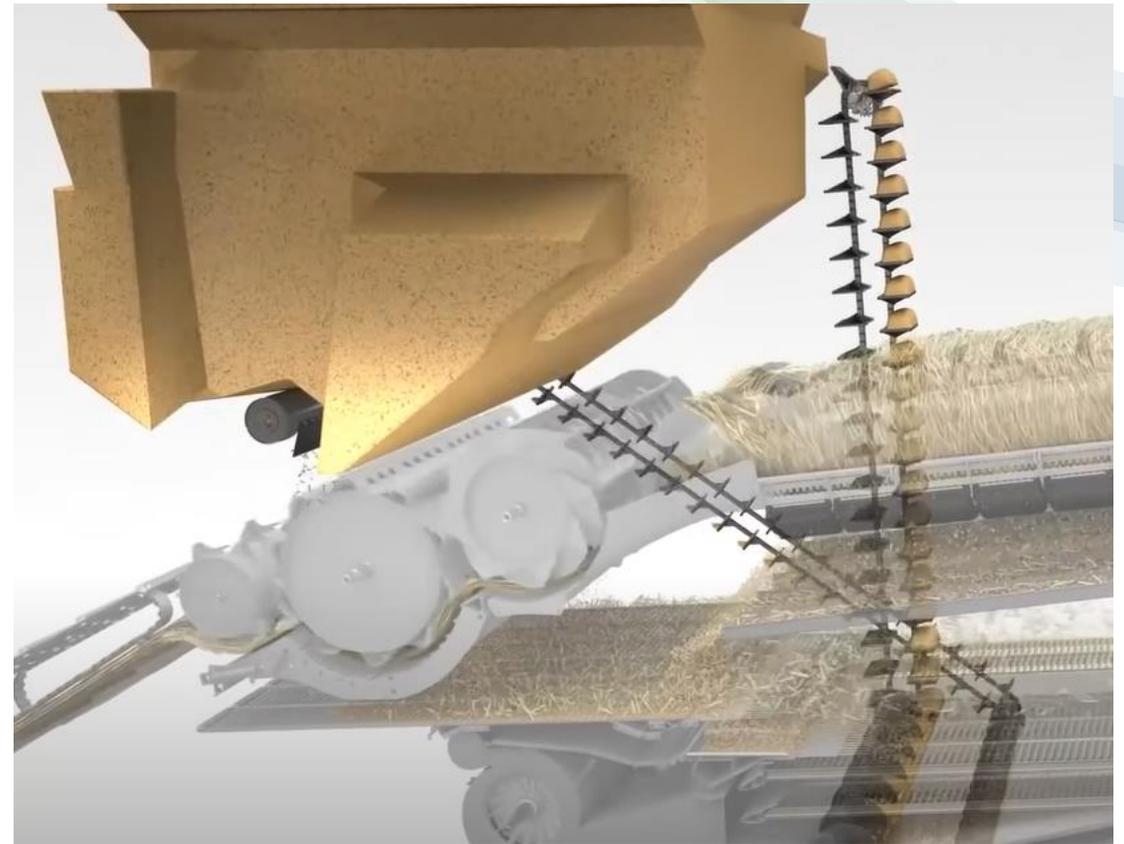
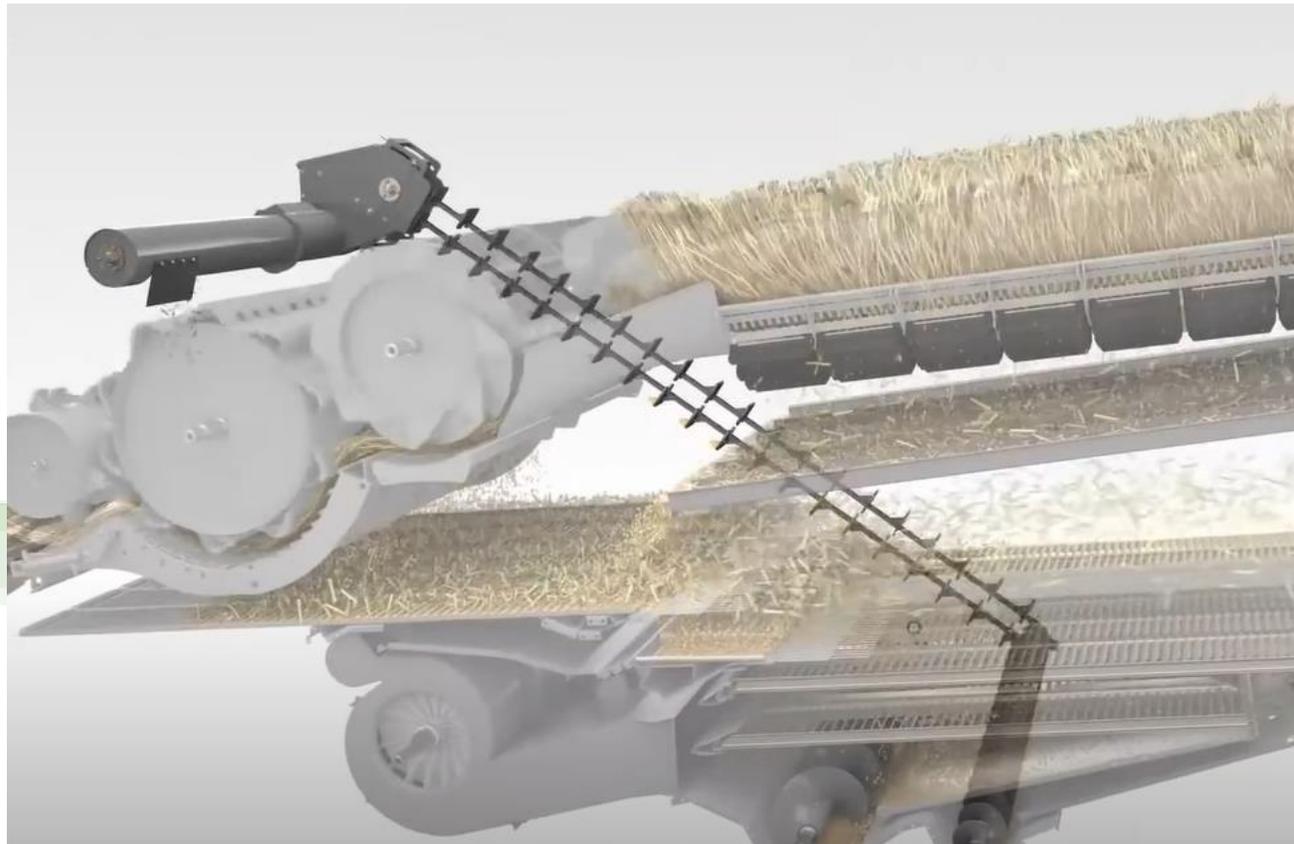


[https://www.youtube.com/watch?v=QWh7\\_wSsBlo](https://www.youtube.com/watch?v=QWh7_wSsBlo)

# Gruppo pulitura



[https://www.youtube.com/watch?v=QWh7\\_wSsBlo](https://www.youtube.com/watch?v=QWh7_wSsBlo)



[https://www.youtube.com/watch?v=QWh7\\_wSsBlo](https://www.youtube.com/watch?v=QWh7_wSsBlo)



<https://www.youtube.com/watch?v=RMU0goBWRjY>



Progetto realizzato con finanziamento della Regione Puglia - Legge regionale n. 55/2018  
\*Avviso pubblico per la presentazione di Progetti pilota per la promozione e lo sviluppo dell'Agricoltura di Precisione



Partner di progetto  
**HORT@**  
From research to field

**CAIONE CON.CER**  
La Quercia Soc. Coop. Agricoli ORGANIZZAZIONE DI PRODUTTORI





<https://www.youtube.com/watch?v=JqH6sP2ytwY>



Progetto realizzato con finanziamento della Regione Puglia - Legge regionale n. 55/2018  
\*Avviso pubblico per la presentazione di Progetti pilota per la promozione e lo sviluppo dell'Agricoltura di Precisione



Partner di progetto  
**HORT@**  
From research to field

**CAIONE CON.CER**  
La Quercia Soc. Coop. Agricoli ORGANIZZAZIONE DI PRODUTTORI





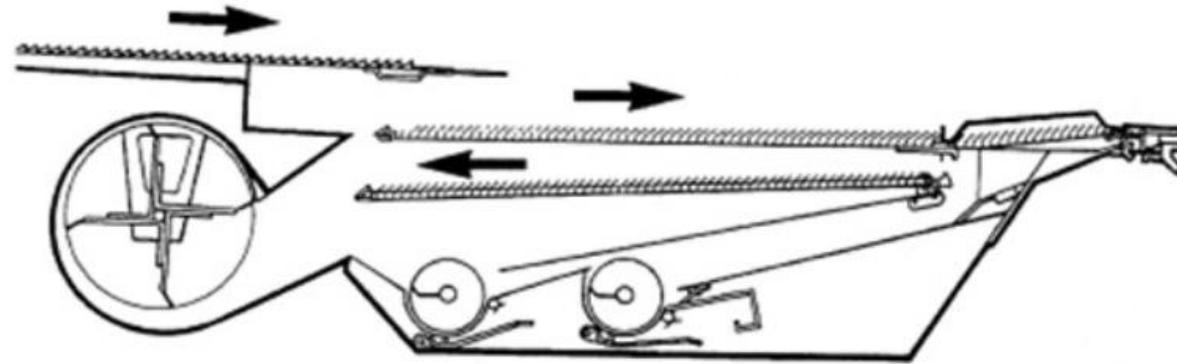
## *Battitore trasversale e scuotipaglia longitudinali*

- Cilindro post-battitore dentato.
- Acceleratore di pre separazione.
- Sistema di scuotitura intensiva.



<https://slideplayer.it/slide/10397928/>

# Complesso di pulitura



Composto da un cassone crivellazione oscillante e da un apparato di ventilazione ha la funzione di separare la granella dalle varie impurità (pula, piccoli pezzi di paglia ecc.) che può presentare una volta trebbiata e separata. Il crivello superiore è a luci regolabili, quello inferiore è scelto in base alle dimensioni dei grani da separare.

Fonte: <https://slideplayer.it/slide/10397928/>

# Sistema di autolivellamento

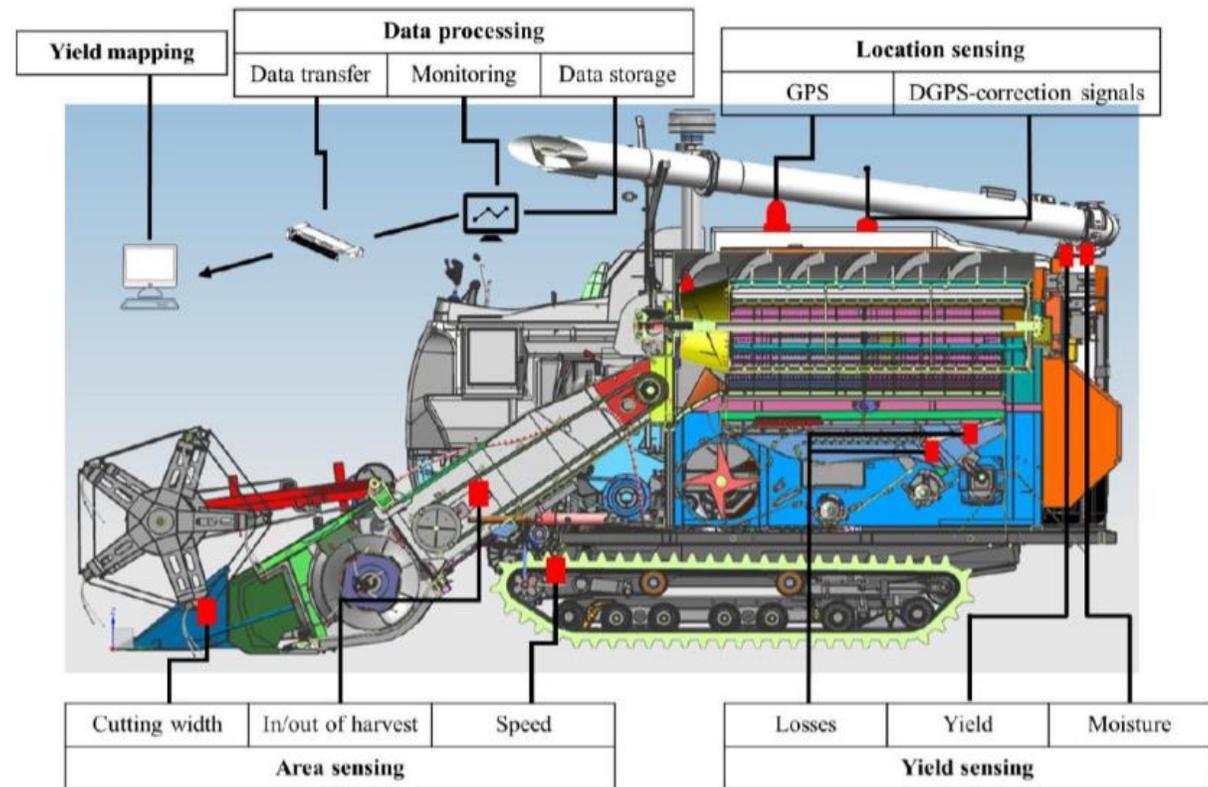
Sono necessari  
inclinometri o sensori di  
estensione delle parti  
meccaniche per  
correggere la lettura del  
dato prodotto e  
georiferito



<https://slideplayer.it/slide/10397928/>

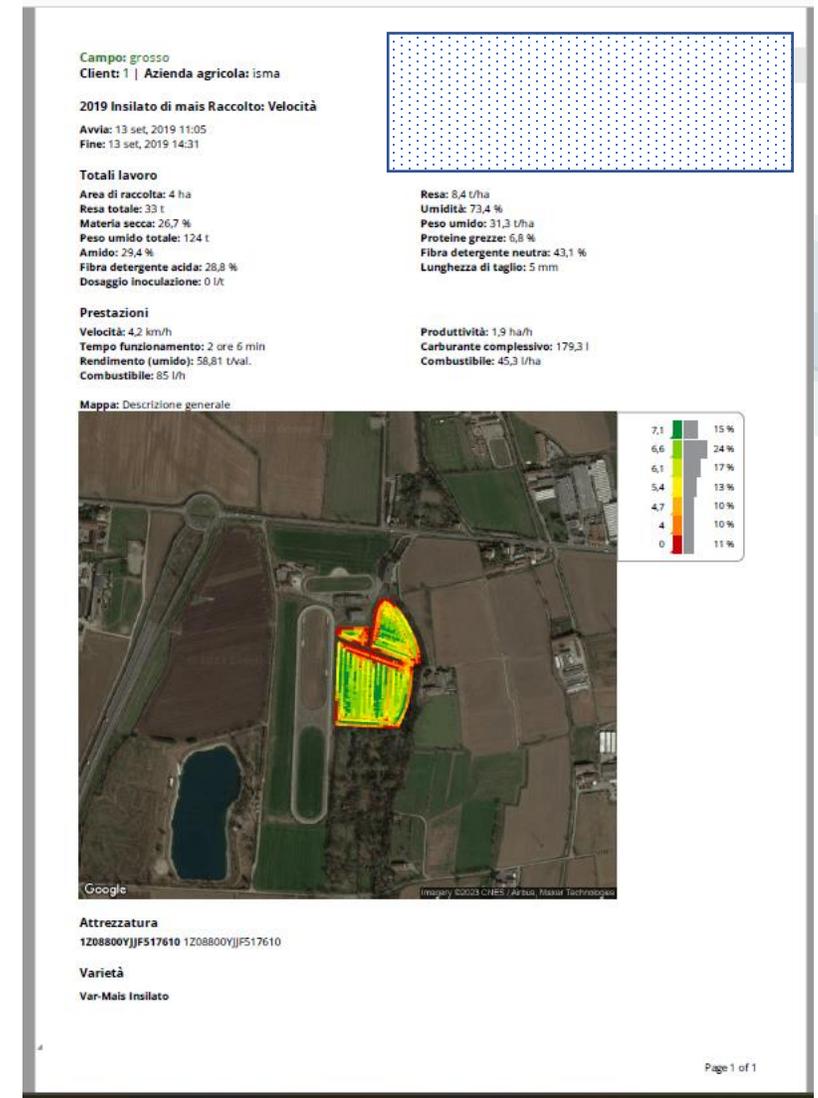
I monitor di resa sono solitamente installati vicino all'elevatore del grano.

Di solito sono riportati due sistemi principali: i misuratori volume-portata (Figura 3, a, b) e i misuratori di portata massica (Figura 3, c, d, e, f) [Berducat, 2000; Chung et al., 2017].



# Mappe di resa

- Le prime mappe di resa risalgono agli anni '80, in USA, impiegando sistemi di georeferenziazione non satellitare (Bae et al., 1989)
- In Italia le prime prove delle versioni commerciali negli anni '90 (Gubiani e Lazzari, 2000)



## Mappa delle produzioni: granelle

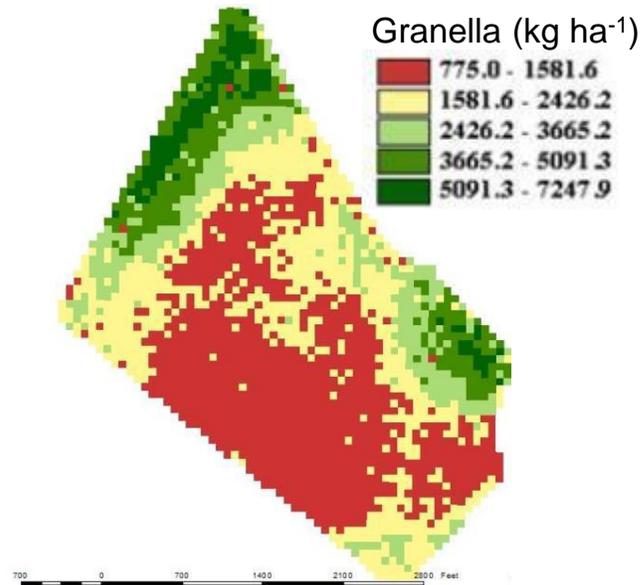
- 40% delle MT vendute (pari a circa 150 macchine all'anno). In totale circa 1.600 MT pari al 10% della superficie cerealicola.
- Tendenza in crescita



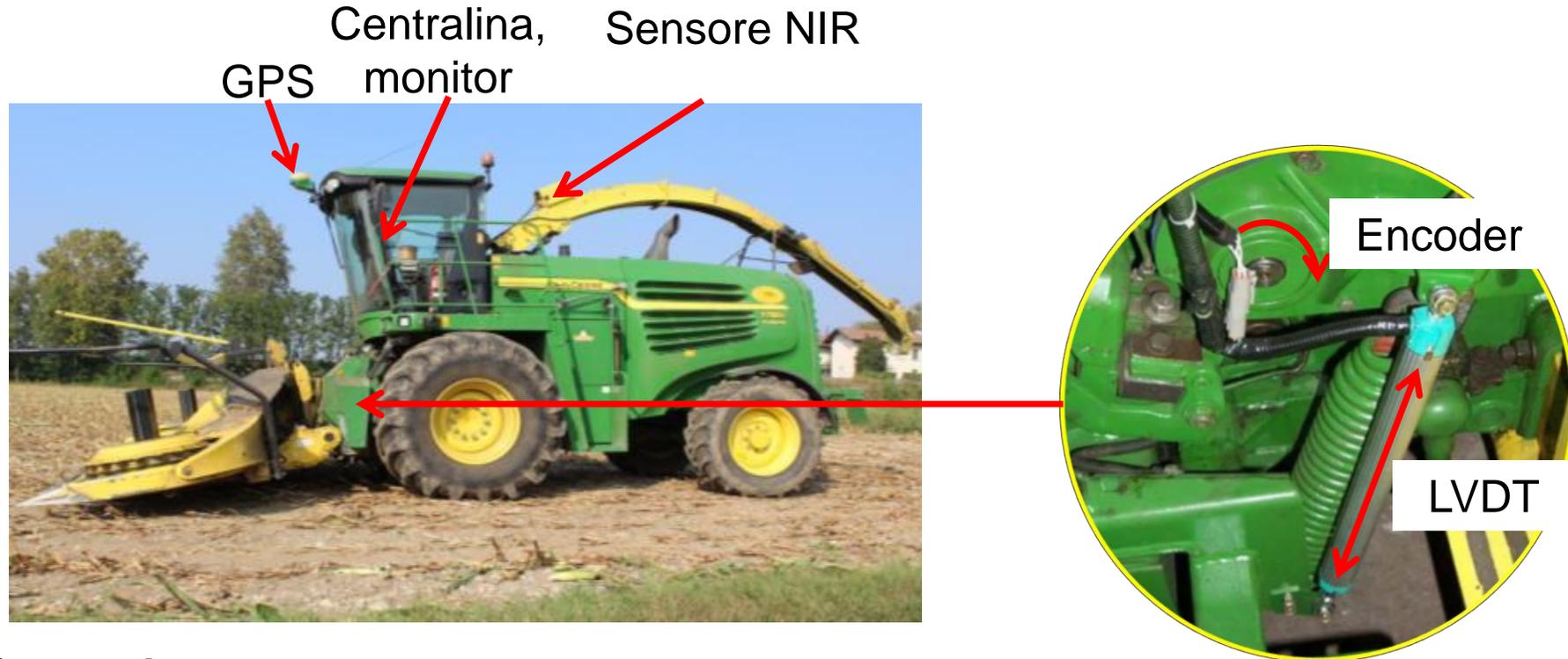
## Alcuni strumenti utilizzati



- Ricevitore GNSS
- Sensori di flusso a impatto
- Sensori di umidità
- PC imbarcato
- Sistema cartografico GIS



# Mappa delle produzioni: foraggi

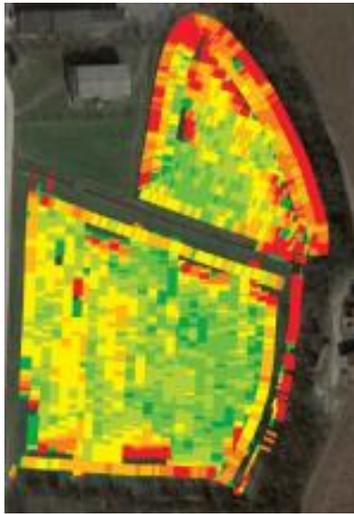


## Cosa misurare

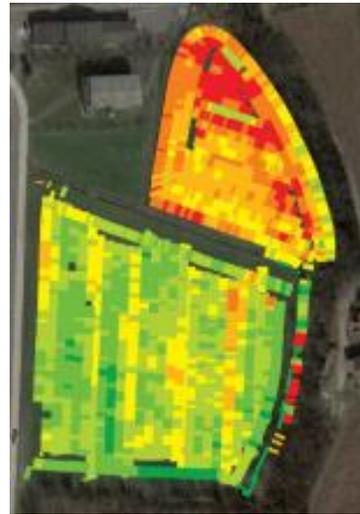
- posizione geografica
- entità del flusso di prodotto (kg/s o t/h) in ogni posizione geografica
- velocità di avanzamento (m/s o km/h) in ogni posizione geografica
- larghezza di lavoro della testata (m o n. di file) in ogni posizione
- umidità, amido, fibra, ecc., in ogni posizione geografica

## Ottenimento di mappe quali-quantitative

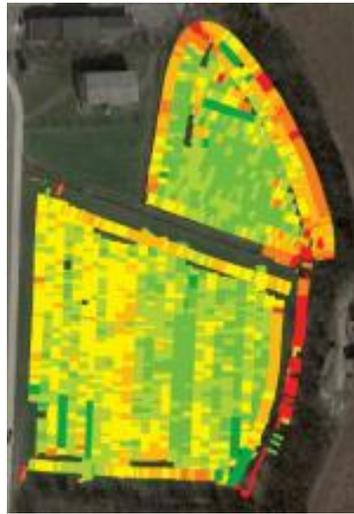
Forniscono informazioni su vari aspetti della produzione per poterne migliorare l'efficienza



produzione



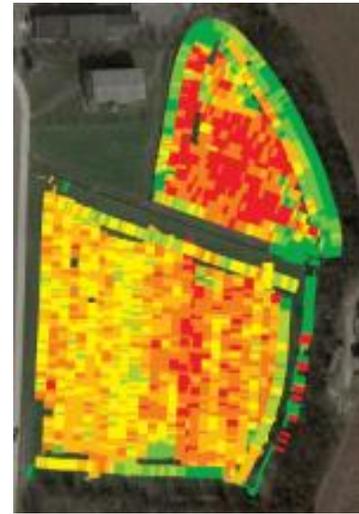
umidità



amido

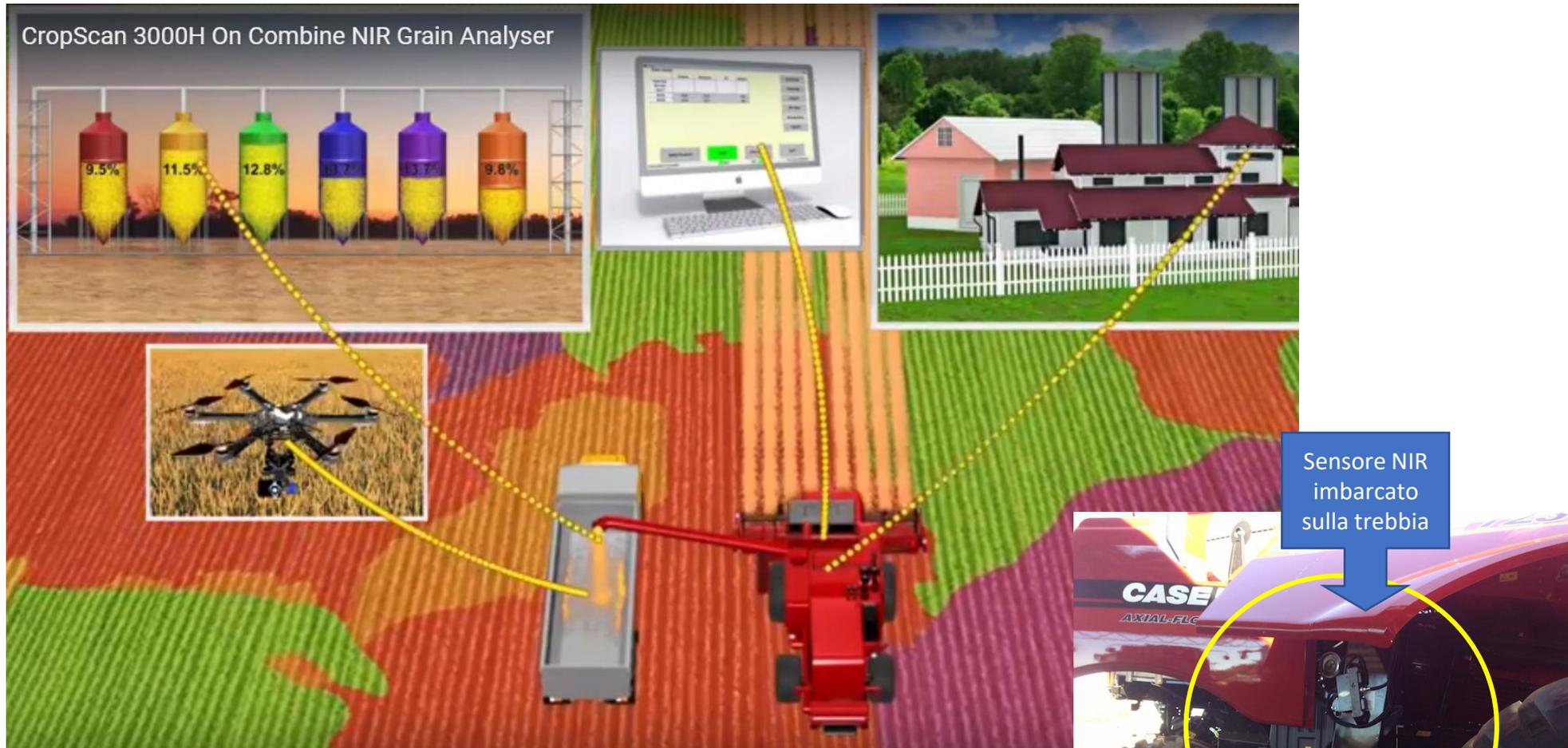


proteine



NDF

# La raccolta selettiva: un esempio sul frumento



## Vantaggi

- Prezzo superiore del 10-20% per contenuto in proteina >12%
- Miglior calcolo della dose di azoto in funzione delle reali asportazioni

Fonte: Next Instruments, 2017

# Tecnologia on-board

- Sensori di quantità (massa o volume)
- Sensori di qualità (umidità, contenuto proteico)
- Sensori di localizzazione (GNSS) a correzione differenziale
- Sensori per la misura dell'area di riferimento (larghezza di lavoro, spazio percorso, tempo)
- Sistema di registrazione ed elaborazione



# Sensori di flusso o Quantimetri

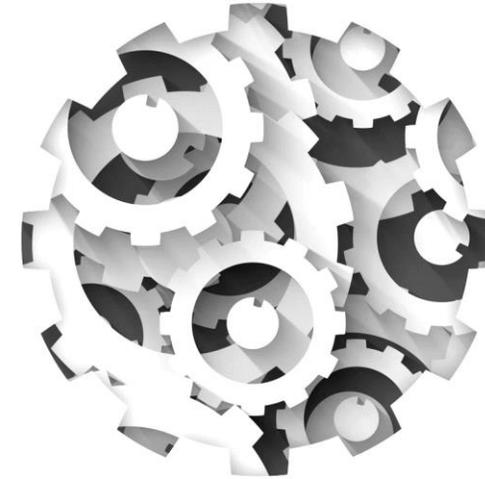
Sensori di tipo volumetrico con correzione ottica (lettura di riempimento del volume noto) e sensori angolari per calcolare lo scivolamento della granella in terreni in pendenza

Sensori ad impatto

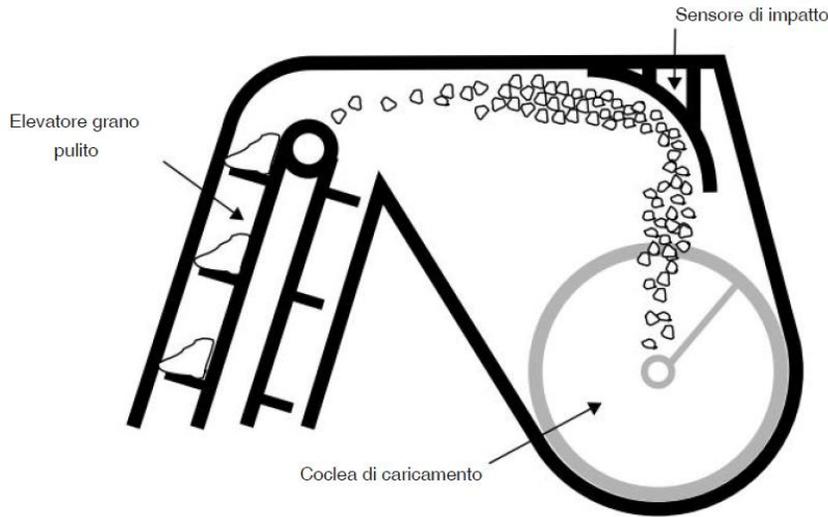
La granella urta un piatto dotato di potenziometro che trasforma l'energia cinetica in un segnale elettrico.

Sensori di umidità

Si basano sulla costante dielettrica che si rileva nella miscela aria/granella passante. In genere sono dei condensatori a placche o cilindrici.

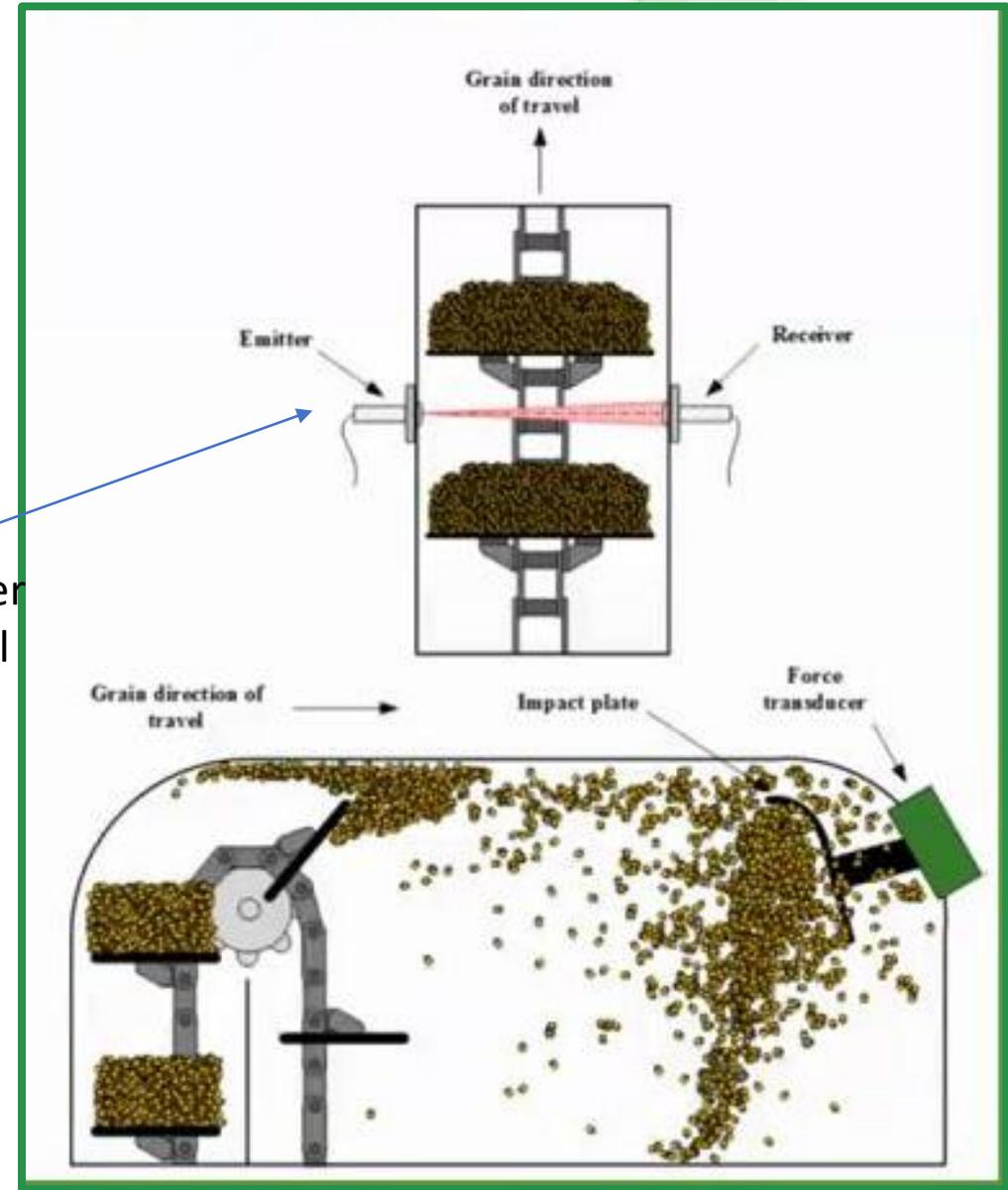


# Sensore di flusso volumetrico



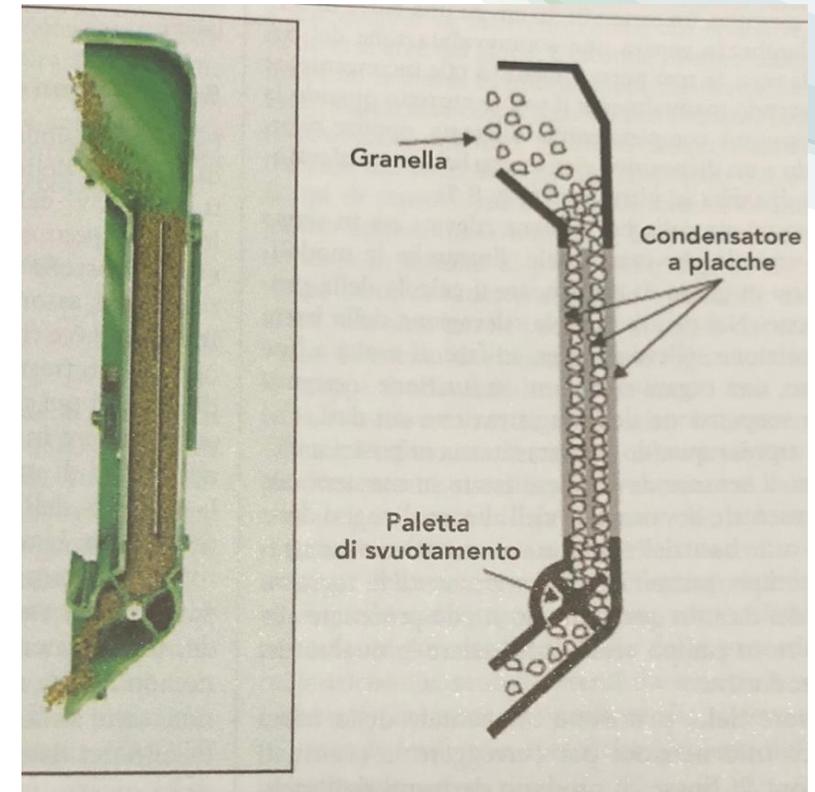
Elements of Precision Agriculture: Basics of Yield Monitor Installation and Operation  
S.A. Shearer, J.P. Fulton, S.G. McNeill, and S.F. Higgins, *Biosystems and Agricultural Engineering*  
T.G. Mueller, *Agronomy*

Sensore ottico per la valutazione del riempimento del volume

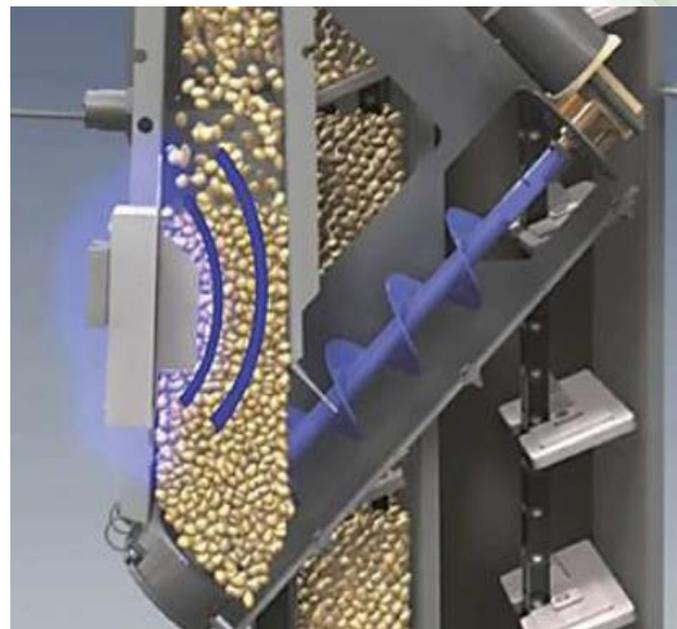
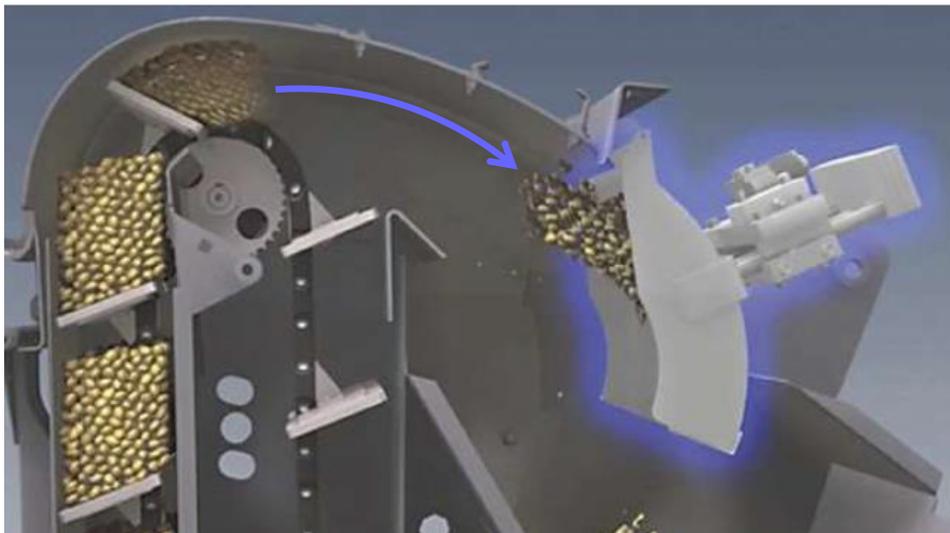


# Sensori di umidità

Si basano sulla costante dielettrica che si rileva nella miscela aria/granella passante. In genere sono dei condensatori a placche o cilindrici.



## Sensore di flusso ad impatto (accuratezza 95-97%)



## Sensore di umidità capacitivo

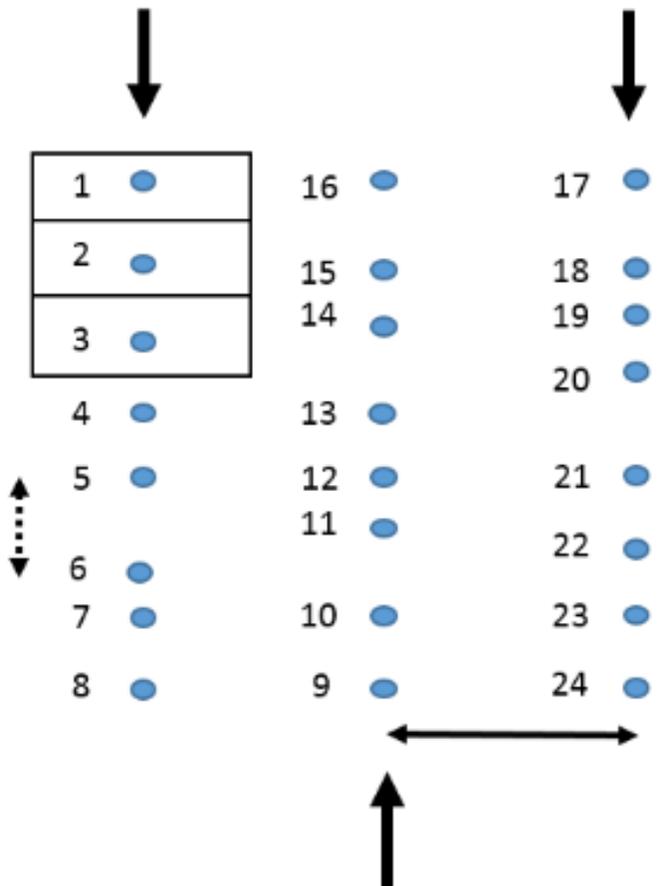
# Strumenti di correzione

Sulla barra non a file sono presenti dei sensori che con una frequenza di campionamento anche dei 10 Hz, misurano il grado di riempimento della barra e da questo la Larghezza effettiva di lavoro.

Si ottiene così la resa areica ( $t\ ha^{-1}$ ) che può essere rapportato all'umidità per ottenere la produzione di sostanza secca.

La lunghezza dell'area indagata è costituita dal prodotto della Velocità effettiva di avanzamento per il tempo di campionamento. Quest'ultimo dipende dalla frequenza di misura del prodotto raccolto.





- ←→ Distance between adjacent passes
- ←.....→ Distance between consecutive records
- Travel direction
- Spatial footprint of the machine

Acquisizione di dati di resa all'interno del campo (punti blu) con una mietitrebbia (fonte: Leroux et al., 2018a)

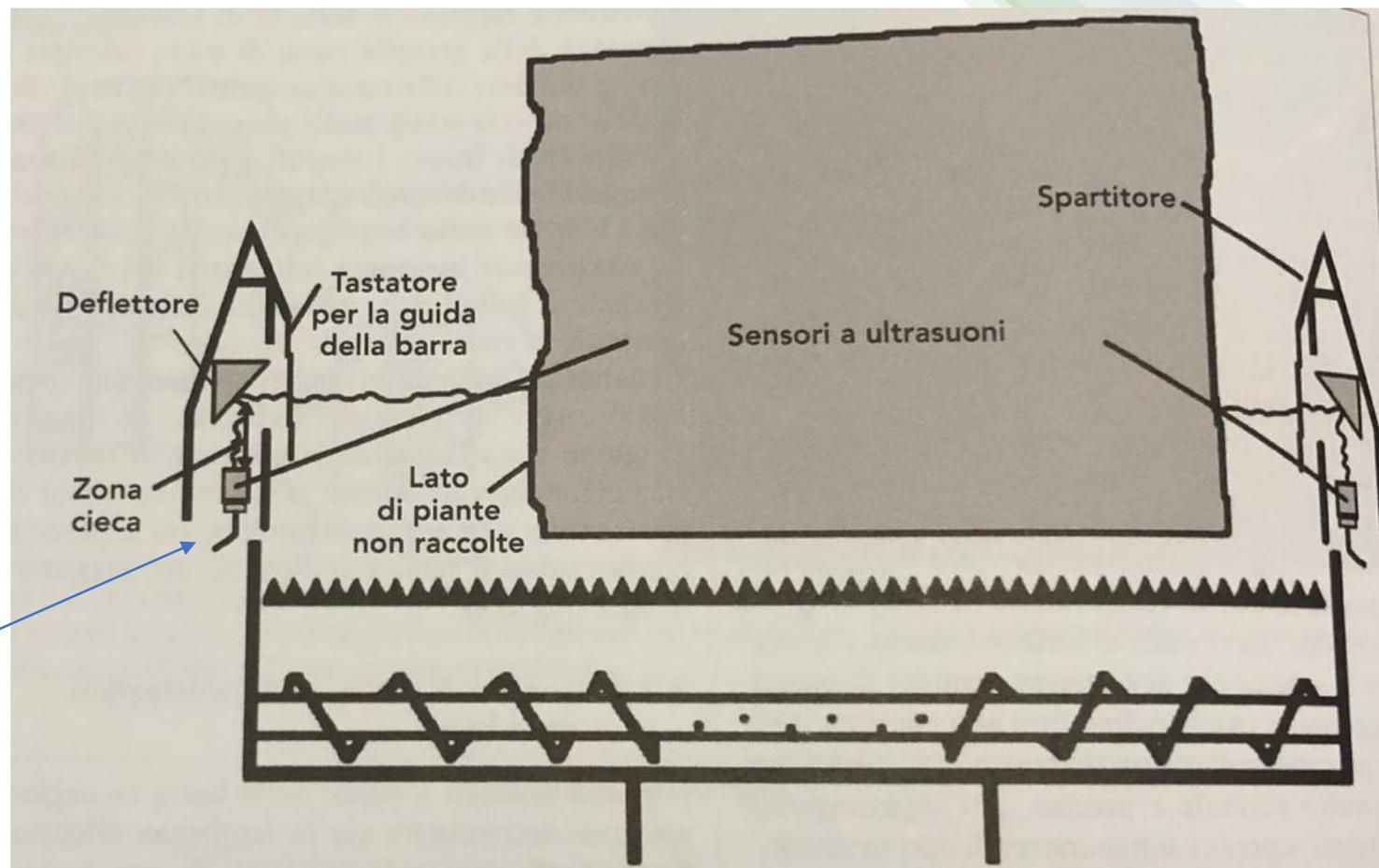
# Sensori di misura delle prestazioni della barra



Attenzione: un errore di 30 cm su una barra da 5 m di larghezza, genera una sovrastima del 6% della resa!!!

*In caso di terreni in pendenza si aggiungono gli inclinometri*

Rilevatore di distanza ad ultrasuoni



Fonte: R. Casa – Agricoltura di Precisione - Edagricole



Progetto realizzato con finanziamento della Regione Puglia - Legge regionale n. 55/2018  
\*Avviso pubblico per la presentazione di Progetti pilota per la promozione e lo sviluppo dell'Agricoltura di Precisione



Partner di progetto  
**HORT@**  
From research to field

**CAIONE CON.CER**  
La Quercia Soc. Coop. Agricoli ORGANIZZAZIONE DI PRODUTTORI



# Sensori di misura delle prestazioni della barra

PRECISIONE

In condizioni operative medie di campo, indifferentemente dal sistema di misura impiegato dai diversi tipi di sensori, i vari sistemi di misura hanno approssimativamente il medesimo comportamento in termini di *precisione* (range di errore – inteso come deviazione standard – variabile dal 3,5 al 4%) (Demmel 2013).

ACCURATEZZA

*L'accuratezza* invece è dipendente dalla calibrazione!

L'operatore può introdurre i valori dei pesi attuali di ciascun carico nel monitor di bordo che provvede alla costruzione della curva di calibrazione ed alla modifica del fattore di calibrazione.



Progetto realizzato con finanziamento della Regione Puglia - Legge regionale n. 55/2018  
\*Avviso pubblico per la presentazione di Progetti pilota per la promozione e lo sviluppo dell'Agricoltura di Precisione



Partner di progetto  
HORT@  
From research to field

CAIONE CON.CER  
La Quercia Soc. Coop. Agricoli ORGANIZZAZIONE DI PRODUTTORI



# Studi sulle fonti di errore

- Finora, studi si sono concentrati sulle **soglie**, per lo più determinate empiricamente, per identificare gli errori di misurazione (Sudduth e Drummond, 2007; Taylor et al. 2007).
- Arslan e Colvin (2002) hanno riportato **precisioni dei sensori variabili tra l'1 e il 4%** mentre altri autori hanno riscontrato differenze fino al **10% a seconda delle condizioni ambientali** durante l'acquisizione dei dati, ad esempio **pendii ripidi** (Reitz e Kutzback, 1996).
- Alcuni studi si sono concentrati sull'impatto delle **vibrazioni della mietitrebbia** sulla precisione della misurazione della resa (Hu et al. 2012; Jingtao e Shuhui, 2010).

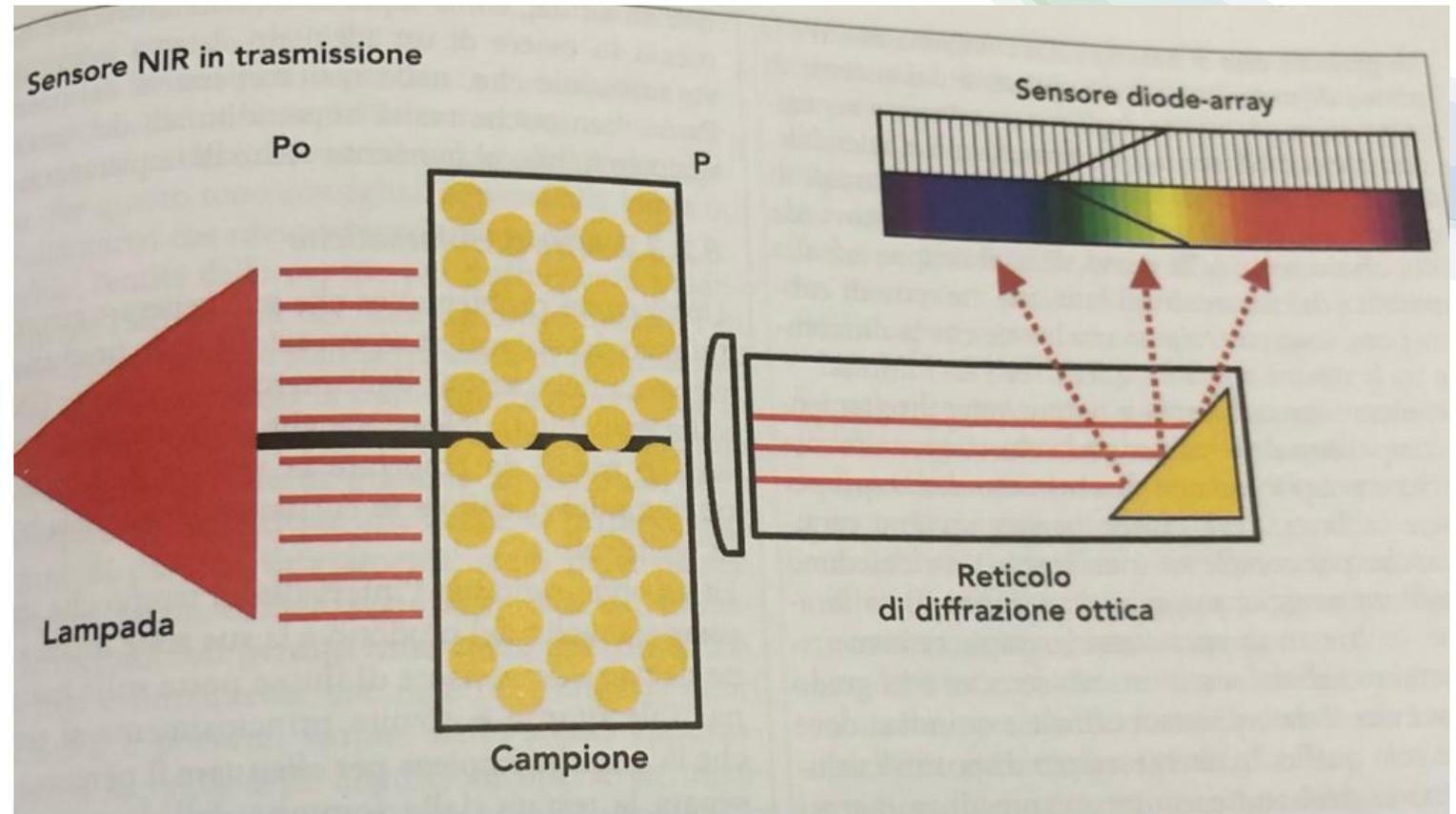
# Problemi di bassa accuratezza

- Una bassa accuratezza dei sistemi di posizionamento può portare a:
  - (i) osservazioni al di fuori dei confini del campo,
  - (ii) misurazioni nella stessa posizione spaziale, cioè punti co-localizzati
  - (iii) deviazioni nello spazio secondo un passaggio di raccolta predefinito (Blackmore e Moore , 1999).

I primi due tipi di errore sono facilmente gestibili rimuovendo i punti al di fuori dei confini del campo o punti con coordinate simili (Robinson e Metternicht, 2005; Simbahan et al. 2004). Sono stati implementati alcuni algoritmi per ricostruire con precisione i passaggi di raccolta studiando gli angoli formati da punti consecutivi (Lyle et al., 2013). I punti sospetti, quelli che probabilmente la mietitrebbia non ha attraversato, vengono rimossi dal set di dati.

# Sensori di misura delle prestazioni della barra

Spettrofotometro  
ad array di diodi



Fonte: R. Casa – Agricoltura di Precisione - Edagricole

# Fonti di errore

- Calibrazione frettolosa e non ripetuta
- Mancata verifica della posizione dell'antenna del sensore GNSS
- Intervallo di tempo tra taglio e misurazione (8-20 s)
- Ritardi nella pulitura e trebbiatura
- Variabilità da rimescolamento della granella nel flusso
- Variazioni della velocità di avanzamento



# Fonti di errore per perdite di prodotto

Durante le operazioni di raccolta si verificano perdite di granella al suolo dovute a molteplici cause (perdite alla barra, al battitore, agli organi di pulizia, intasamenti, stato della pianta, altezza di taglio, ecc.). In condizioni ottimali queste perdite sono nell'ordine dell'1%, ma possono raggiungere anche il 3-5% in caso di ingolfamenti e flussi irregolari di prodotto.



Alcune mietitrebbie sono dotate di sensori piezometrici che possono valutare tali perdite. Ma vanno anch'essi calibrati!

# Fonti di errore per perdite di prodotto

In definitiva, pur elaborando i dati raccolti con procedure che tengano conto delle differenti problematiche descritte, gli errori che inficiano le mappe di produzione, raramente scendono al disotto del 3-5% e possono arrivare anche a livelli molto più elevati (10%) nei casi più problematici, specialmente in terreni declivi.

Fonte: R. Casa – Agricoltura di Precisione - Edagricole



# Precision Agriculture

## Best Management Practices for Collecting Accurate Yield Data and Avoiding Errors During Harvest

Joe D. Luck, Extension Precision Agriculture Engineer, and  
John P. Fulton, Associate Professor, Food, Agricultural and Biological Engineering, The Ohio  
State University

Quando si utilizza una calibrazione a due punti (un punto per flusso elevato e uno per flusso basso), si verifica una discrepanza tra l'equazione di calibrazione e i valori effettivi. In questo caso, tra i due punti di calibrazione, le portate di massa – e quindi la resa - saranno sovrastimate.

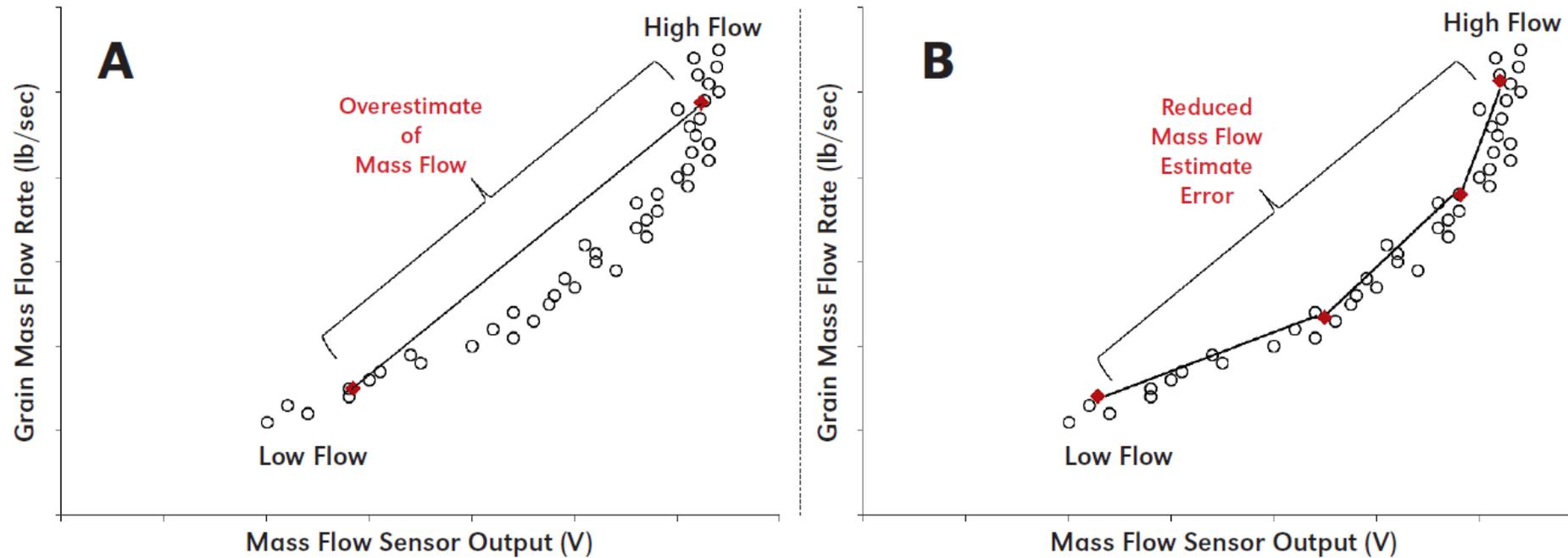
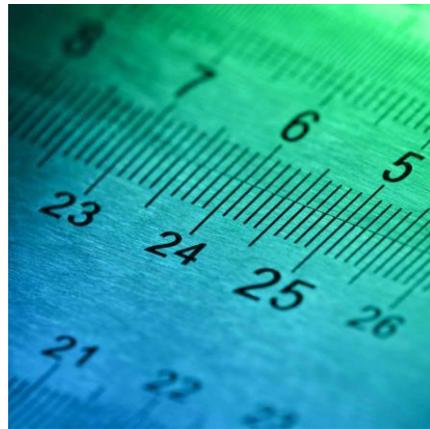


Figure 3. Potential error when using a two-point calibration (A) versus additional point (B). Calibration load points are shown in red.

# Raccomandazioni

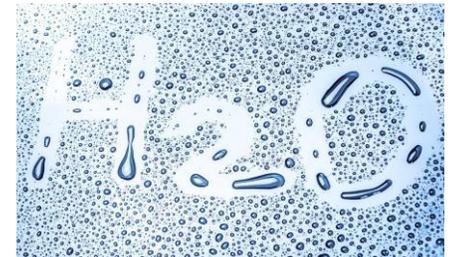
**Calibrazione del sensore di flusso di massa:** eseguire le procedure di calibrazione delineate dal produttore per diverse colture durante la stagione del raccolto. Se si prevedono grandi **variazioni nel contenuto di umidità**, eseguire una calibrazione separata per i contenuti di umidità alti e bassi per una coltura specifica.



## Precision Agriculture Best Management Practices for Collecting Accurate Yield Data and Avoiding Errors During Harvest

Joe D. Luck, Extension Precision Agriculture Engineer, and  
John P. Fulton, Associate Professor, Food, Agricultural and Biological Engineering, The Ohio  
State University

**Funzionamento del sensore di umidità:** il sensore di umidità deve essere controllato periodicamente per garantire una calibrazione corretta. Le letture superiori al 33 % o inferiori al 10 % sono probabili errori e dovrebbero essere omesse.



# Raccomandazioni

## Impostazioni del tempo di ritardo:

l'operatore necessita di un'immissione precisa del tempo di ritardo nel display in cabina per garantire che le **letture del sensore di flusso di massa siano sfalsate correttamente** per corrispondere ai punti GPS registrati e ad altri dati del sensore.



## Precision Agriculture Best Management Practices for Collecting Accurate Yield Data and Avoiding Errors During Harvest

Joe D. Luck, Extension Precision Agriculture Engineer, and  
John P. Fulton, Associate Professor, Food, Agricultural and Biological Engineering, The Ohio  
State University



## Impostazioni della posizione della testata:

il sensore di posizione della testata deve essere installato correttamente e l'operatore deve accertarsi di sollevare e **abbassare la testata solo quando si esce o si entra nel raccolto non tagliato**. Ciò assicurerà che i punti dati relativi alla resa vengano registrati correttamente e che i dati vengano spostati in base all'impostazione del tempo di ritardo.

# Raccomandazioni

## Misurazioni della distanza percorsa:

durante la registrazione automaticamente dal sistema GPS, gli avvii e gli arresti improvvisi dovrebbero essere evitati dall'operatore, se possibile, in quanto contribuiranno a errori nella stima della resa.

## Precision Agriculture Best Management Practices for Collecting Accurate Yield Data and Avoiding Errors During Harvest

Joe D. Luck, Extension Precision Agriculture Engineer, and  
John P. Fulton, Associate Professor, Food, Agricultural and Biological Engineering, The Ohio  
State University

## Impostazioni della larghezza di taglio della testata:

questa funzione è automatica. Tuttavia, l'operatore deve prestare attenzione durante la regolazione manuale di questo valore all'interno del monitor in cabina.



Progetto realizzato con finanziamento della  
Regione Puglia - Legge regionale n. 55/2018  
\*Avviso pubblico per la presentazione di Progetti  
pilota per la promozione e lo sviluppo  
dell'Agricoltura di Precisione

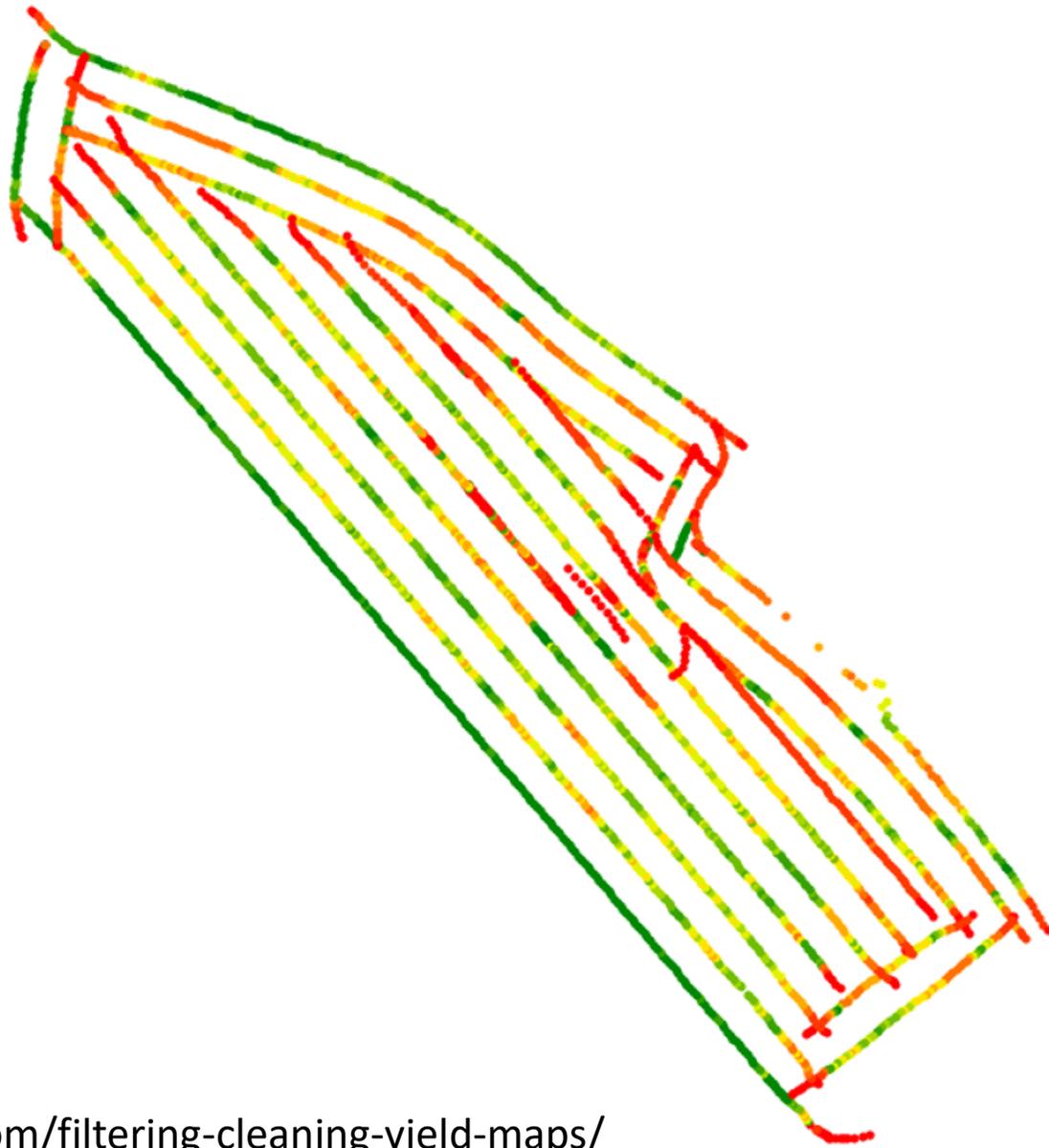


Partner di progetto  
HORT@  
— From research to field —

CAIONE  
La Quercia Soc. Coop. Agricoli

CON.CER.  
ORGANIZZAZIONE DI PRODUTTORI





50 m



Yield (t/ha)



High

Low

<https://www.aspexit.com/filtering-cleaning-yield-maps/>



Progetto realizzato con finanziamento della Regione Puglia - Legge regionale n. 55/2018  
 \*Avviso pubblico per la presentazione di Progetti pilota per la promozione e lo sviluppo dell'Agricoltura di Precisione

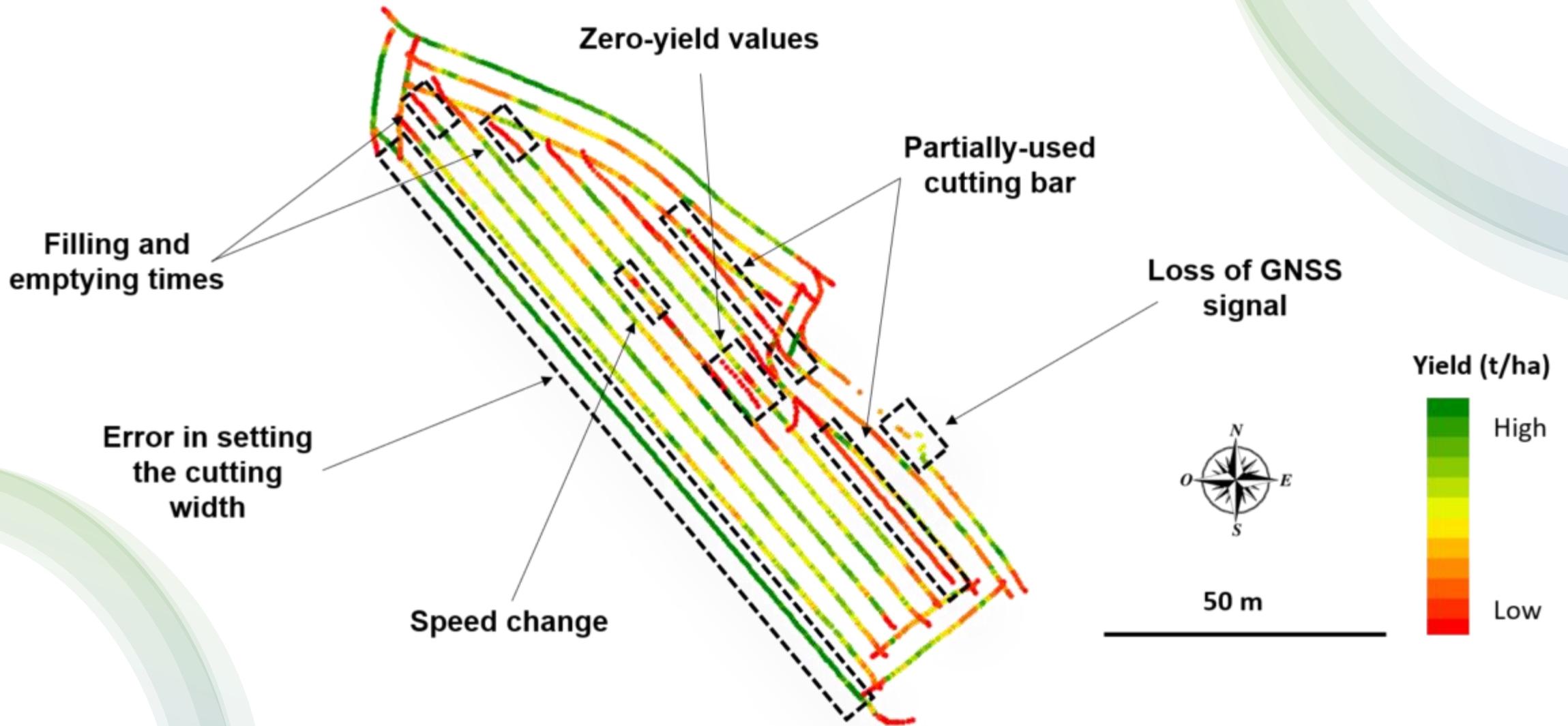


Partner di progetto  
**HORT@**  
 From research to field

**CAIONE**  
 La Quercia Soc. Coop. Agricoli

**CON.CER**  
 ORGANIZZAZIONE DI PRODUTTORI





<https://www.aspexit.com/filtering-cleaning-yield-maps/>



Progetto realizzato con finanziamento della Regione Puglia - Legge regionale n. 55/2018  
\*Avviso pubblico per la presentazione di Progetti pilota per la promozione e lo sviluppo dell'Agricoltura di Precisione



Partner di progetto  
HORT@  
From research to field

CAIONE CON.CER.  
La Quercia Soc. Coop. Agricoli ORGANIZZAZIONE DI PRODUTTORI



Le informazioni sulla resa sono anche molto dense (migliaia di punti per ettaro) e molto rumorose a causa **dell'errore stocastico** nel funzionamento del sensore, della variabilità locale intrinseca nella produzione e degli errori associati al passaggio della mietitrebbia sul campo (Simbahan et al., 2004; Sudduth e Drummond, 2007).

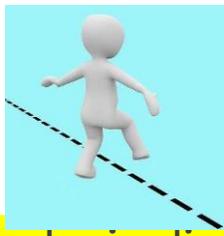
Tuttavia, i dati di resa all'interno del campo di solito mostrano una struttura spaziale piuttosto forte, cioè le **osservazioni spaziali sono ben strutturate all'interno dei campi e i modelli spaziali di rendimento sono chiaramente visibili** (Pringle et al., 2003).

## Punti critici!



Poiché la maggior parte dei seminativi deve essere raccolta ogni anno, è probabile che su molti sistemi di seminativi siano disponibili database storici di mappatura delle rese. Tuttavia, va detto che ***i dati temporali di rendimento all'interno del campo potrebbero non essere collocati nello spazio*** (il monitor della resa non misura le informazioni sulla resa nella stessa esatta posizione ogni anno).

# Vantaggi e Limiti



Mentre è chiaro che **l'adozione di tecnologie di mappatura dei rendimenti è in aumento** sia nei paesi sviluppati che in quelli in via di sviluppo, ci si potrebbe chiedere quali fattori e aspetti dei dati sulle rese all'interno del campo possano aver contribuito a un'adozione così lenta delle tecnologie di mappatura della resa. I monitor di rendimento montati sulle mietitrebbie sono disponibili dai primi anni 1990.

Tuttavia, **i dati sulle rese hanno ancora difficoltà ad essere una componente decisiva del processo decisionale negli studi sull'agricoltura di precisione.**

- In primo luogo, è chiaro che **i modelli di resa spaziale derivano da un'interazione tra, gestione, clima e condizioni ambientali** (suolo, paesaggio, attacchi di parassiti, ecc.) all'interno di una stagione colturale, il che significa che non è possibile ricavare mappe di applicazione a tasso variabile direttamente per un anno  $n$  basandosi esclusivamente sui dati di resa nell'anno  $n-1$ .

- In secondo luogo, è riconosciuto che **nelle colture annuali e perenni, la variabilità temporale della resa è spesso più forte della variabilità spaziale della resa, che può ostacolare le analisi su periodi brevi e lunghi** (Blackmore et al., 2003; Bramley e Hamilton, 2004; Eghball e il potere, 1995; Lamb et al., 1997). Questa variabilità temporale è essenzialmente dovuta a **fattori non stabili**, come i modelli climatici o il tipo di colture coltivate all'anno (Basso et al., 2012). Diversi autori hanno affermato che il numero di anni di dati di rendimento disponibili per condurre analisi temporali di rendimento era critico (Bakhsh et al., 2000; Kitchen et al., 2005) e alcuni hanno anche provato a proporre un numero minimo di dati necessari per ottenere risultati affidabili (Ping e Dobermann, 2005).



Progetto realizzato con finanziamento della Regione Puglia - Legge regionale n. 55/2018  
\*Avviso pubblico per la presentazione di Progetti pilota per la promozione e lo sviluppo dell'Agricoltura di Precisione



Partner di progetto  
HORT@  
From research to field

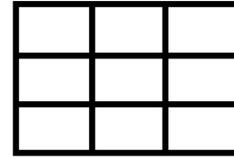
CAIONE  
La Quercia Soc. Coop. Agricoli

CON.CER  
ORGANIZZAZIONE DI PRODUTTORI



# Processamento successivo dei dati

If a farmer only has to clean a few fields, using a spreadsheet such as Microsoft Excel is possible. **Sort yields from low to high, and choose a low yield that is appropriate for the field and a high yield that is reasonably attainable, then delete all data outside of those high and low parameters.**



## Yield Mapping and Use of Yield Map Data. 2018

D.W. Franzen, NDSU Extension Soil Specialist

F.X.M. Casey, Professor Soil Science, NDSU

N. Derby, Research Specialist, NDSU



The archived maps can be **shared with bankers** to help secure loans and with future renters or land purchasers.

**The maps can be passed down to the next generation** so that the things farmers learn about their fields will not be lost to heirs.



Progetto realizzato con finanziamento della Regione Puglia - Legge regionale n. 55/2018  
\*Avviso pubblico per la presentazione di Progetti pilota per la promozione e lo sviluppo dell'Agricoltura di Precisione



Partner di progetto



# Normalizzazione

20 30 25 22 23 25 28 29 30 31 32 29 28 30 40 44 45 48 47 35 30 28 26 25  
 25 28 23 20 24 26 30 32 33 35 40 36 29 35 38 46 47 50 52 53 43 35 28 28  
 28 28 26 25 28 30 34 35 38 40 40 42 38 38 36 40 45 48 53 45 43 38 38 36  
 30 30 32 34 35 38 38 37 40 40 43 45 46 44 45 46 48 46 45 48 49 49 45 46  
 32 32 33 35 35 36 38 40 42 42 44 46 44 44 38 37 40 42 41 45 47 50 48 47  
 34 34 35 36 36 35 35 33 40 32 38 35 36 40 42 43 44 45 46 38 37 40 41 42  
 38 38 39 39 40 38 42 45 56 50 52 53 48 35 37 38 40 42 44 46 37 38 39 40  
 36 38 40 42 44 45 48 50 52 46 38 36 35 43 44 46 48 50 52 53 54 52 48 48  
 35 35 36 38 39 42 44 44 46 42 40 38 37 36 38 39 40 42 44 46 48 48 52 48  
 34 34 36 38 40 42 43 41 44 38 36 38 39 39 39 41 42 41 43 44 45 44 43

An example of raw yield monitor data from a field of spring wheat in bu/acre.

20 30 25 22 23 25 28 29 30 31 32 29 28 30 40 44 45 48 47 35 30 28 26 25  
 25 28 23 20 24 26 30 32 33 35 40 36 29 35 38 46 47 50 52 53 43 35 28 28  
 28 28 26 25 28 30 34 35 38 40 40 42 38 38 36 40 45 48 53 45 43 38 38 36  
 30 30 32 34 35 38 38 37 40 40 43 45 46 44 45 46 48 46 45 48 49 49 45 46  
 32 32 33 35 35 36 38 40 42 42 44 46 44 44 38 37 40 42 41 45 47 50 48 47  
 34 34 35 36 36 35 35 33 40 32 38 35 36 40 42 43 44 45 46 38 37 40 41 42  
 38 38 39 39 40 38 42 45 56 50 52 53 48 35 37 38 40 42 44 46 37 38 39 40  
 36 38 40 42 44 45 48 50 52 46 38 36 35 43 44 46 48 50 52 53 54 52 48 48  
 35 35 36 38 39 42 44 44 46 42 40 38 37 36 38 39 40 42 44 46 48 48 52 48  
 34 34 36 38 40 42 43 41 44 38 36 38 39 39 39 41 42 41 43 44 45 44 43

During the normalization process, a grid is superimposed over the data. The software recognizes the set boundaries for averaging the data inside each grid box.

24	29	33	36	47	30
29	34	41	42	47	43
34	36	40	41	43	44
39	44	48	41	47	45
36	42	40	38	42	47

The data are averaged within each grid box independently of the other data.

-1	-1	-1	-1	+1	-1
-1	-1	+1	+1	+1	+1
-1	-1	+1	+1	+1	+1
0	+1	+1	+1	+1	+1
-1	+1	+1	-1	+1	+1

If the data average within the grid is higher than average, the grid is given a +1. If average, it is given a value of 0. If the average within the grid is lower than average, the grid is given a -1. Afterward, this data can be exported into a spreadsheet for summing multiple years of yield data that have been handled similarly. The resulting summation can be imported into mapping software to construct the yield frequency map.

Yield Mapping and Use of Yield Map Data. 2018  
 D.W. Franzen, NDSU Extension Soil Specialist  
 F.X.M. Casey, Professor Soil Science, NDSU  
 N. Derby, Research Specialist, NDSU



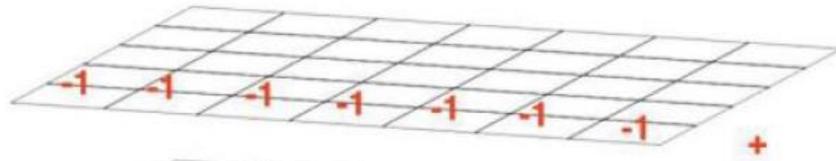
Progetto realizzato con finanziamento della Regione Puglia - Legge regionale n. 55/2018  
 \*Avviso pubblico per la presentazione di Progetti pilota per la promozione e lo sviluppo dell'Agricoltura di Precisione



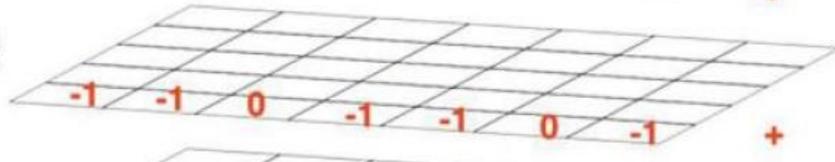
Partner di progetto



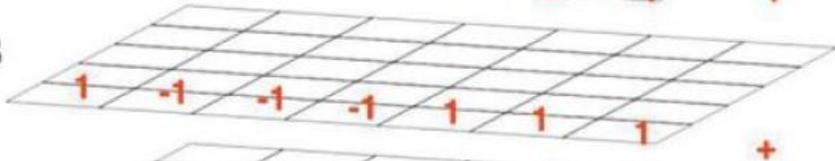
YEAR 1



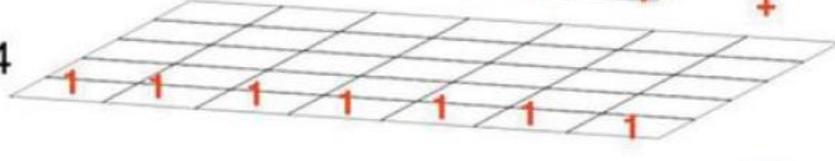
YEAR 2



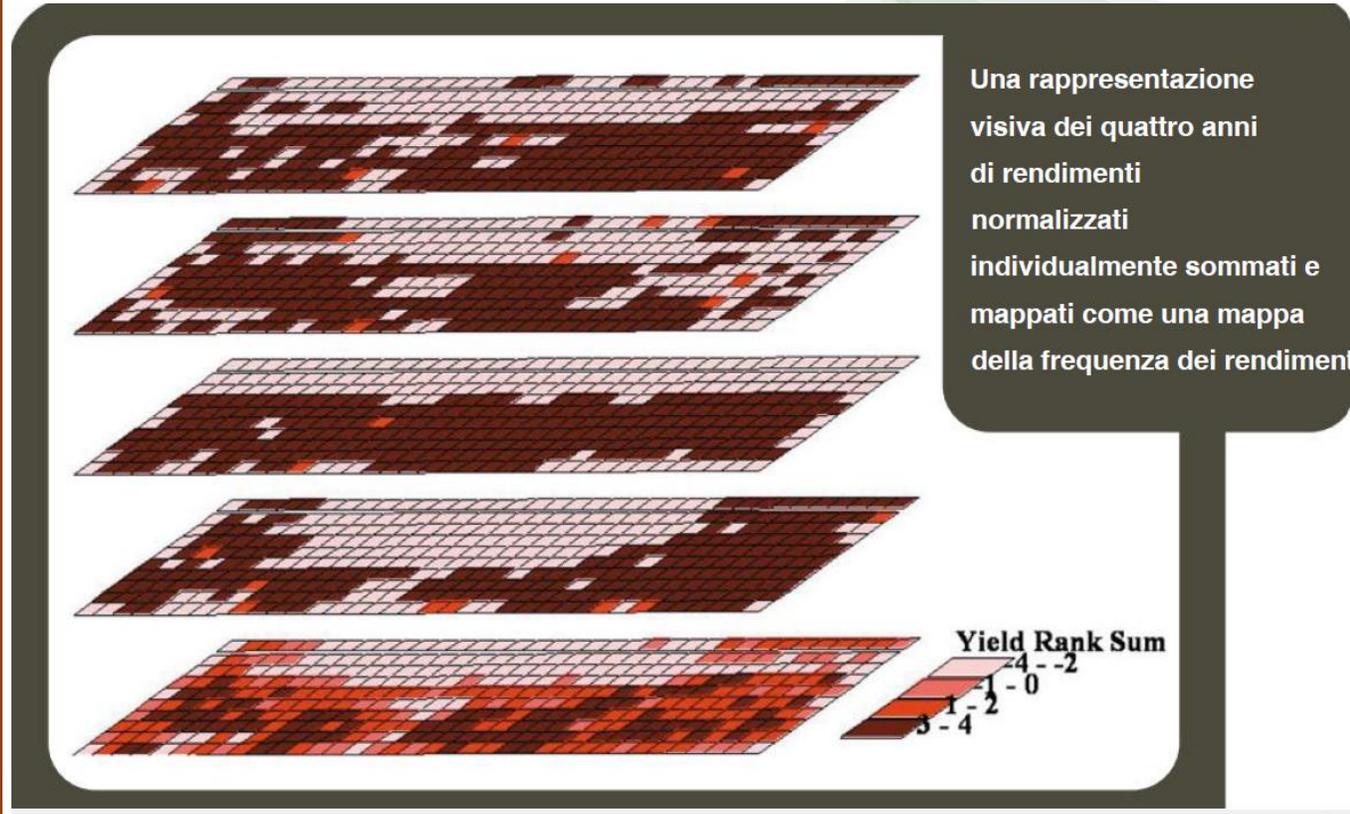
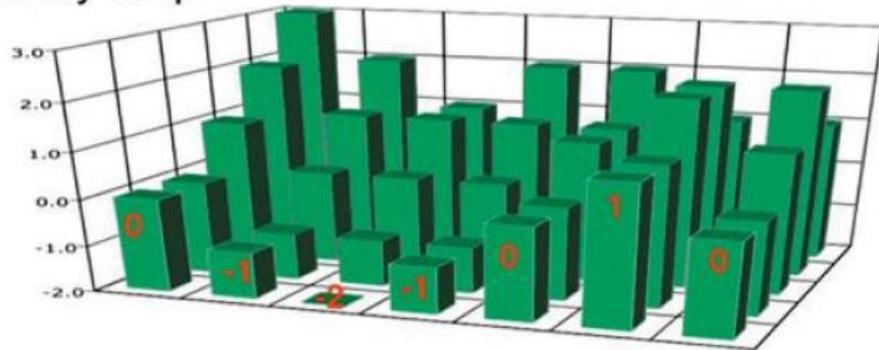
YEAR 3



YEAR 4



Frequency map



Una rappresentazione visiva dei quattro anni di rendimenti normalizzati individualmente sommati e mappati come una mappa della frequenza dei rendimenti

# Processamento base dei dati

- pre-processamento con medie mobili per il filtraggio dei dati (durante la raccolta)
- Filtraggio dei dati in post raccolta:
  - in prossimità delle capezzagne
  - In coincidenza di angoli acuti
  - In coincidenza con ostacoli o punti notevoli



# Processamento successivo dei dati

- Plottaggio
- Interpolazione
- Clustering



# Mappe di resa

## Obiettivi principali:

- Valutazione della variabilità nel campo
- Calcolo dell'asportazione di nutrienti
- Partecipazione alla preparazione delle mappe di prescrizione
- Permettere destini diversi al prodotto raccolto (RS: RACCOLTA SELETTIVA)



# Mappe di resa

Campi Varietà

Q Cerca

Campi Varietà Filtri

Campi ▲	Varietà ◆	Area di raccolta ◆	Umidità ◆	Resa prodotto asciutto ◆
 grosso 1   isma	 Var-Mais I...	4,0 ha	73,4 %	 8,4 t/ha
 Libera 1   Isma	 Var-Mais I...	1,6 ha	72,3 %	 11,1 t/ha
 livellato 1   isma	 Var-Mais I...	0,0 ha	72,0 %	 ---
<b>Totali/medie</b>		<b>6,0 ha</b>	<b>72,9 %</b>	 <b>9,1 t/ha</b>



Progetto realizzato con finanziamento della Regione Puglia - Legge regionale n. 55/2018  
\*Avviso pubblico per la presentazione di Progetti pilota per la promozione e lo sviluppo dell'Agricoltura di Precisione



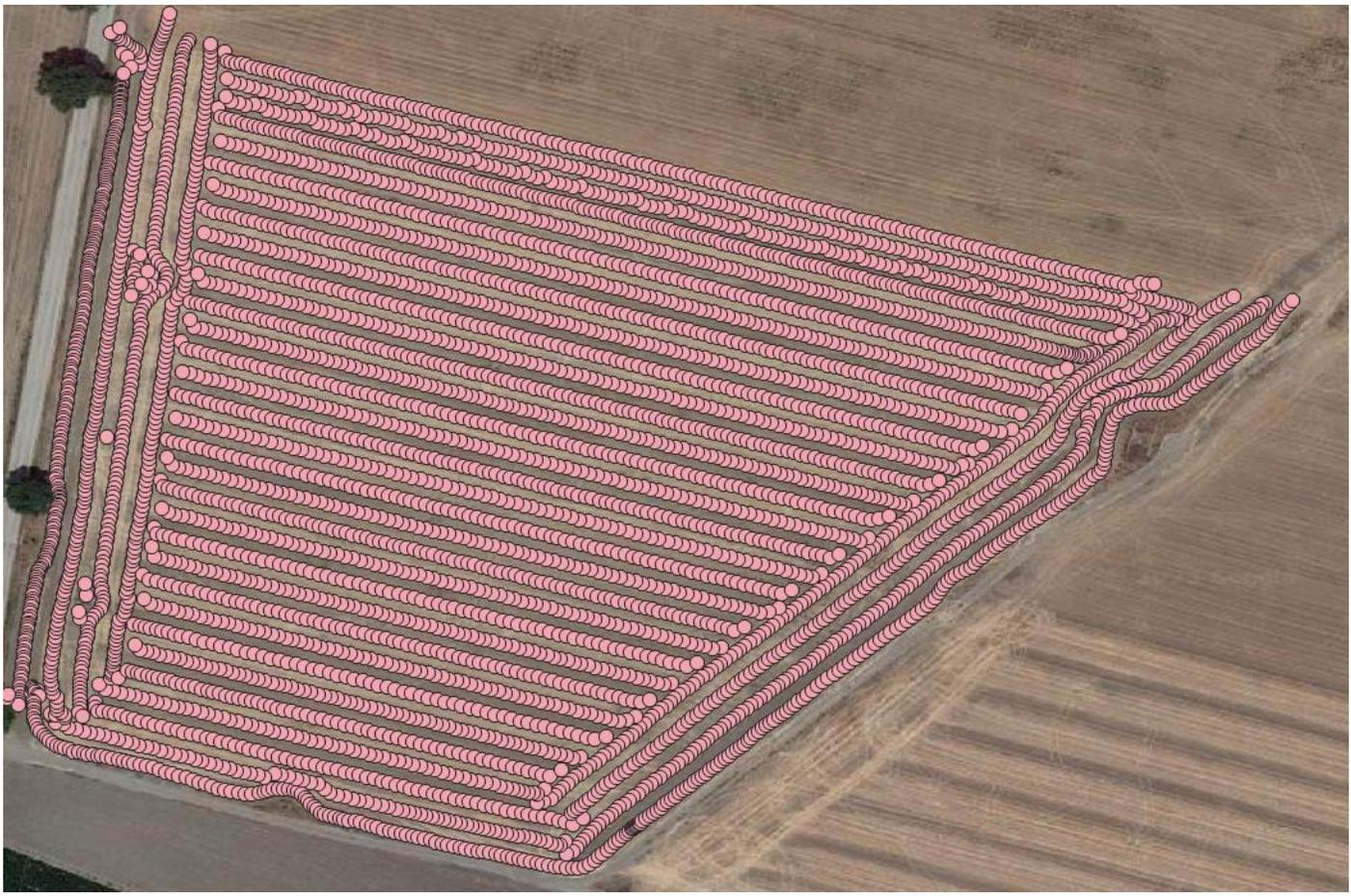
Partner di progetto  
HORT@  
From research to field

CAIONE CON.CER  
La Quercia Soc. Coop. Agricoli ORGANIZZAZIONE DI PRODUTTORI



# Osservazione di diversi aspetti





Progetto realizzato con finanziamento della Regione Puglia - Legge regionale n. 55/2018  
\*Avviso pubblico per la presentazione di Progetti pilota per la promozione e lo sviluppo dell'Agricoltura di Precisione

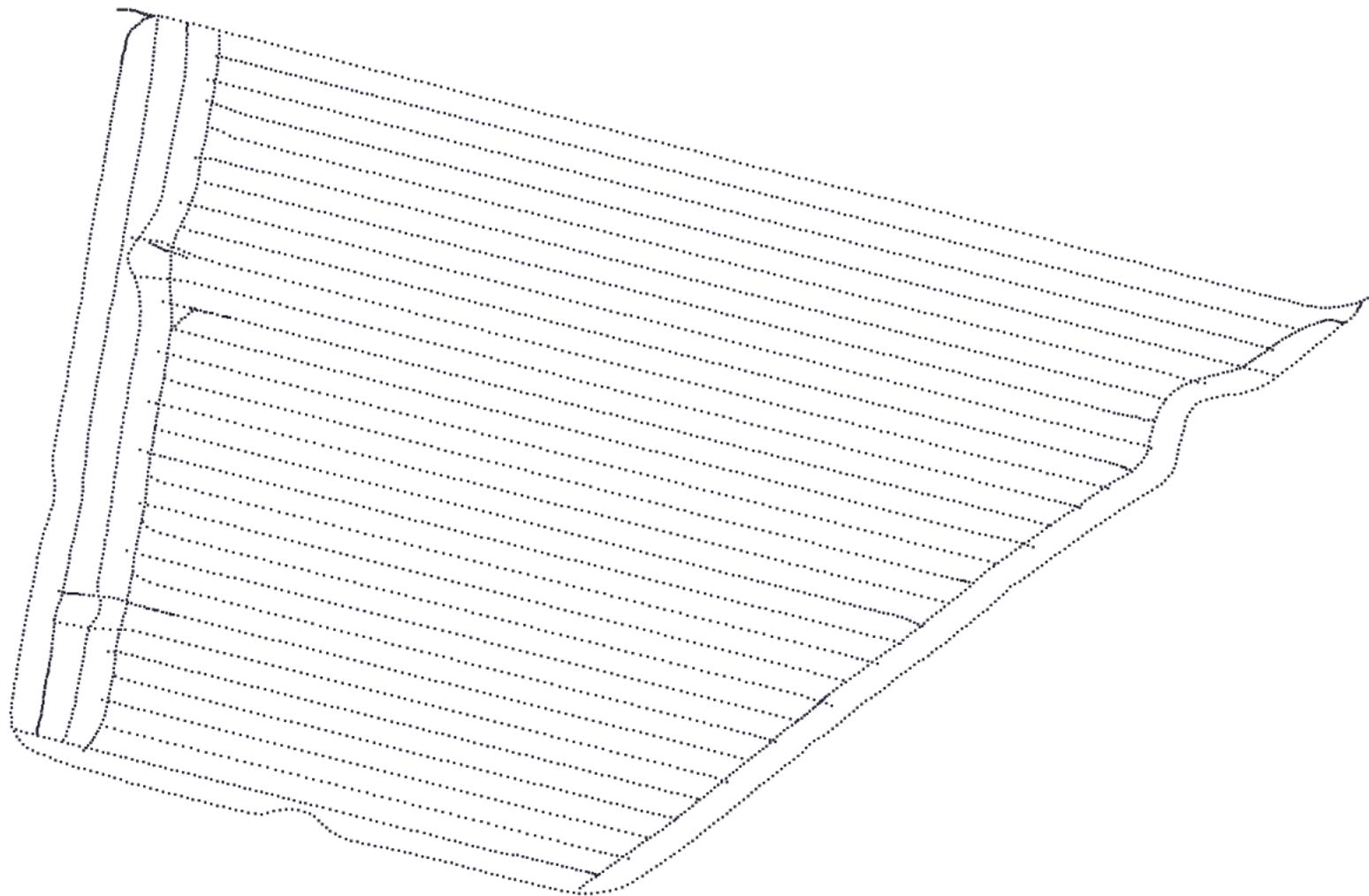


Partner di progetto  
**HORT@**  
From research to field

**CAIONE**  
La Quercia Soc. Coop. Agricoli

**CON.CER**  
ORGANIZZAZIONE DI PRODUTTORI





Progetto realizzato con finanziamento della Regione Puglia - Legge regionale n. 55/2018  
\*Avviso pubblico per la presentazione di Progetti pilota per la promozione e lo sviluppo dell'Agricoltura di Precisione

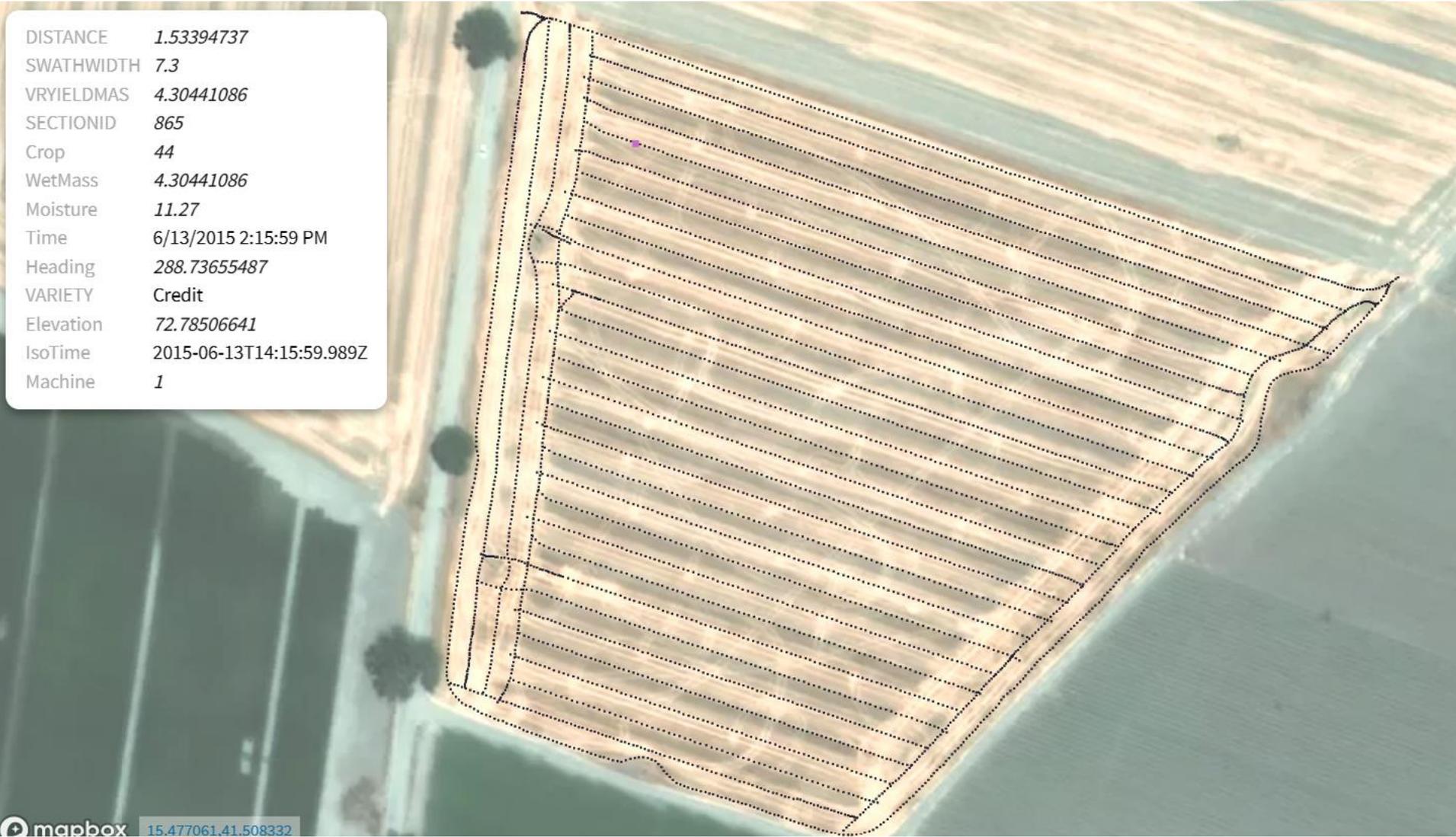


Partner di progetto  
**HORT@**  
From research to field

**CAIONE**  
La Quercia Soc. Coop. Agricoli

**CON.CER**  
ORGANIZZAZIONE DI PRODUTTORI





mapbox 15.477061,41.508332



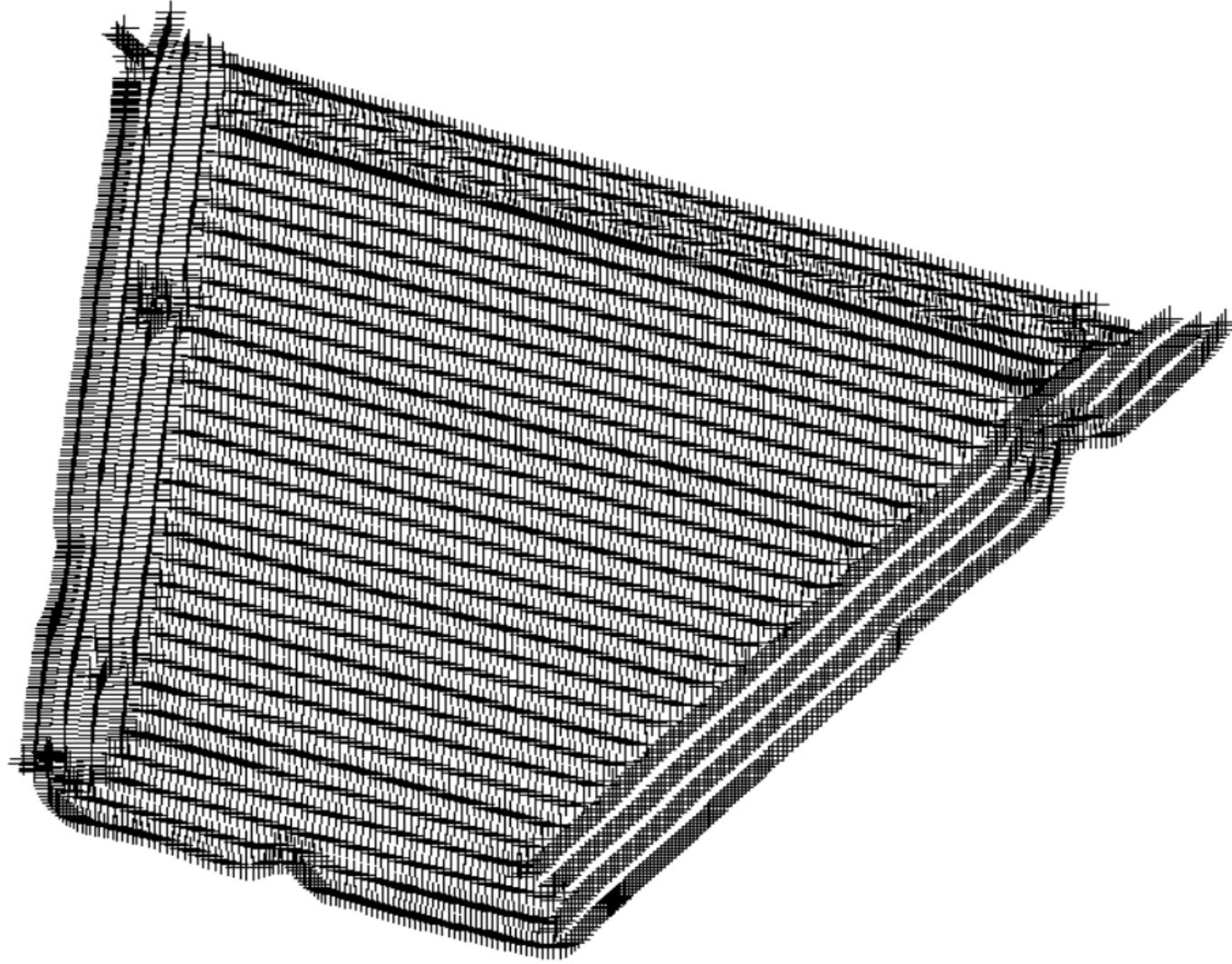
Progetto realizzato con finanziamento della Regione Puglia - Legge regionale n. 55/2018  
 "Avviso pubblico per la presentazione di Progetti pilota per la promozione e lo sviluppo dell'Agricoltura di Precisione"



**Partner di progetto**  
**HORT@**  
 From research to field

**CAIONE CON.CER**  
 La Quercia Soc. Coop. Agricoli ORGANIZZAZIONE DI PRODUTTORI





Progetto realizzato con finanziamento della Regione Puglia - Legge regionale n. 55/2018  
\*Avviso pubblico per la presentazione di Progetti pilota per la promozione e lo sviluppo dell'Agricoltura di Precisione



Partner di progetto  
**HORT@**  
From research to field

**CAIONE**  
La Quercia Soc. Coop. Agricoli

**CON.CER**  
ORGANIZZAZIONE DI PRODUTTORI



DISTANCE, SWATHWIDTH, VRYIELDMAS, SECTIONID, Crop, WetMass, Moisture, Time, Heading, VARIETY, Elevation, IsoTime, Machine

0.96436768,7.3,0,865,44,0,10.21263158,6/13/2015 1:33:05 PM,234.42185974,Credit,71.16894531,2015-06-13T13:33:05.000Z,1

0.99436768,7.3,0,865,44,0,10.92,6/13/2015 1:33:06 PM,232.47185974,Credit,71.15994531,2015-06-13T13:33:06.000Z,1

0.97436768,7.3,0,865,44,0,10.92,6/13/2015 1:33:06 PM,232.25185974,Credit,71.13994531,2015-06-13T13:33:06.996Z,1

1.00436768,7.3,0,865,44,0,10.92,6/13/2015 1:33:08 PM,233.65185974,Credit,71.16494531,2015-06-13T13:33:08.000Z,1

0.99436768,7.3,0,865,44,0,10.92,6/13/2015 1:33:08 PM,235.83185974,Credit,71.15894531,2015-06-13T13:33:08.993Z,1

0.97436768,7.3,0,865,44,0,10.92,6/13/2015 1:33:09 PM,239.18185974,Credit,71.18494531,2015-06-13T13:33:09.999Z,1

0.97436768,7.3,2.12290822,865,44,2.12290822,10.92,6/13/2015 1:33:11 PM,242.74185974,Credit,71.20194531,2015-06-13T13:33:11.004Z,1

1.01436768,7.3,2.88998449,865,44,2.88998449,10.92,6/13/2015 1:33:12 PM,246.00185974,Credit,71.16594531,2015-06-13T13:33:12.000Z,1

1.03436768,7.3,2.88707917,865,44,2.88707917,10.92,6/13/2015 1:33:12 PM,249.66185974,Credit,71.13294531,2015-06-13T13:33:12.997Z,1

0.99436768,7.3,3.08587379,865,44,3.08587379,10.92,6/13/2015 1:33:14 PM,252.92185974,Credit,71.05694531,2015-06-13T13:33:14.000Z,1

1.05436768,7.3,3.48192852,865,44,3.48192852,10.92,6/13/2015 1:33:14 PM,256.69185974,Credit,71.03694531,2015-06-13T13:33:14.997Z,1

0.97436768,7.3,3.59910268,865,44,3.59910268,10.92,6/13/2015 1:33:16 PM,260.14185974,Credit,71.03494531,2015-06-13T13:33:16.000Z,1

1.03436768,7.3,3.45654891,865,44,3.45654891,10.92,6/13/2015 1:33:16 PM,262.81185974,Credit,71.00494531,2015-06-13T13:33:16.995Z,1

0.99436768,7.3,3.25118846,865,44,3.25118846,10.92,6/13/2015 1:33:18 PM,267.24185974,Credit,71.01694531,2015-06-13T13:33:18.003Z,1

1.02436768,7.3,3.03561808,865,44,3.03561808,10.92,6/13/2015 1:33:19 PM,271.62185974,Credit,71.01594531,2015-06-13T13:33:19.004Z,1

0.98436768,7.3,3.85477971,865,44,3.85477971,10.92,6/13/2015 1:33:19 PM,275.08185974,Credit,71.04894531,2015-06-13T13:33:19.998Z,1

0.98436768,7.3,3.6272739,865,44,3.64603713,14.94,6/13/2015 1:33:20 PM,277.32185974,Credit,71.05194531,2015-06-13T13:33:20.993Z,1

1.04436768,7.3,3.75816176,865,44,3.77760206,14.94,6/13/2015 1:33:22 PM,279.37185974,Credit,71.08394531,2015-06-13T13:33:22.005Z,1

1.06436768,7.3,4.00764334,865,44,4.02837415,14.94,6/13/2015 1:33:23 PM,282.98185974,Credit,71.08294531,2015-06-13T13:33:23.002Z,1

1.11436768,7.3,3.70553164,865,44,3.72469969,14.94,6/13/2015 1:33:24 PM,287.19185974,Credit,71.10594531,2015-06-13T13:33:24.002Z,1

1.08436768,7.3,4.1976508,865,44,4.21936449,14.94,6/13/2015 1:33:25 PM,287.65185974,Credit,71.11894531,2015-06-13T13:33:25.005Z,1

1.09436768,7.3,4.54533619,865,44,4.5688484,14.94,6/13/2015 1:33:25 PM,288.37185974,Credit,71.15794531,2015-06-13T13:33:25.998Z,1

1.10436768,7.3,3.87482743,865,44,3.89487121,14.94,6/13/2015 1:33:27 PM,287.94185974,Credit,71.16994531,2015-06-13T13:33:27.001Z,1

1.09436768,7.3,3.98495228,865,44,4.00556572,14.94,6/13/2015 1:33:27 PM,287.90185974,Credit,71.19194531,2015-06-13T13:33:27.996Z,1

1.10436768,7.3,4.40545666,865,44,4.42824529,14.94,6/13/2015 1:33:28 PM,287.90185974,Credit,71.21194531,2015-06-13T13:33:28.992Z,1

1.12436768,7.3,4.26648984,865,44,4.28855962,14.94,6/13/2015 1:33:30 PM,287.78185974,Credit,71.23794531,2015-06-13T13:33:30.009Z,1

1.26436768,7.3,3.94497363,865,44,3.96538027,14.94,6/13/2015 1:33:31 PM,287.14185974,Credit,71.24194531,2015-06-13T13:33:31.004Z,1

1.32436768,7.3,4.06466658,865,44,4.08569237,14.94,6/13/2015 1:33:31 PM,287.40185974,Credit,71.26394531,2015-06-13T13:33:31.995Z,1

1.37436768,7.3,3.78788543,865,44,3.80747947,14.94,6/13/2015 1:33:33 PM,288.11185974,Credit,71.28294531,2015-06-13T13:33:33.004Z,1



Progetto realizzato con finanziamento della Regione Puglia - Legge regionale n. 55/2018  
 \*Avviso pubblico per la presentazione di Progetti pilota per la promozione e lo sviluppo dell'Agricoltura di Precisione



Partner di progetto  
 HORT@  
 From research to field

CAIONE  
 La Quercia Soc. Coop. Agricoli  
 CON.CER  
 ORGANIZZAZIONE DI PRODUTTORI



	DISTANCE	SWATHWIDTH	VRYIELDMAS	SECTIONID	Crop	WetMass	Moisture	Time	Heading	VARIETY	Elevation	IsoTime
1	1,80148881	7,30000000	1,61966491	376	44	1,61966491	12,73000000	6/27/2018 11:2...	288,31996948	IRIDE	72,75744531	2018-06-27T11:...
2	1,81148881	7,30000000	1,37629924	376	44	1,37629924	12,73000000	6/27/2018 11:2...	288,61996948	IRIDE	72,74644531	2018-06-27T11:...
3	1,80148881	7,30000000	1,62726897	376	44	1,62726897	12,73000000	6/27/2018 11:2...	288,42996948	IRIDE	72,75044531	2018-06-27T11:...
4	1,81148881	7,30000000	1,54266509	376	44	1,54266509	12,73000000	6/27/2018 11:2...	288,10996948	IRIDE	72,69644531	2018-06-27T11:...
5	1,81148881	7,30000000	1,70146885	376	44	1,70146885	12,73000000	6/27/2018 11:2...	288,62996948	IRIDE	72,72544531	2018-06-27T11:...
6	1,80148881	7,30000000	1,71091364	376	44	1,71091364	12,73000000	6/27/2018 11:2...	288,10996948	IRIDE	72,71944531	2018-06-27T11:...
7	1,82148881	7,30000000	1,94030649	376	44	1,94030649	12,73000000	6/27/2018 11:2...	288,24996948	IRIDE	72,69944531	2018-06-27T11:...
8	1,77148881	7,30000000	2,46684056	376	44	2,46684056	11,02000000	6/27/2018 11:2...	107,30562452	IRIDE	72,78844531	2018-06-27T11:...
9	1,82148881	7,30000000	2,43814772	376	44	2,43814772	11,02000000	6/27/2018 11:2...	109,09562452	IRIDE	72,77544531	2018-06-27T11:...
10	1,43148881	7,30000000	2,46684056	376	44	2,46684056	11,02000000	6/27/2018 11:2...	103,81562452	IRIDE	72,86944531	2018-06-27T11:...
11	1,82148881	7,30000000	2,46684056	376	44	2,46684056	11,02000000	6/27/2018 11:2...	106,51562452	IRIDE	72,82444531	2018-06-27T11:...
12	1,81148881	7,30000000	0,82426713	376	44	0,82426713	12,73000000	6/27/2018 11:2...	288,65996948	IRIDE	72,78444531	2018-06-27T11:...
13	1,81148881	5,47500000	0,56463559	376	44	0,56463559	12,73000000	6/27/2018 11:2...	288,18996948	IRIDE	72,80344531	2018-06-27T11:...
14	1,78148881	7,30000000	1,51481733	376	44	1,51481733	12,73000000	6/27/2018 11:2...	288,59996948	IRIDE	72,77844531	2018-06-27T11:...
15	1,78148881	7,30000000	1,33796049	376	44	1,33796049	12,73000000	6/27/2018 11:2...	288,56996948	IRIDE	72,77644531	2018-06-27T11:...
16	1,80148881	7,30000000	1,74893394	376	44	1,74893394	11,41000000	6/27/2018 11:2...	108,68562452	IRIDE	72,76544531	2018-06-27T11:...
17	1,80148881	7,30000000	1,49799994	376	44	1,49799994	11,41000000	6/27/2018 11:2...	108,76562452	IRIDE	72,75044531	2018-06-27T11:...
18	1,82148881	7,30000000	1,52667526	376	44	1,52667526	11,02000000	6/27/2018 11:2...	108,99562452	IRIDE	72,77644531	2018-06-27T11:...
19	1,82148881	7,30000000	1,63196321	376	44	1,63196321	11,02000000	6/27/2018 11:2...	108,85562452	IRIDE	72,75944531	2018-06-27T11:...



Progetto realizzato con finanziamento della Regione Puglia - Legge regionale n. 55/2018  
 \*Avviso pubblico per la presentazione di Progetti pilota per la promozione e lo sviluppo dell'Agricoltura di Precisione



Partner di progetto  
**HORT@**  
 From research to field

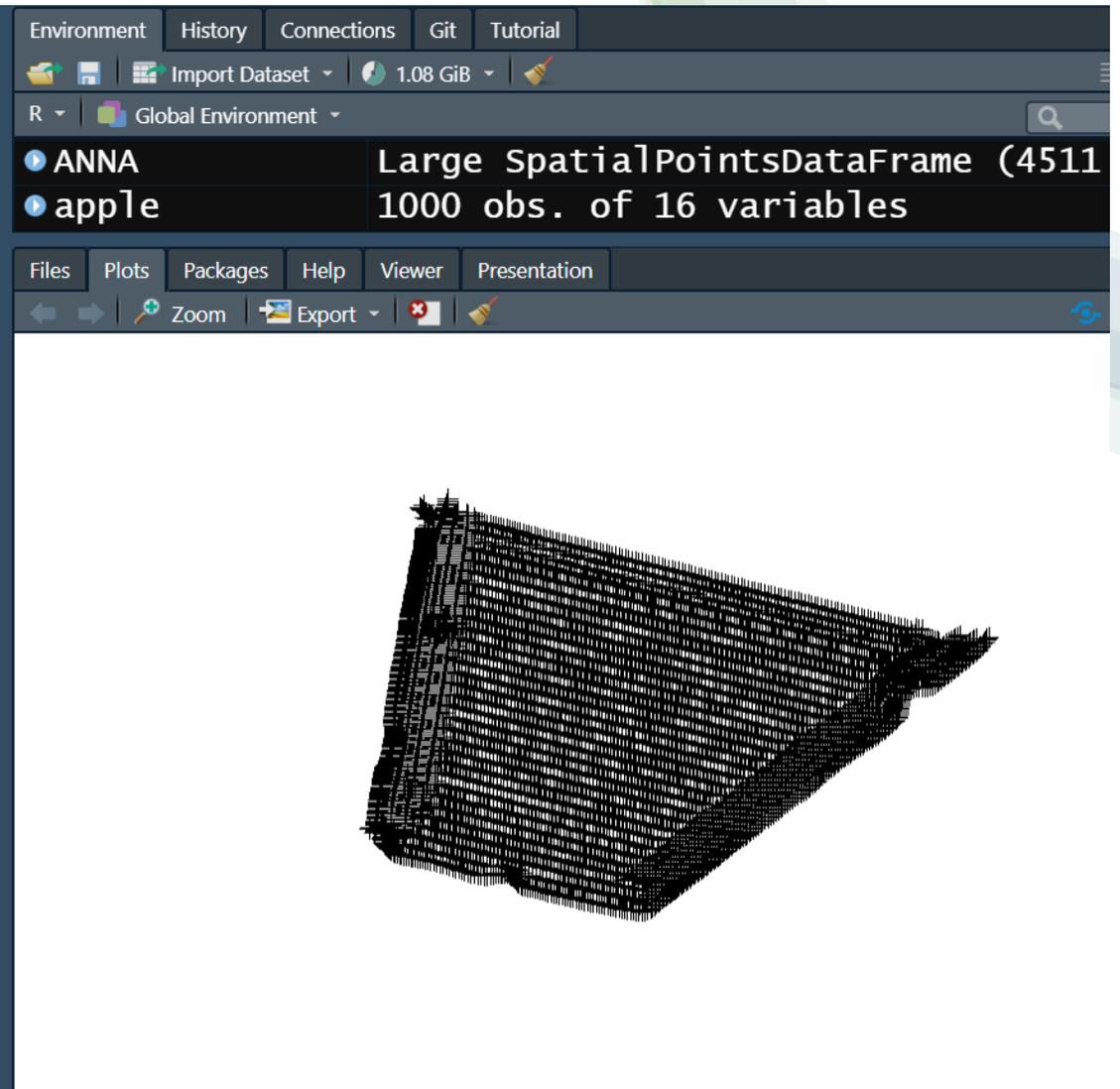
**CAIONE CON.CER**  
 La Quercia Soc. Coop. Agricoli ORGANIZZAZIONE DI PRODUTTORI



```

22_11_18_geo_fg.R x 2022_12_02_PCA_FG.R x 2023_01_13_adp4durum.R* x 2022_12_
Source on Save Run Source
67 #####IMPORTAZIONE IN R DEL FILE .DPT, SHX, SH
68 jdANNadbfg<-read.dbf("Sorelle_RATINO_1 h 44 s
69 jdANNashx<-read.shx("Sorelle_RATINO_1 h 44 s
70 jdANNashp<-read.shp("Sorelle_RATINO_1 h 44 s
71
72 #####è anche possibile importare lo shapefile
73 ANNA<-readOGR("Sorelle_RATINO_1 h 44 sp13_Ha
74 plot(ANNA)
75
76 ##### verifica della struttura dei file
77 str(jdANNadbfg)
78 str(jdANNashx)
79 str(jdANNashp)
80
73:1 # PASSO N.1 R Script
Console Terminal Background Jobs
R 4.2.0 ~/GIT_ELIO/potato/
Source: "C:\Users\elio.romano\Documents\GIT_ELIO\p
otato\Sorelle_RATINO_1 h 44 sp13_Harvest_2018-06-2
7_00.shp", layer: "Sorelle_RATINO_1 h 44 sp13_Harv
est_2018-06-27_00"
with 4511 features
It has 13 fields
> plot(ANNA)

```



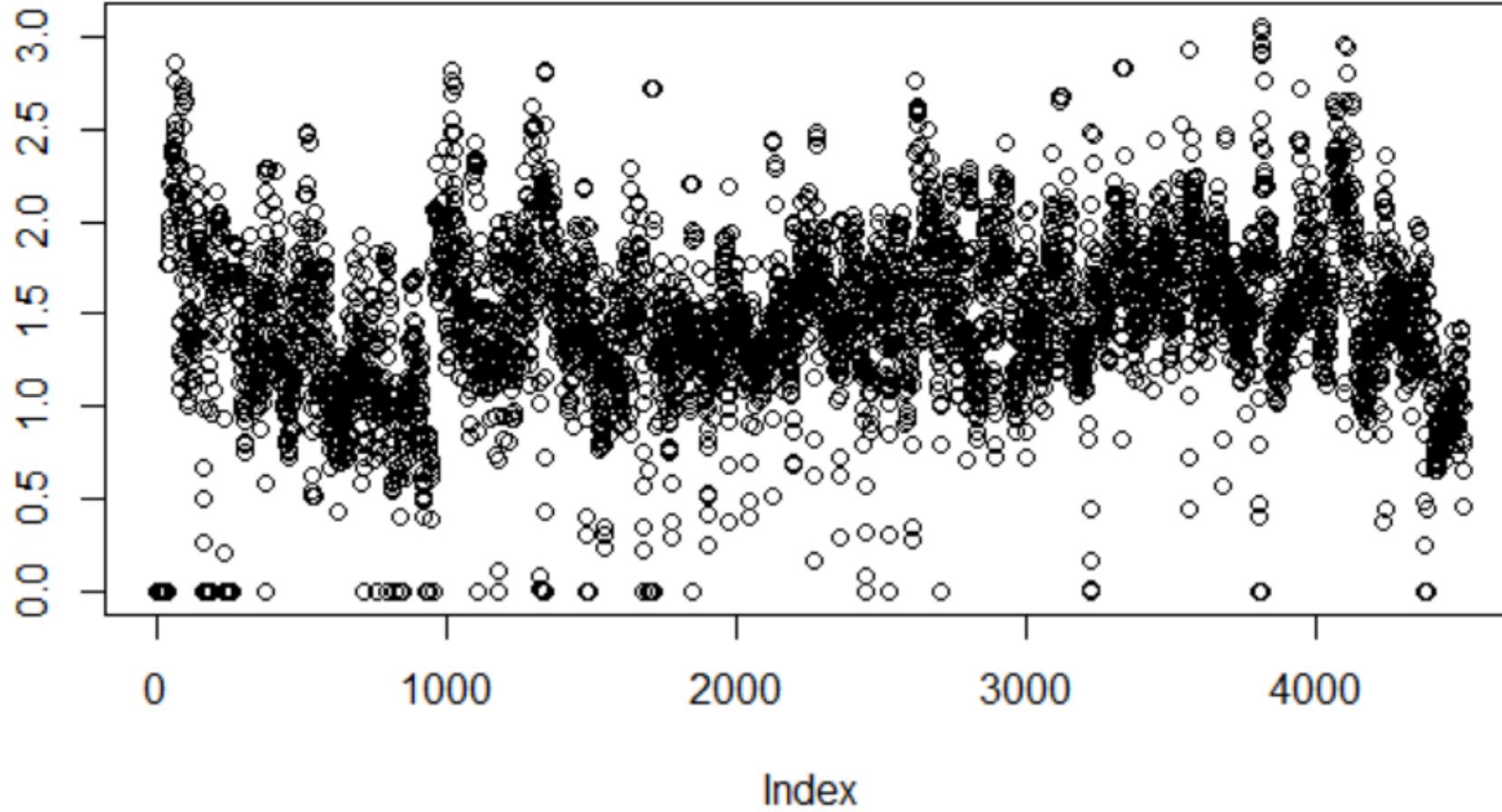
Progetto realizzato con finanziamento della Regione Puglia - Legge regionale n. 55/2018 "Avviso pubblico per la promozione e lo sviluppo pilota per la promozione e lo sviluppo dell'Agricoltura di Precisione"

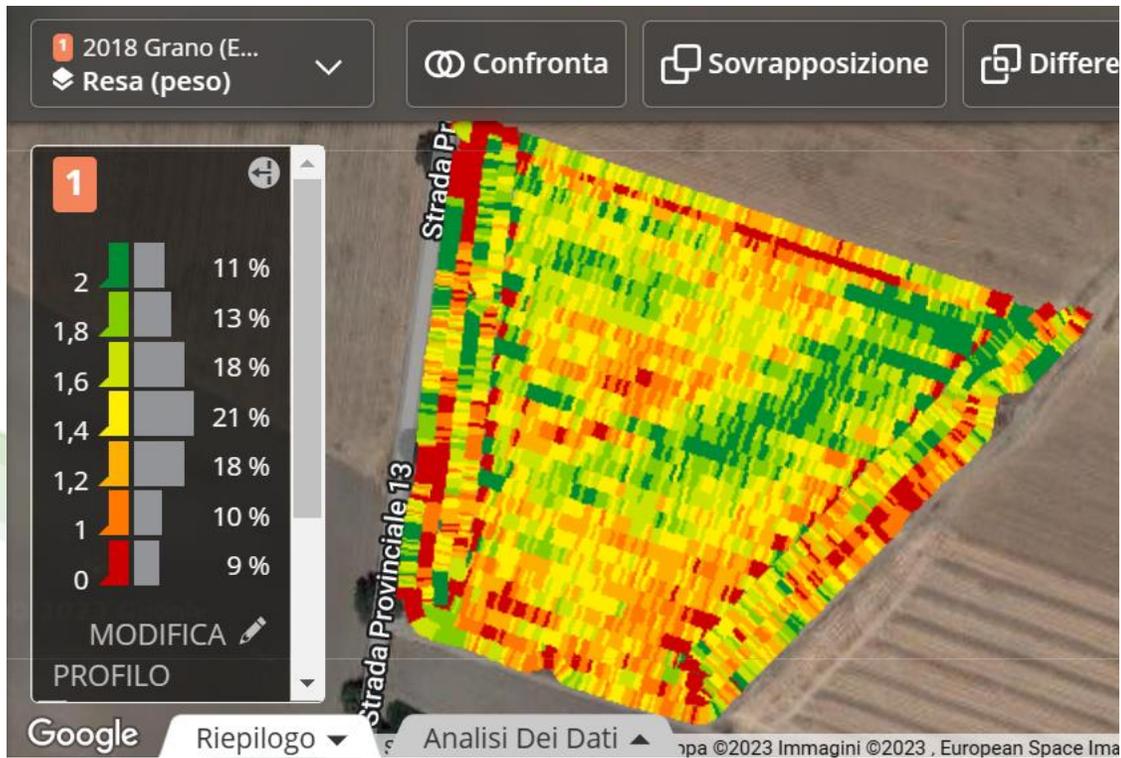


Partner di progetto



jdANNAdbf\$dbf\$VRYIELDMAS





Progetto realizzato con finanziamento della Regione Puglia - Legge regionale n. 55/2018  
\*Avviso pubblico per la presentazione di Progetti pilota per la promozione e lo sviluppo dell'Agricoltura di Precisione



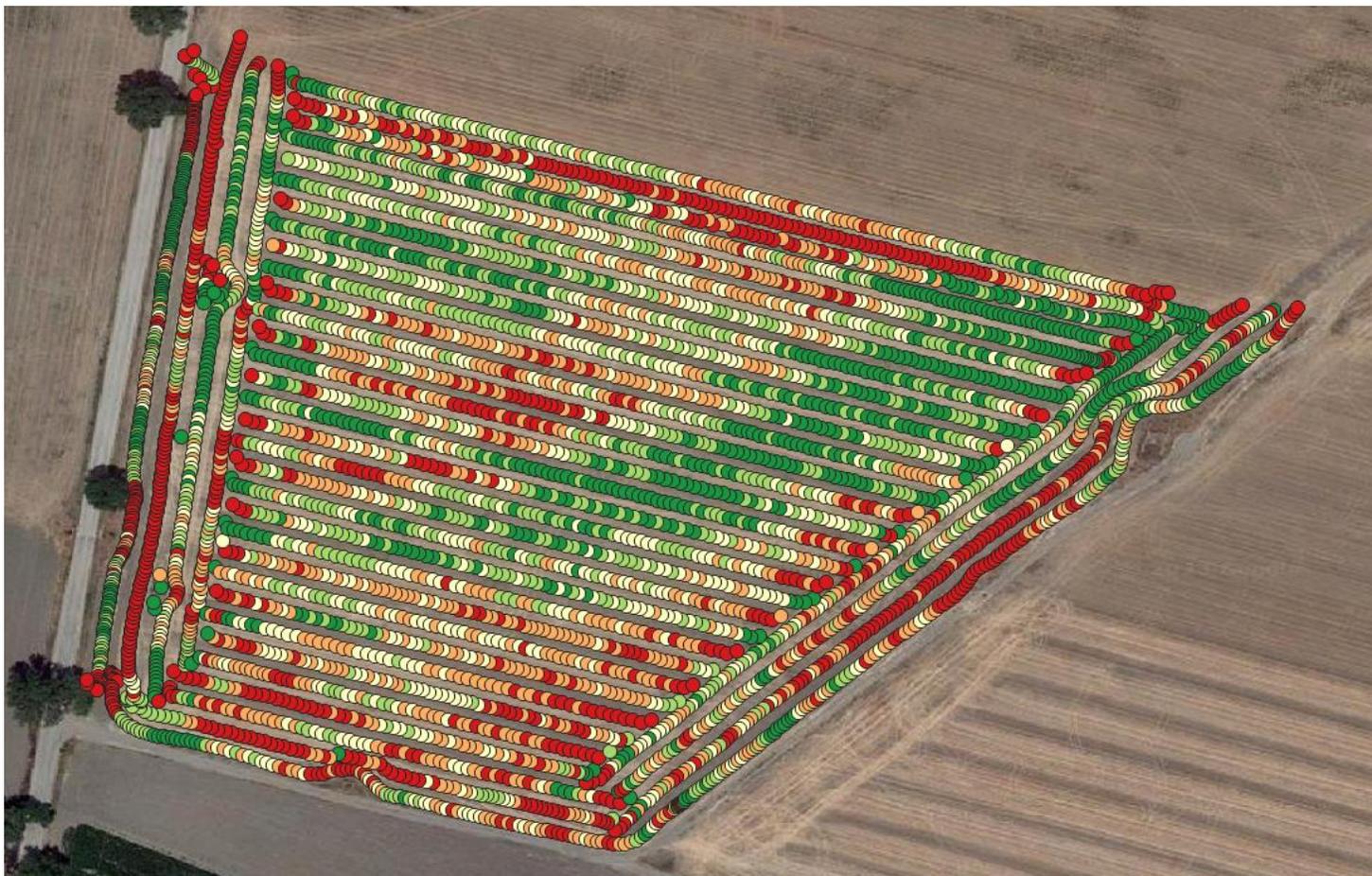
Partner di progetto  
HORT@  
From research to field

CAIONE CON.CER  
La Qualità Soc. Coop. Agricoli ORGANIZZAZIONE DI PRODUTTORI



# Differenze - stabilità



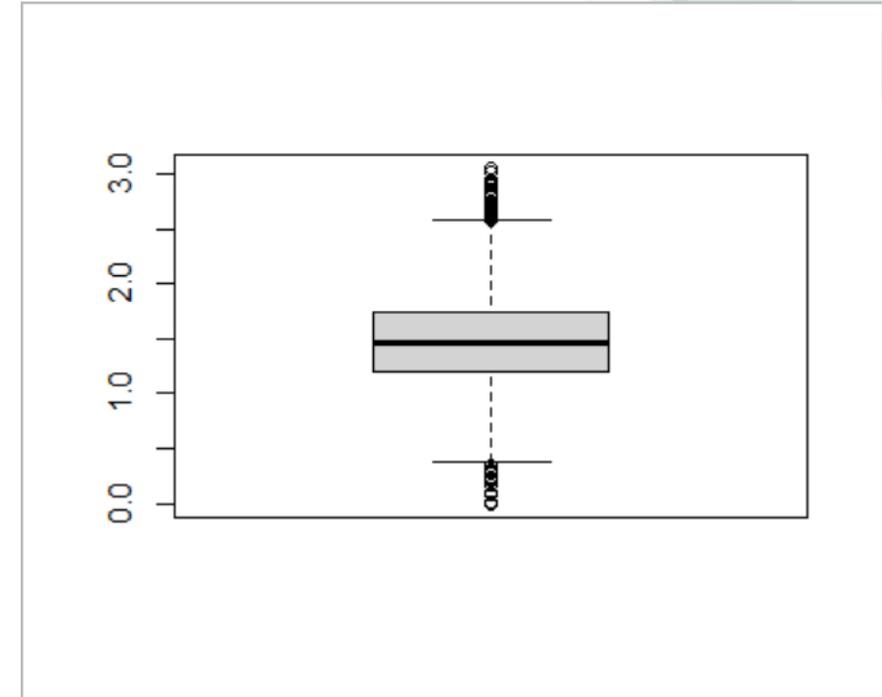


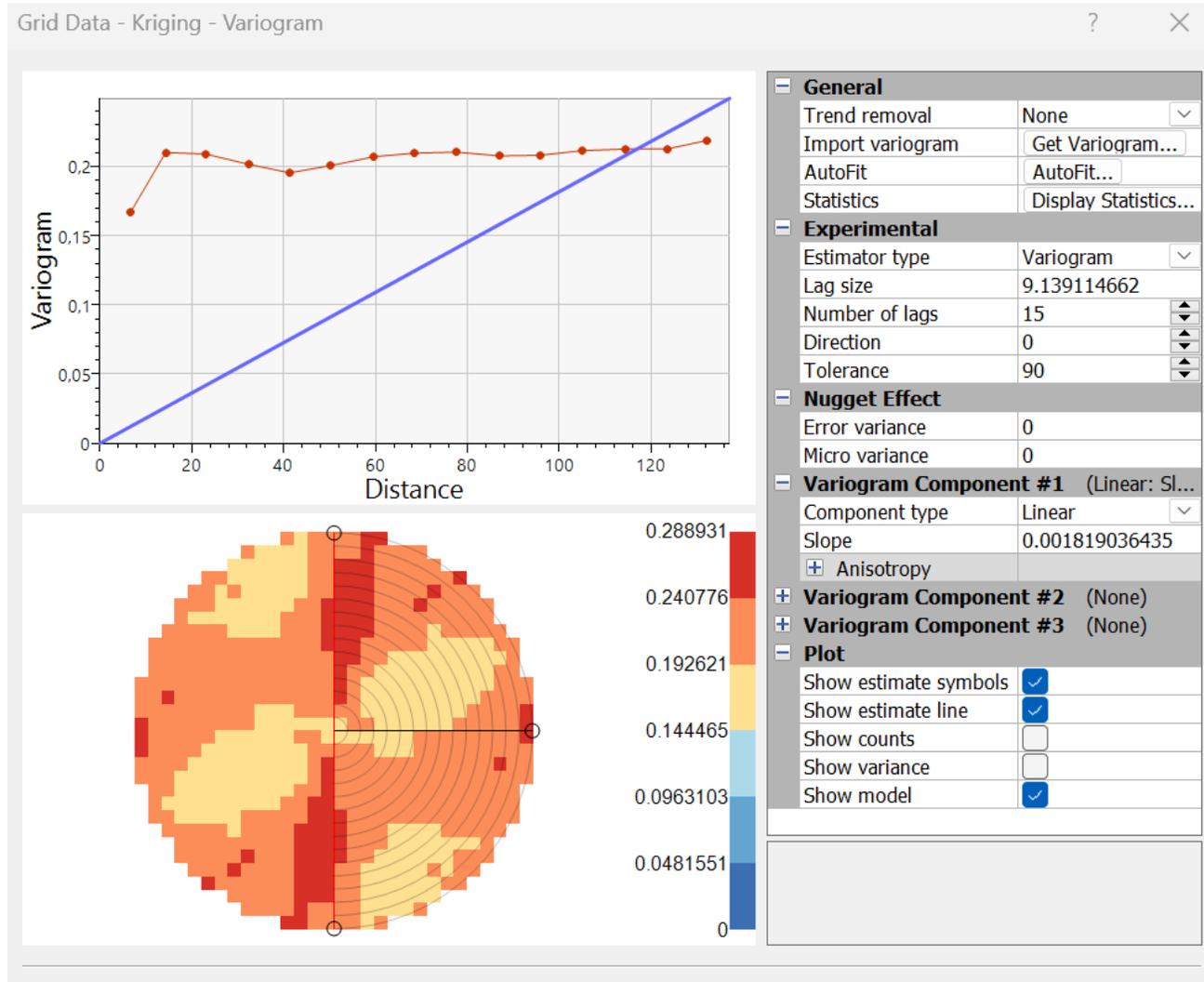


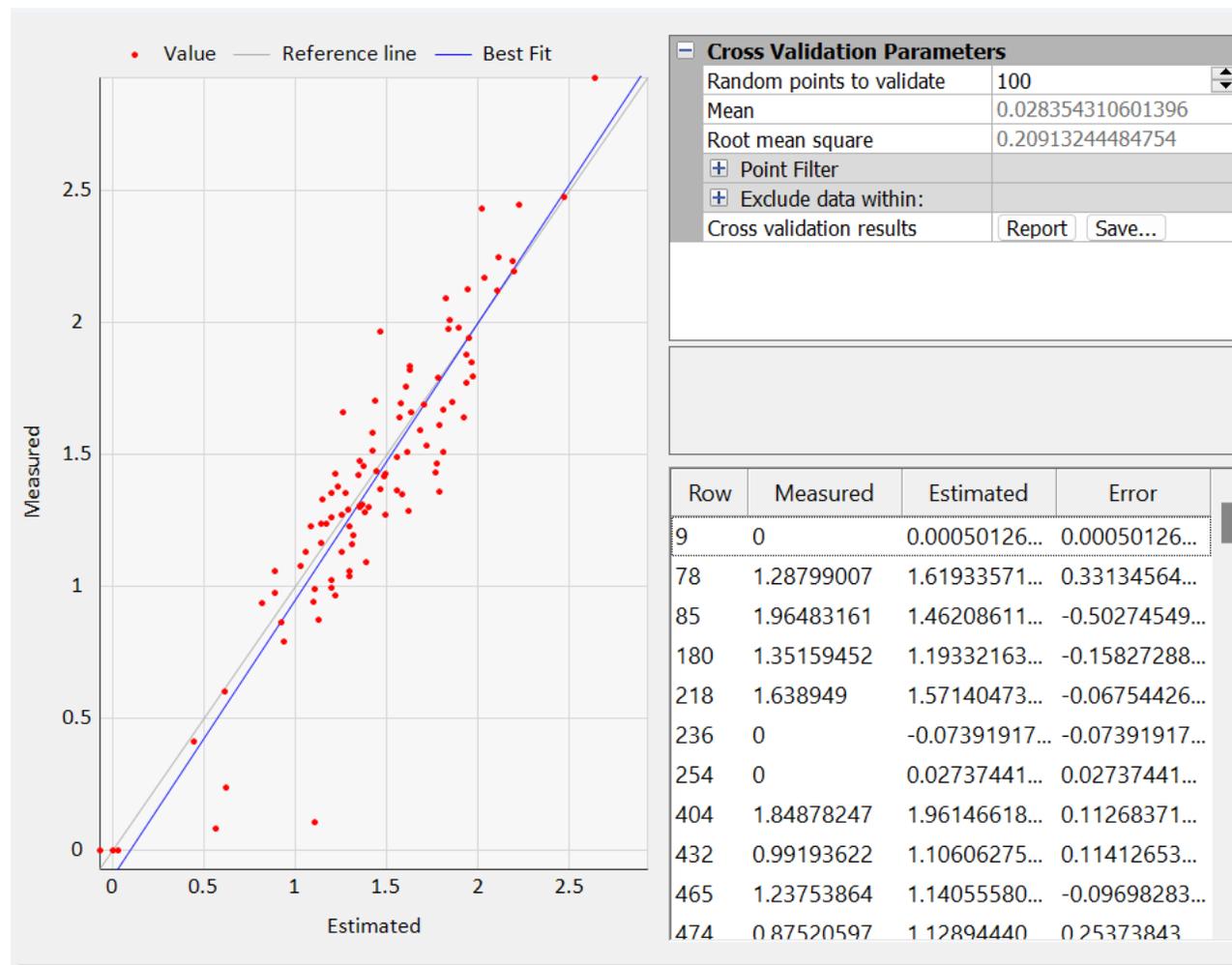
"VRYIELDMAS" "x" "y"

```
1.77365974 539817.348917145 4595304.99770456
1.77365974 539817.302356088 4595304.1496746
1.84783094 539817.161518095 4595303.34209187
1.89050257 539817.013833048 4595302.5049392
1.93106821 539816.890182505 4595301.69811748
1.97621027 539816.769507297 4595300.88143113
2.02164713 539816.72866269 4595300.0409823
2.02164713 539816.679781154 4595299.23535039
2.02164713 539816.580557193 4595298.38780696
2.20125091 539816.472651212 4595297.55586988
2.15757419 539816.334442899 4595296.74053008
2.36259257 539816.146613295 4595295.90382203
2.37498415 539816.016539625 4595295.08131062
2.39783327 539815.939985673 4595294.22401125
2.39783327 539815.902785742 4595293.37336842
2.39783327 539815.846707767 4595292.52584107
2.39783327 539815.825757032 4595291.66451867
2.38212352 539815.793908573 4595290.82711713
2.21040191 539815.661754448 4595289.98838487
2.27876871 539815.418143481 4595289.17279648
2.49934673 539815.248499603 4595288.35250923
2.44132283 539815.128263022 4595287.50163021
2.53582565 539815.032678617 4595286.64478096
2.15781438 539814.952266016 4595285.79101307
2.76743681 539814.792856518 4595284.9611233
2.86220016 539814.604283296 4595284.1229679
2.45813505 539814.450051455 4595283.29244058
```

Original Data Statistics	
Original Count	4511
X Minimum	15.476826263636
X Maximum	15.480517570401
Y Minimum	41.50629022422
Y Maximum	41.50875642122
Z Minimum	0
Z Maximum	3.05401544
Detailed statistics	<a href="#">Report</a>







Minimum:	15.4768619034	41.5062902242	0
Maximum:	15.4805175704	41.5087404482	3.05401544
Mean:	15.4783166912	41.5075027689	1.46781955943
Median:	15.4782456844	41.5075371712	1.46445195
Geometric Mean:	15.4783166684	41.5075027651	N/A
Harmonic Mean:	15.4783166455	41.5075027612	N/A
Root Mean Square:	15.4783167141	41.5075027727	1.53573819798
Trim Mean (10%):	15.4782916704	41.5075043999	1.47541743839
Interquartile Mean:	15.4782511958	41.5075244534	1.47158464114
Midrange:	15.4786897369	41.5075153362	1.52700772
Winsorized Mean:	15.4782974818	41.5075011378	1.47746237544
TriMean:	15.4782607489	41.5075179066	1.4704521825
Variance:	7.07601740015e-07	3.16938441322e-07	0.204105260949
Standard Deviation:	0.00084119066805	0.0005629728602	0.451780102427
Interquartile Range:	0.001300642	0.000892105543201	0.53742261
Range:	0.0036556670001	0.0024502240004	3.05401544
Mean Difference:	0.000962006853528	0.000647671234392	0.489761098004
Median Abs. Deviation:	0.000649004	0.000442391000199	0.26726523
Average Abs. Deviation:	0.00070139362147	0.000475312664489	0.337571147953
Quartile Dispersion:	4.20150802221e-05	1.07463178027e-05	N/A
Relative Mean Diff.:	6.21519040293e-05	1.56037147789e-05	0.333665738992
Standard Error:	1.9323680088e-05	1.29325108586e-05	0.0103782109111
Coef. of Variation:	5.43463921065e-05	1.35631590109e-05	0.307789945654
Skewness:	0.345885657975	-0.103397203709	-0.323901551932
Kurtosis:	2.25665484965	2.08203312137	4.62534868729
Sum:	29331.4101299	78656.717747	2781.51806512
Sum Absolute:	29331.4101299	78656.717747	2781.51806512
Sum Squares:	454000.856331	3264843.93027	4469.34198513
Mean Square:	239.578288301	1722.87278642	2.35849181273

## Gridding Rules

Gridding Method: Kriging  
Kriging Type: Point

Polynomial Drift Order: 0  
Kriging std. deviation grid: no

## Semi-Variogram Model

Component Type: Linear  
Anisotropy Angle: 0  
Anisotropy Ratio: 1  
Variogram Slope: 0.00181904

## Search Parameters

Search Ellipse Radius #1: 206  
Search Ellipse Radius #2: 206  
Search Ellipse Angle: 0

Number of Search Sectors: 4  
Maximum Data Per Sector: 16  
Maximum Empty Sectors: 3

Minimum Data: 8  
Maximum Data: 64



Progetto realizzato con finanziamento della Regione Puglia - Legge regionale n. 55/2018  
\*Avviso pubblico per la presentazione di Progetti pilota per la promozione e lo sviluppo dell'Agricoltura di Precisione



Partner di progetto



5 zone



Progetto realizzato con finanziamento della Regione Puglia - Legge regionale n. 55/2018  
\*Avviso pubblico per la presentazione di Progetti pilota per la promozione e lo sviluppo dell'Agricoltura di Precisione



Partner di progetto  
**HORT@**  
From research to field

**CAIONE**  
La Quercia Soc. Coop. Agricoli

**CON.CER**  
ORGANIZZAZIONE DI PRODUTTORI



4 zone



Progetto realizzato con finanziamento della Regione Puglia - Legge regionale n. 55/2018  
\*Avviso pubblico per la presentazione di Progetti pilota per la promozione e lo sviluppo dell'Agricoltura di Precisione



Partner di progetto  
**HORT@**  
From research to field

**CAIONE CON.CER**  
La Quercia Soc. Coop. Agricoli ORGANIZZAZIONE DI PRODUTTORI



## 3 zone

<input type="checkbox"/>	<b>1</b>	0.7 - 2.6 t/ha	0.871 ha
<input type="checkbox"/>	<b>2</b>	2.6 - 2.81 t/ha	1.648 ha
<input type="checkbox"/>	<b>3</b>	2.81 - 3.76 t/ha	2.672 ha



Progetto realizzato con finanziamento della Regione Puglia - Legge regionale n. 55/2018  
\*Avviso pubblico per la presentazione di Progetti pilota per la promozione e lo sviluppo dell'Agricoltura di Precisione

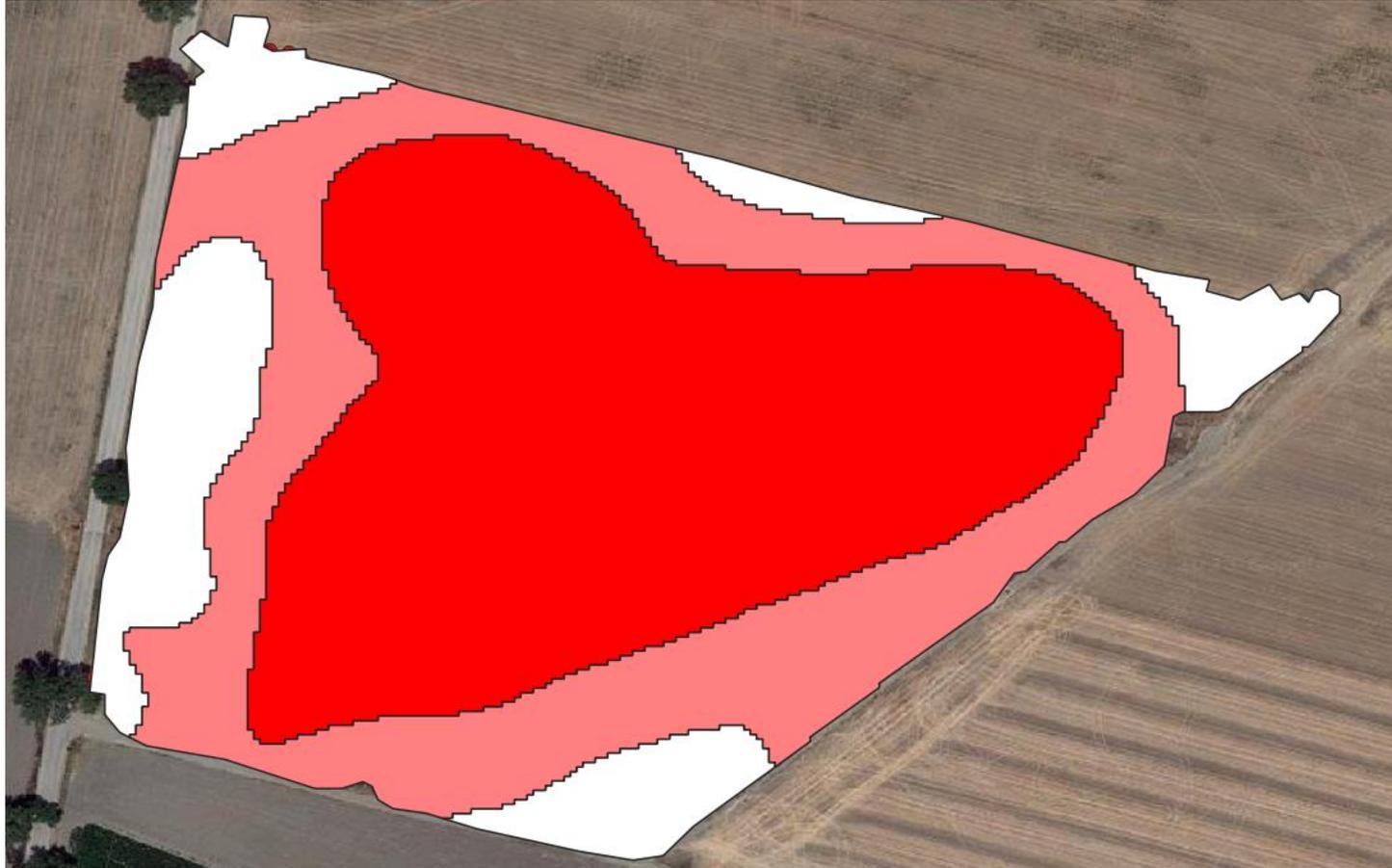


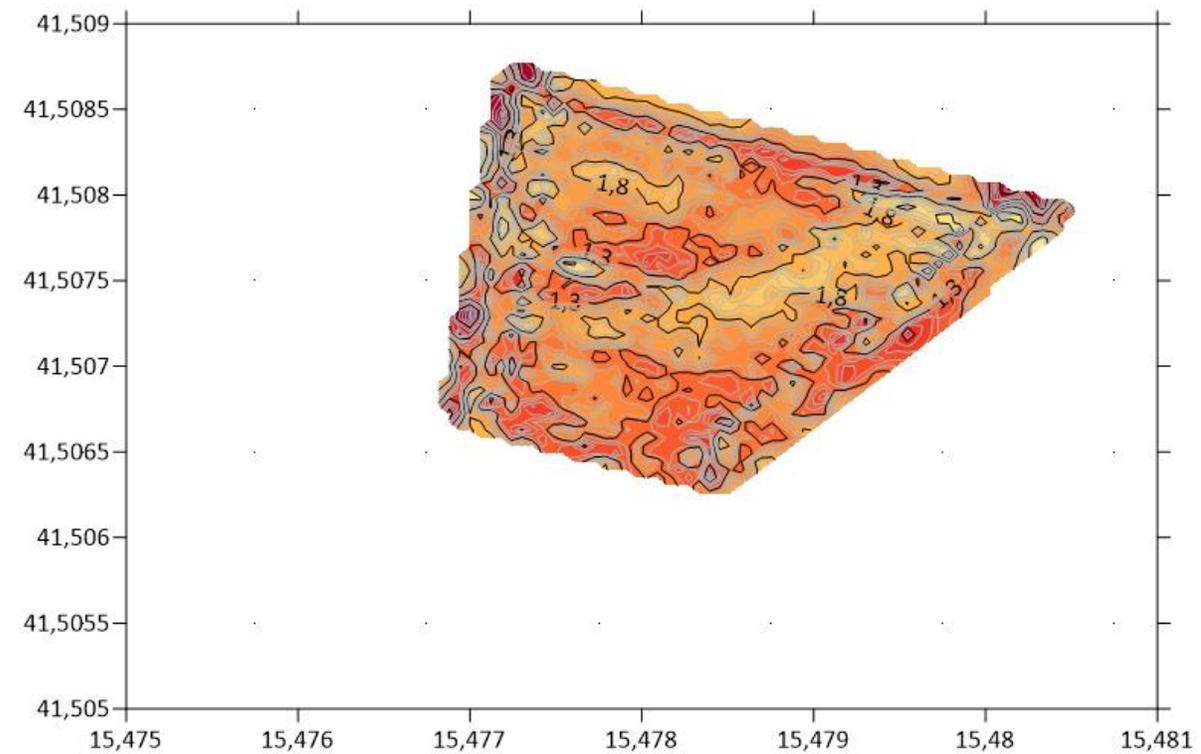
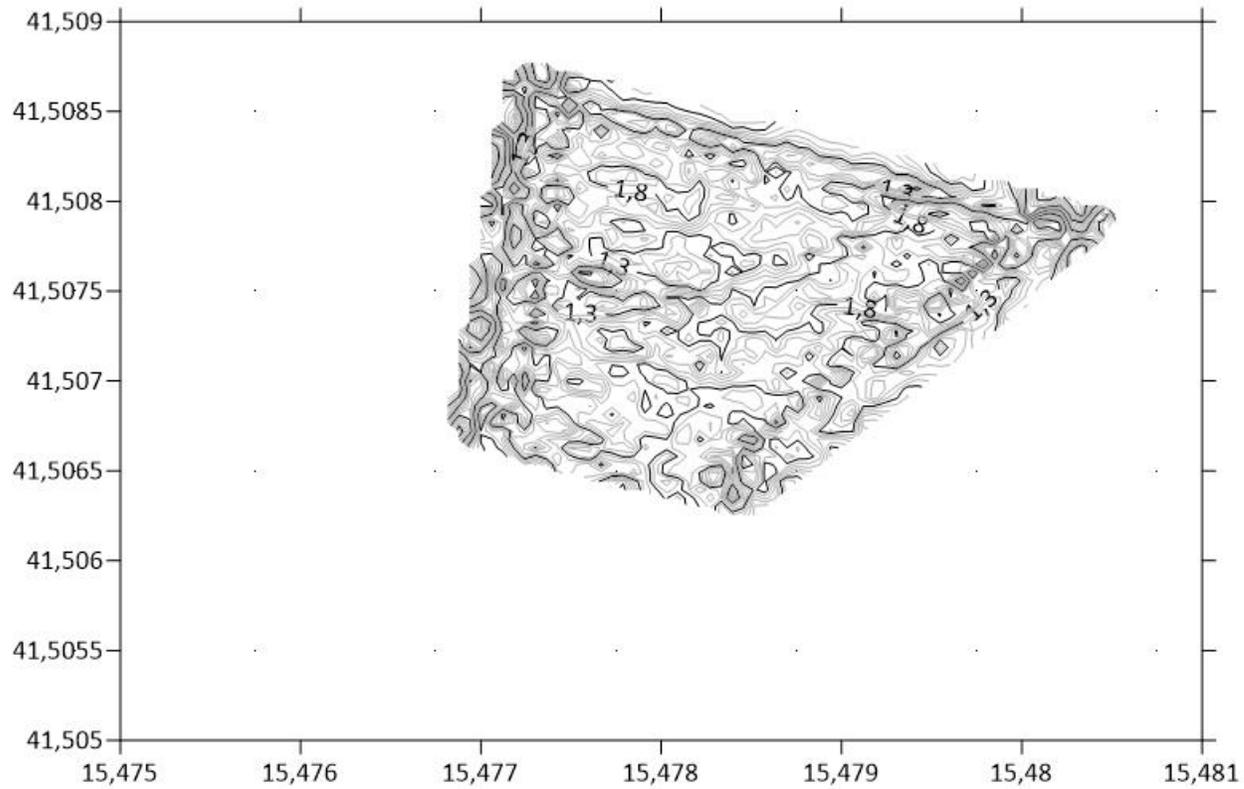
Partner di progetto  
**HORT@**  
From research to field

**CAIONE CON.CER**  
La Quercia Soc. Coop. Agricoli ORGANIZZAZIONE DI PRODUTTORI



- ✓  80 - 93
- ✓  93 - 110
- ✓  110 - 130





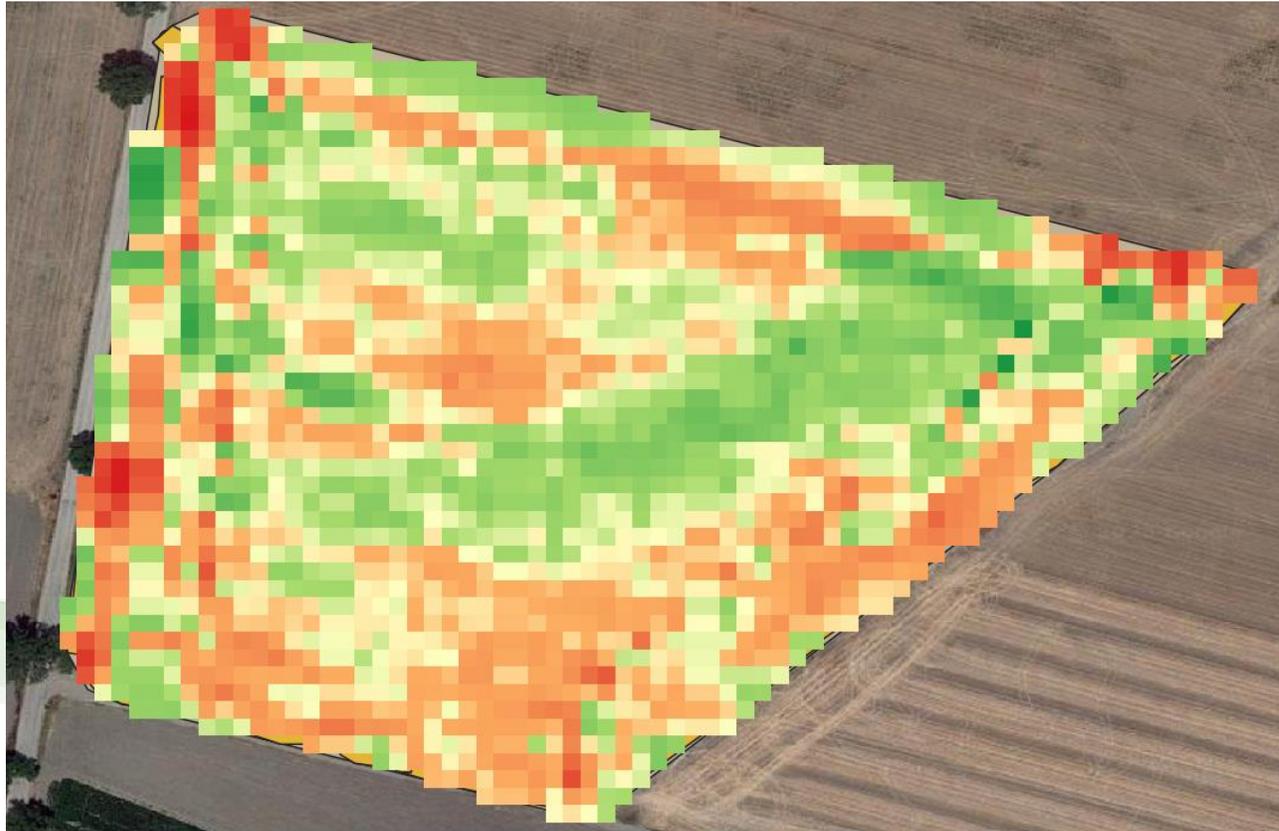
Progetto realizzato con finanziamento della Regione Puglia - Legge regionale n. 55/2018  
 \*Avviso pubblico per la presentazione di Progetti pilota per la promozione e lo sviluppo dell'Agricoltura di Precisione



Partner di progetto  
 HORT@  
 From research to field

CAIONE CON.CER  
 La Quercia Soc. Coop. Agricoli ORGANIZZAZIONE DI PRODUTTORI





### Grid Data - Kriging - Output

Output Grid Geometry

Copy geometry from: <None> Browse...

	Minimum	Maximum	Spacing	# of Nodes
X Direction:	15.475	15.481	6.0606060606062	100
Y Direction:	41.505	41.509	4.6511627906950	87

Grid Z Limits

Minimum: None

Maximum: None

Assign NoData outside convex hull of data

Inflate convex hull by: 0

Z Transform: Linear

NoData Polygon Boundary

<None> Browse...

Loaded 0 polygons total (0 inside, 0 outside)

NoData Inside  NoData Outside  Mixed  Selected objects only

Output Grid

C:\Users\elio.romano\Downloads\ANNAYIELD\_DF.grd

Grid Report

Add grid as layer to: [New Map]

New layer type: Contour

Save Settings...

< Indietro Avanti > Skip to End >> Fine



Progetto realizzato con finanziamento della Regione Puglia - Legge regionale n. 55/2018  
 \*Avviso pubblico per la presentazione di Progetti pilota per la promozione e lo sviluppo dell'Agricoltura di Precisione



Partner di progetto  
**HORT@**  
 From research to field

**CAIONE**  
 La Quercia Soc. Coop. Agricoli

**CON.CER**  
 ORGANIZZAZIONE DI PRODUTTORI





### Grid Data - Kriging - Output

Output Grid Geometry

Copy geometry from:

	Minimum	Maximum	Spacing	# of Nodes
X Direction:	<input type="text" value="15.475"/>	<input type="text" value="15.481"/>	<input type="text" value="0.0001224489795"/>	<input type="text" value="50"/>
Y Direction:	<input type="text" value="41.505"/>	<input type="text" value="41.509"/>	<input type="text" value="0.0001025641025"/>	<input type="text" value="40"/>

Grid Z Limits

Minimum:

Maximum:

Assign NoData outside convex hull of data  
Inflate convex hull by:

Z Transform:

NoData Polygon Boundary

Loaded 0 polygons total (0 inside, 0 outside)

NoData Inside
  NoData Outside
  Mixed
  Selected objects only

Output Grid

Grid Report

Add grid as layer to:

New layer type:



Progetto realizzato con finanziamento della Regione Puglia - Legge regionale n. 55/2018  
 \*Avviso pubblico per la presentazione di Progetti pilota per la promozione e lo sviluppo dell'Agricoltura di Precisione



Partner di progetto  
**HORT@**  
 From research to field

**CAIONE CON.CER**  
 La Quercia Soc. Coop. Agricoli ORGANIZZAZIONE DI PRODUTTORI



15.478333333333 41.506255813953 1.4699734939808  
 15.478393939394 41.506255813953 1.4029746044353  
 15.478454545455 41.506255813953 1.4853843009537  
 15.478515151515 41.506255813953 1.7084199214848  
 15.478151515152 41.506302325581 1.3453642820939  
 15.478212121212 41.506302325581 1.2964494251408  
 15.478272727273 41.506302325581 1.1625588762729  
 15.478333333333 41.506302325581 1.4646318257952  
 15.478393939394 41.506302325581 1.0864344460176  
 15.478454545455 41.506302325581 1.2556210532244  
 15.478515151515 41.506302325581 1.7118820820705  
 15.478575757576 41.506302325581 1.7325101053749  
 15.47796969697 41.506348837209 1.2770595085345  
 15.47803030303 41.506348837209 1.3075146137459  
 15.478090909091 41.506348837209 1.1658250870754  
 15.478151515152 41.506348837209 1.3803763113037  
 15.478212121212 41.506348837209 1.209468693197  
 15.478272727273 41.506348837209 1.0463630151133  
 15.478333333333 41.506348837209 1.2139614240612  
 15.478393939394 41.506348837209 0.33569160254536  
 15.478454545455 41.506348837209 1.0378784869883  
 15.478515151515 41.506348837209 1.5867462749244  
 15.478575757576 41.506348837209 1.4629454163119  
 15.478636363636 41.506348837209 1.5928169642136  
 15.477787878788 41.506395348837 1.8712992327737

15.47806122449 41.506333333333 1.2352417009264  
 15.478183673469 41.506333333333 1.3960342643233  
 15.478306122449 41.506333333333 1.1683001257098  
 15.478428571429 41.506333333333 0.65591298695421  
 15.478551020408 41.506333333333 1.7302503269209  
 15.477693877551 41.506435897436 1.4717255018921  
 15.477816326531 41.506435897436 1.6726432977024  
 15.47793877551 41.506435897436 1.2489735783753  
 15.47806122449 41.506435897436 1.5867353198802  
 15.478183673469 41.506435897436 1.1384048719557  
 15.478306122449 41.506435897436 1.6835766500536  
 15.478428571429 41.506435897436 0.92947951974083  
 15.478551020408 41.506435897436 1.3888083457897  
 15.478673469388 41.506435897436 2.1704944872471  
 15.477204081633 41.506538461538 1.676177575791  
 15.477326530612 41.506538461538 1.6444428660945  
 15.477448979592 41.506538461538 1.0678120185888  
 15.477571428571 41.506538461538 1.2545834605461  
 15.477693877551 41.506538461538 1.1211286727012  
 15.477816326531 41.506538461538 1.060205322379  
 15.47793877551 41.506538461538 1.3418149190193  
 15.47806122449 41.506538461538 1.1741924666136  
 15.478183673469 41.506538461538 1.1111935885042  
 15.478306122449 41.506538461538 1.1904417699303  
 15.478428571429 41.506538461538 1.6164815285789  
 15.478551020408 41.506538461538 1.44563533824  
 15.478673469388 41.506538461538 1.3361330757642



Progetto realizzato con finanziamento della  
 Regione Puglia - Legge regionale n. 55/2018  
 \*Avviso pubblico per la presentazione di Progetti  
 pilota per la promozione e lo sviluppo  
 dell'Agricoltura di Precisione



Partner di progetto  
**HORT@**  
 From research to field

**CAIONE**  
 La Quercia Soc. Coop. Agricoli

**CON.CER**  
 ORGANIZZAZIONE DI PRODUTTORI



```
Console Terminal × Background Jobs ×
R 4.2.0 · ~/GIT_ELIO/potato/ ↵
> summary(dataset_4d_100$v3)
  Min. 1st Qu.  Median    Mean 3rd Qu.    Max.
-0.1697  1.2434  1.4757  1.4738  1.7344  2.8043
> summary(dataset_4d_50$v3)
  Min. 1st Qu.  Median    Mean 3rd Qu.    Max.
-0.09252  1.23594  1.47455  1.47054  1.72884  2.82282
> str(dataset_4d_50$v3)
 num [1:478] 1.235 1.396 1.168 0.656 1.73 ...
>
> str(dataset_4d_100$v3)
 num [1:2120] 1.47 1.4 1.49 1.71 1.35 ...
```



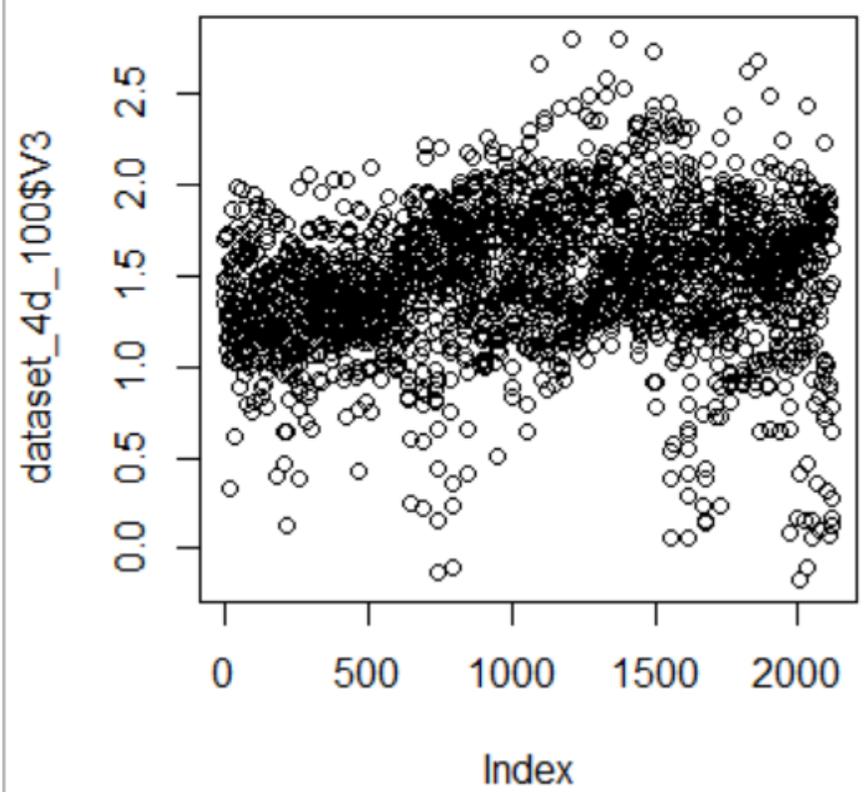
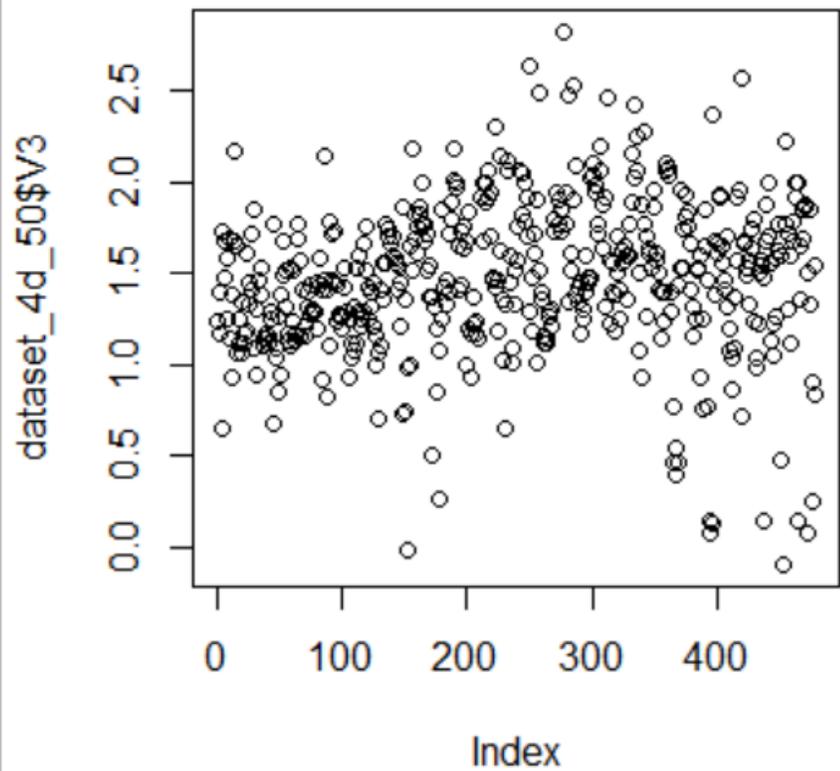
Progetto realizzato con finanziamento della Regione Puglia - Legge regionale n. 55/2018  
\*Avviso pubblico per la presentazione di Progetti pilota per la promozione e lo sviluppo dell'Agricoltura di Precisione



Partner di progetto  
HORT@  
From research to field

CAIONE CON.CER  
La Qualità Soc. Coop. Agricoli ORGANIZZAZIONE DI PRODUTTORI





Progetto realizzato con finanziamento della Regione Puglia - Legge regionale n. 55/2018  
 \*Avviso pubblico per la presentazione di Progetti pilota per la promozione e lo sviluppo dell'Agricoltura di Precisione

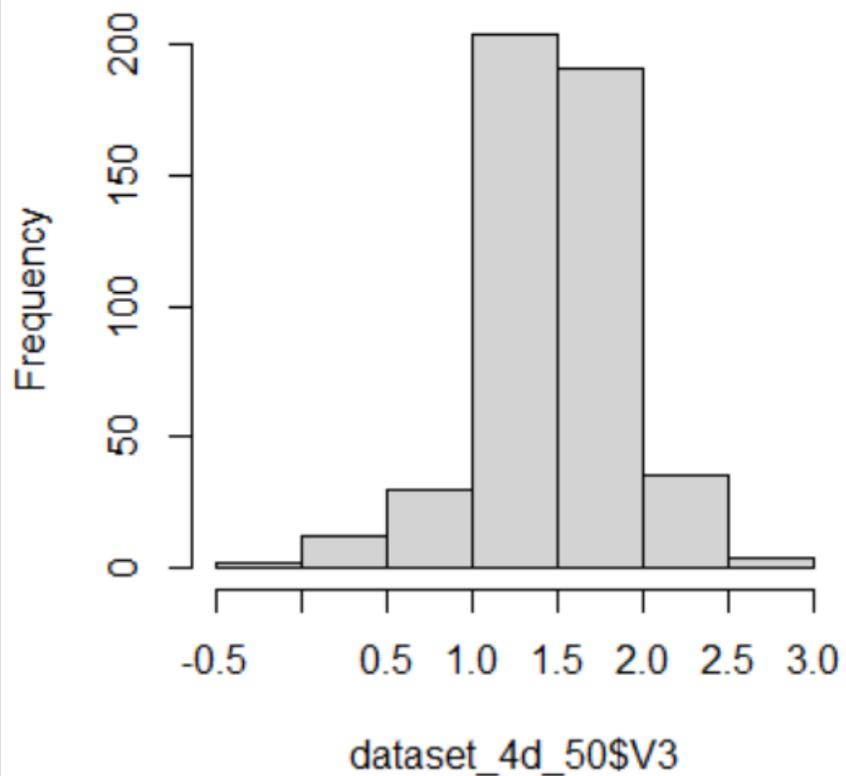


**Partner di progetto**  
**HORT@**  
 — From research to field —

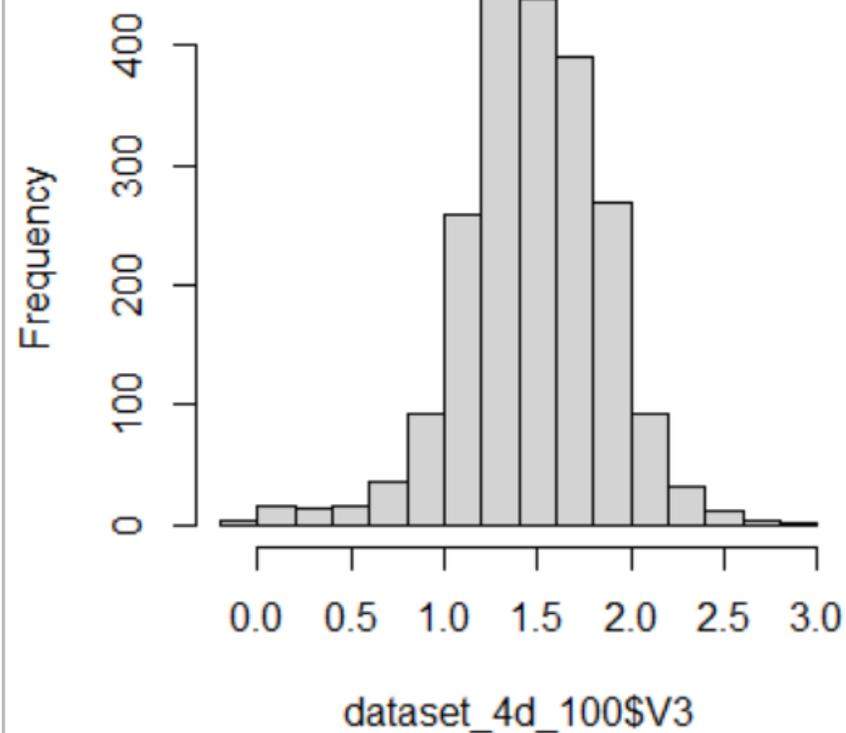
**CAIONE CON.CER**  
 La Quercia Soc. Coop. Agricoli ORGANIZZAZIONE DI PRODUTTORI

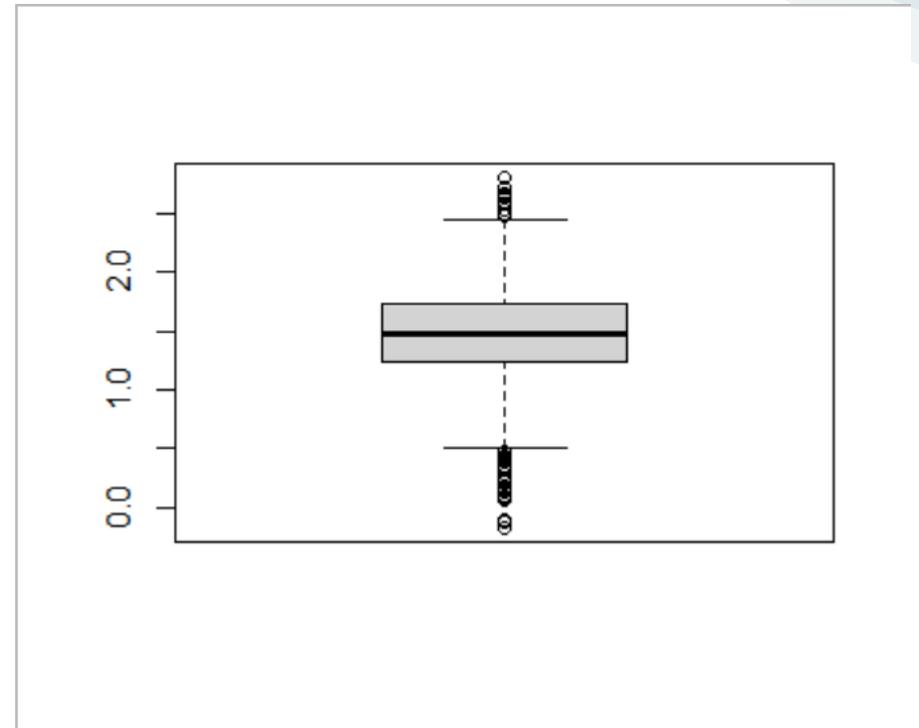
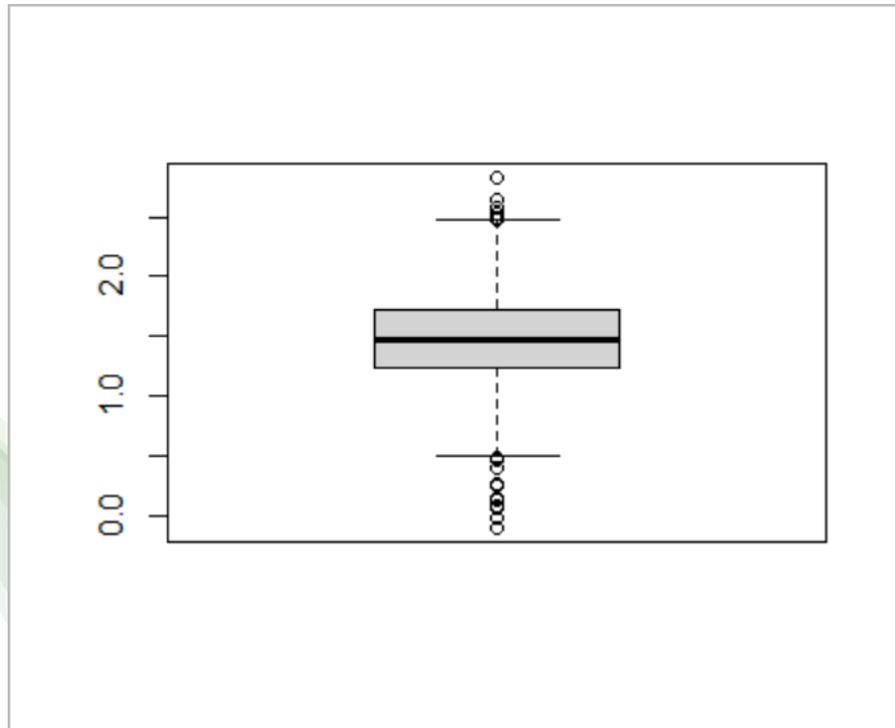
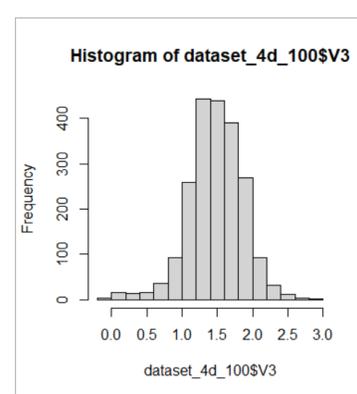
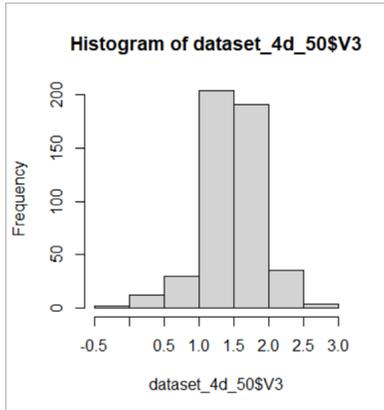


### Histogram of dataset\_4d\_50\$V3

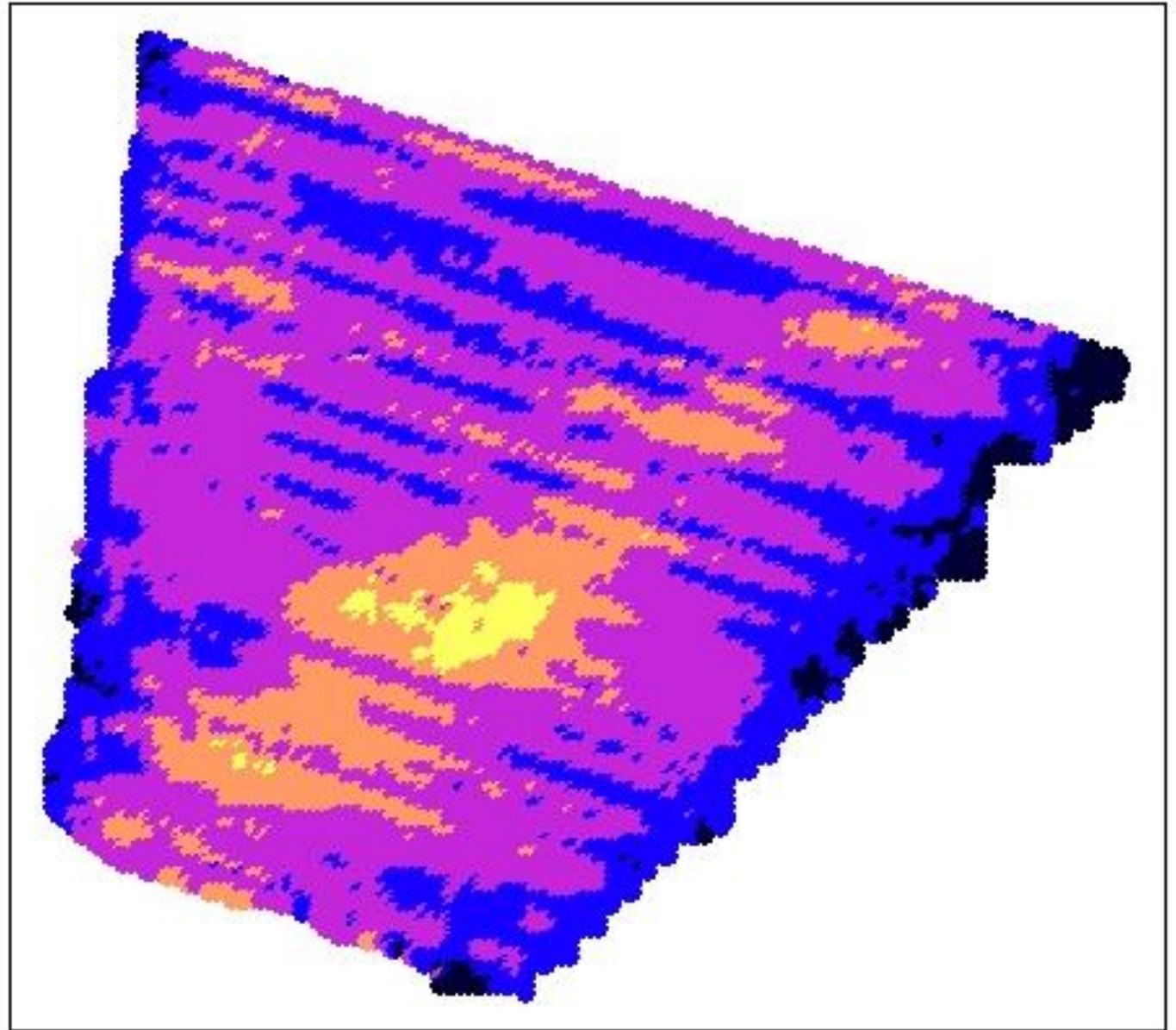


### Histogram of dataset\_4d\_100\$V3





# INDICI SPETTRALI DA SATELLITE



Progetto realizzato con finanziamento della Regione Puglia - Legge regionale n. 55/2018  
\*Avviso pubblico per la presentazione di Progetti pilota per la promozione e lo sviluppo dell'Agricoltura di Precisione

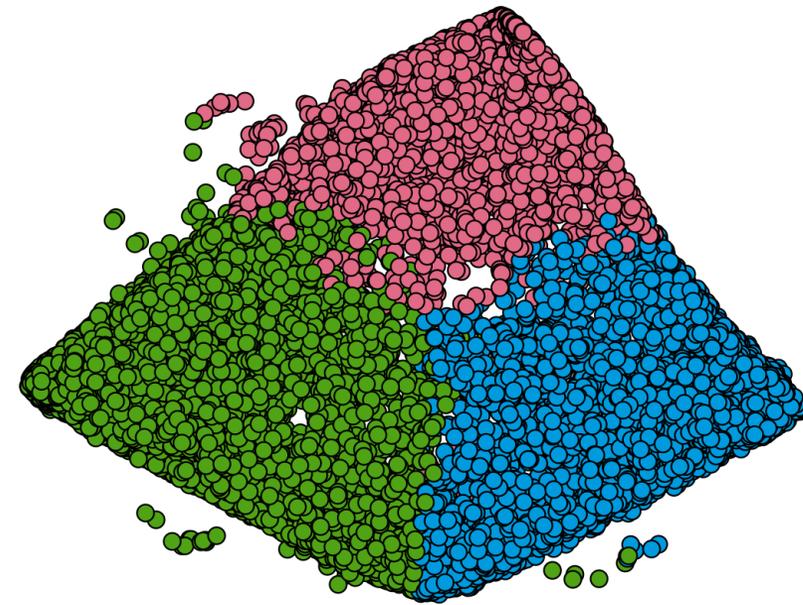
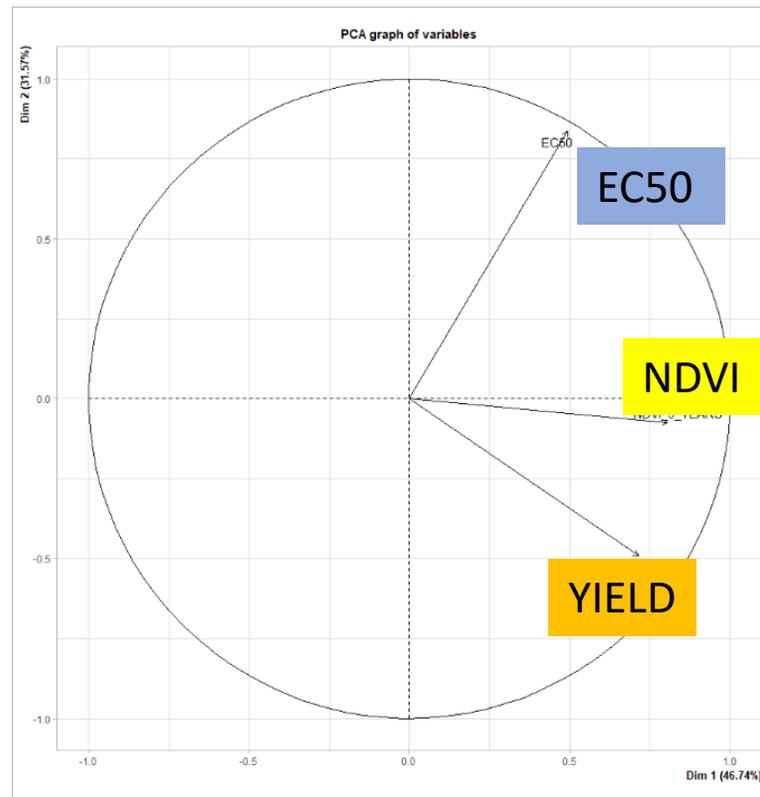


Partner di progetto  
HORT@  
— From research to field —

CAIONE CON.CER  
La Quercia Soc. Coop. Agricoli ORGANIZZAZIONE DI PRODUTTORI



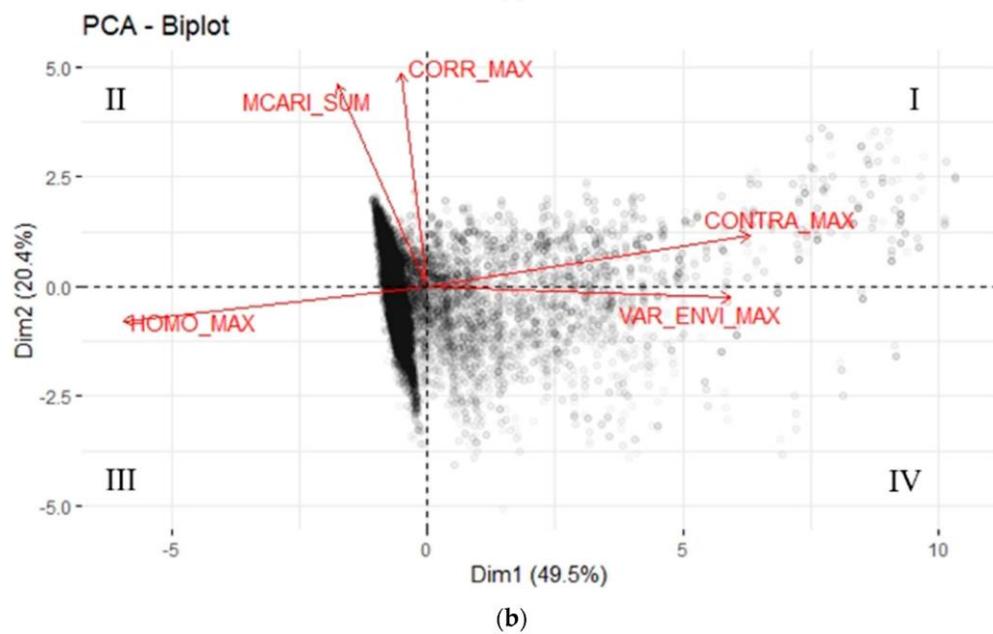
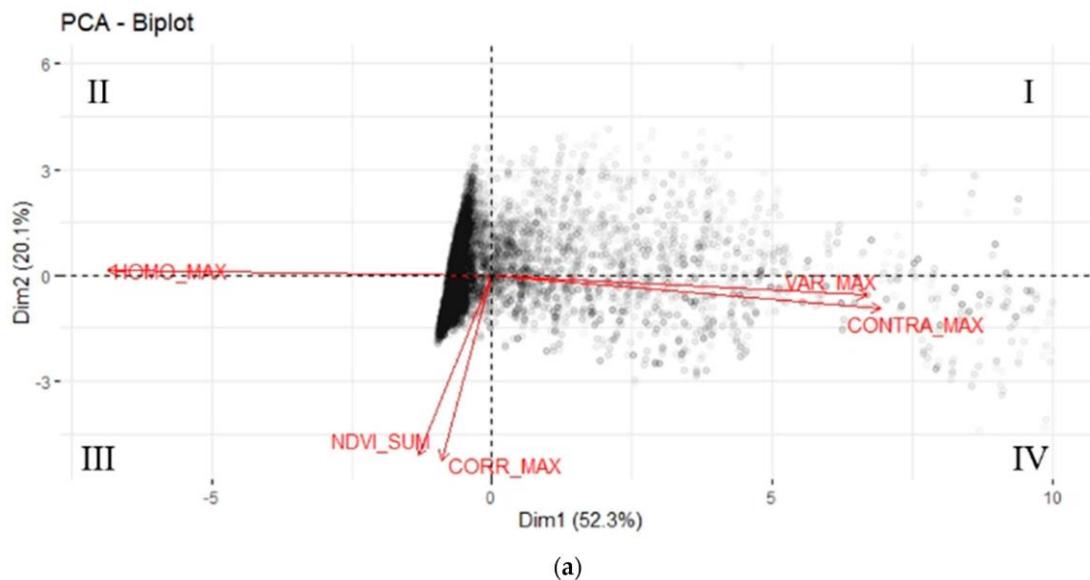
# PCA (Principal Component Analysis)



Cluster

- 1
- 2
- 3

# PCA



Progetto realizzato con finanziamento della Regione Puglia - Legge regionale n. 55/2018  
\*Avviso pubblico per la presentazione di Progetti pilota per la promozione e lo sviluppo dell'Agricoltura di Precisione



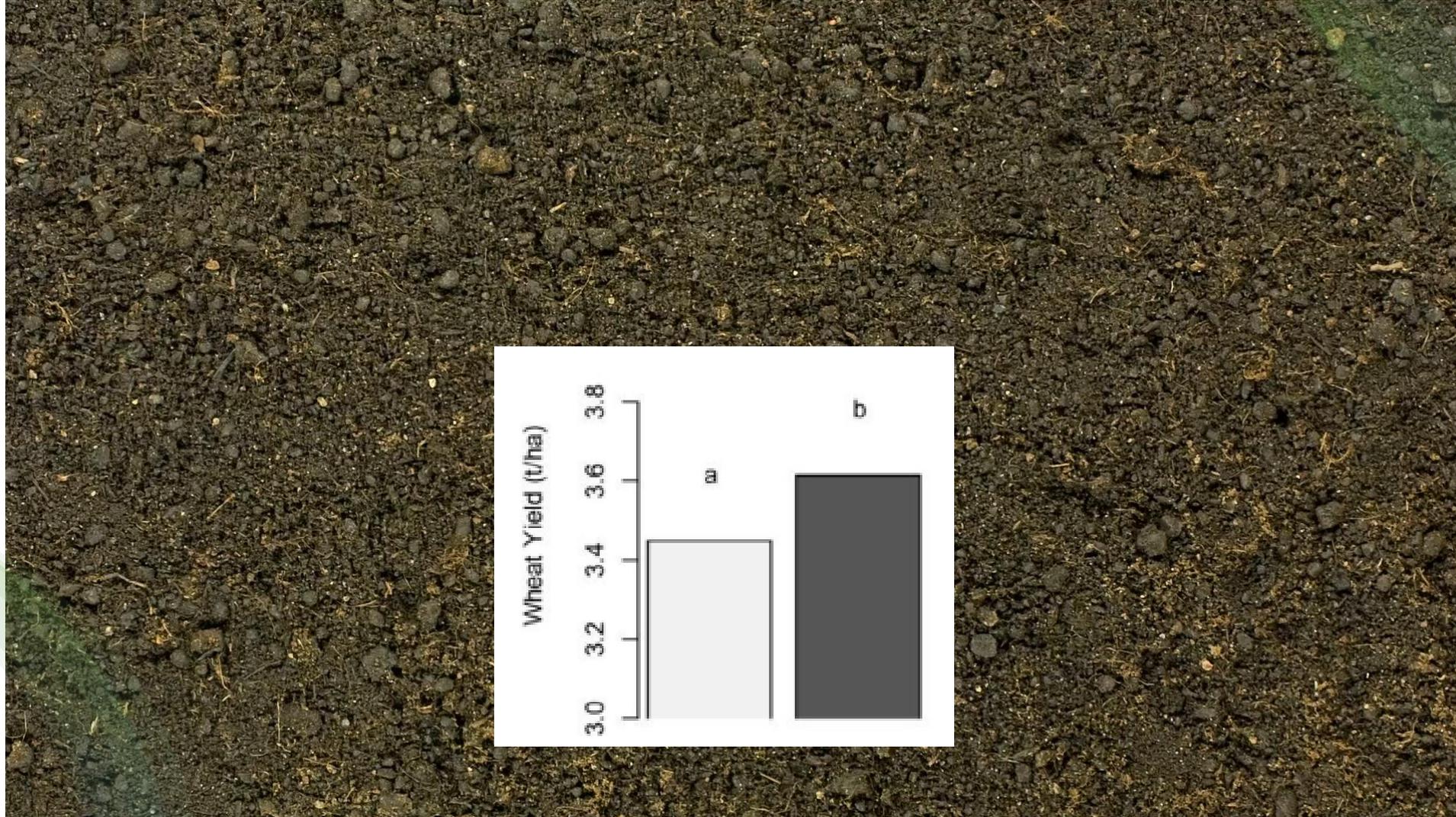
Partner di progetto  
HORT@  
From research to field

CAIONE  
La Quercia Soc. Coop. Agricoli

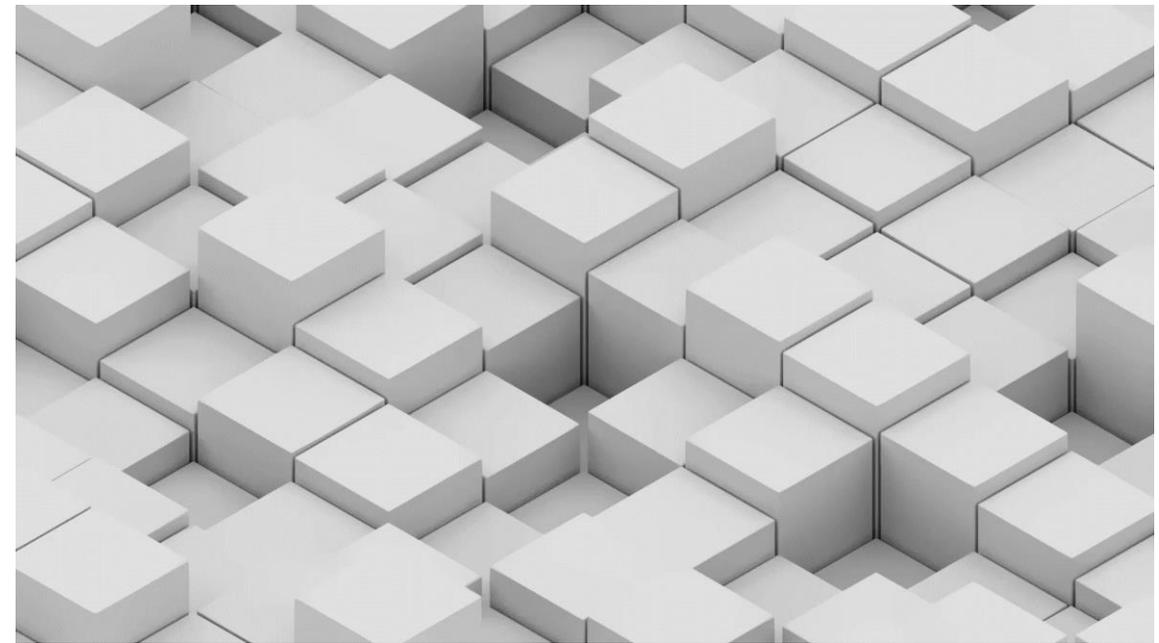
CON.CER  
ORGANIZZAZIONE DI PRODUTTORI



# Incrementare le differenze tra le zone o ridurle?



# 3. Integrazione delle mappe da diverse fonti



Progetto realizzato con finanziamento della Regione Puglia - Legge regionale n. 55/2018  
\*Avviso pubblico per la presentazione di Progetti pilota per la promozione e lo sviluppo dell'Agricoltura di Precisione



Partner di progetto  
**HORT@**  
From research to field

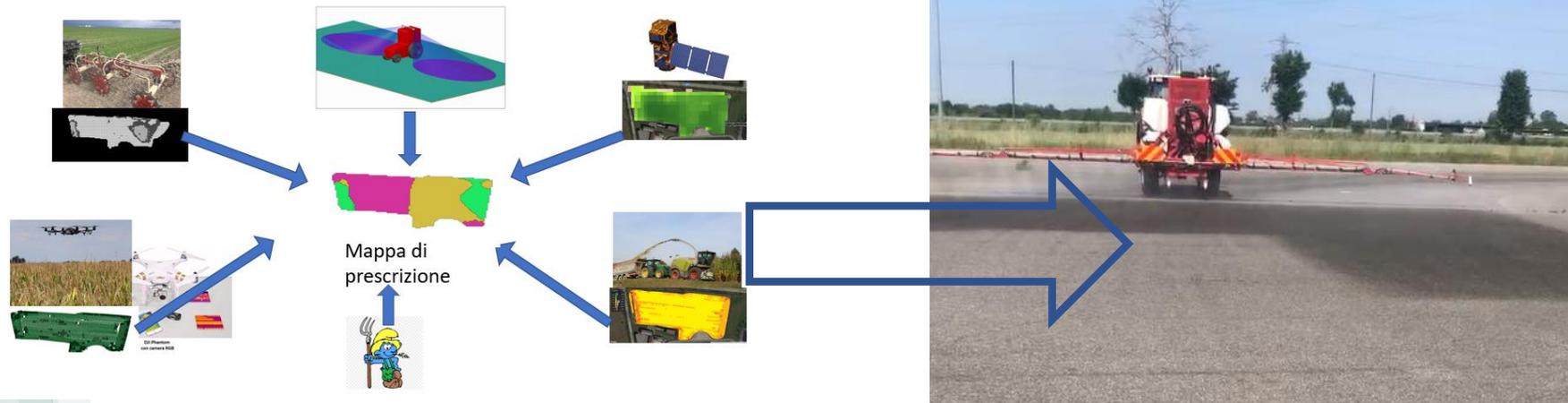
**CAIONE**  
La Quercia Soc. Coop. Agricoli

**CON.CER**  
ORGANIZZAZIONE DI PRODUTTORI



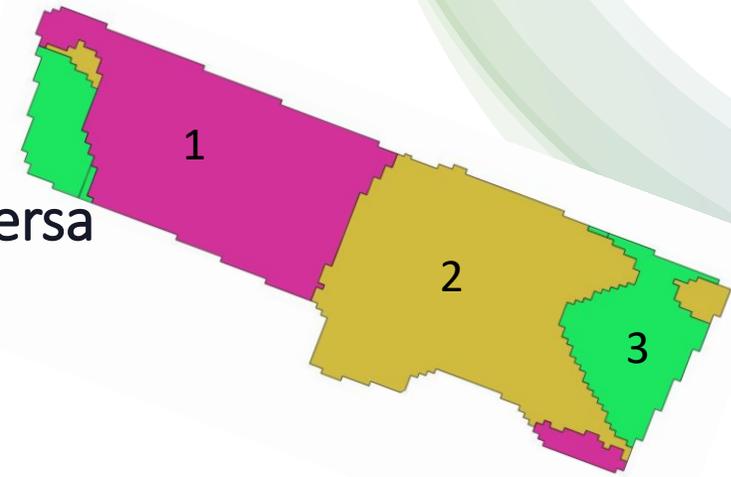
# Criticità nel processo di preparazione delle mappe di prescrizione

Questa sezione ha l'obiettivo di mostrare le fonti informative per la preparazione delle mappe di prescrizione ed evidenzia le criticità in fase di elaborazione e applicazione in campo.



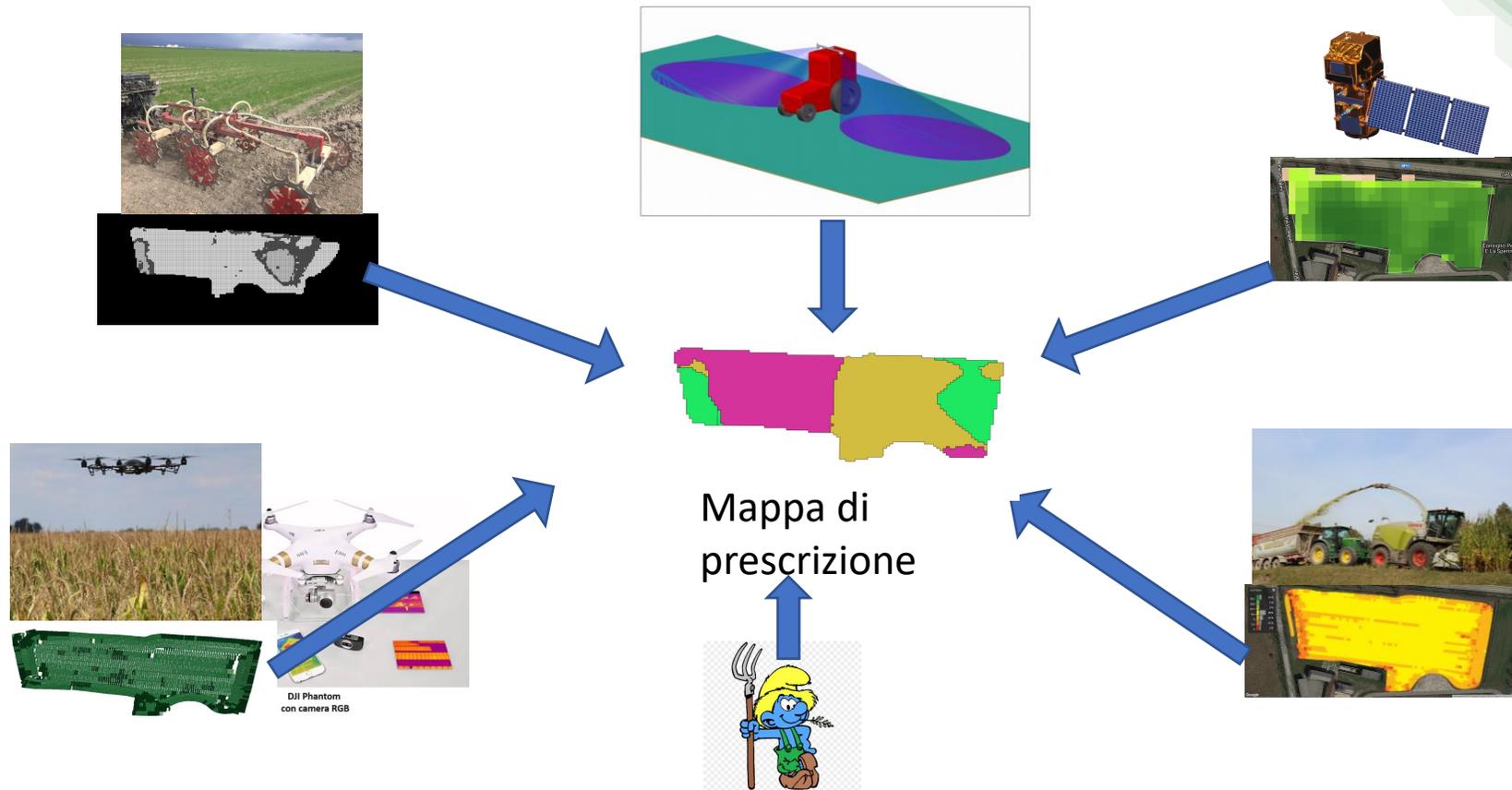
# MAPPA DI PRESCRIZIONE

- Le mappe di prescrizione sono rappresentazioni elaborate da **dati di diversa natura ed origine**
- che permettono di distribuire input in modalità **rateo variabile (VRT)**,
- con lo scopo di ottimizzare la dose distribuita e **ridurre gli sprechi e l'impatto ambientale**,
- associando a ciascuna zona del campo la **quantità più adatta**.
- La distribuzione si basa quindi sulla suddivisione del campo in **zone omogenee** in cui somministrare la stessa dose di input richiesto.

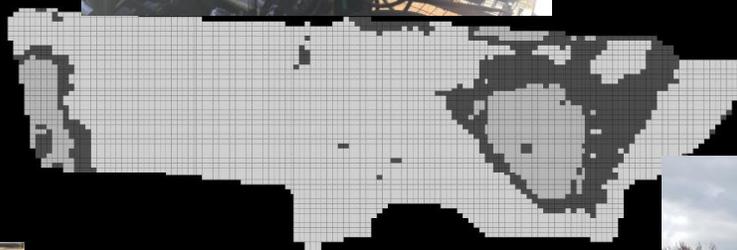


- **FARE LA COSA GIUSTA**
- **FARLA NEL MOMENTO GIUSTO**
- **FARLA NEL MODO GIUSTO**

# Fonti informative



# Mappe geofisiche

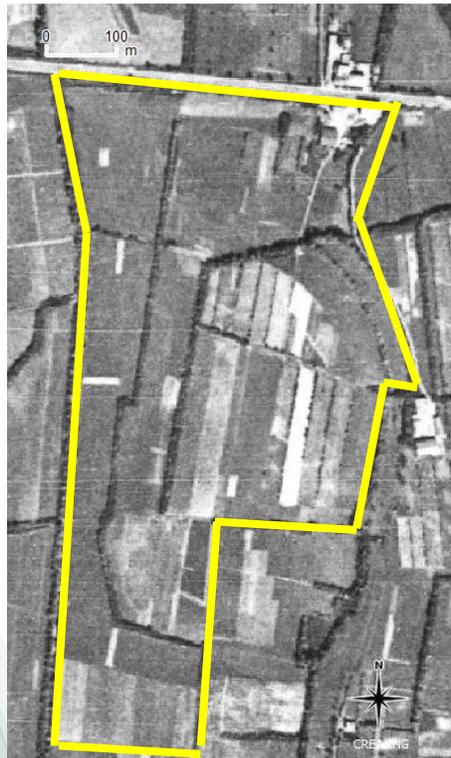


QUOD



# Variabilità del terreno

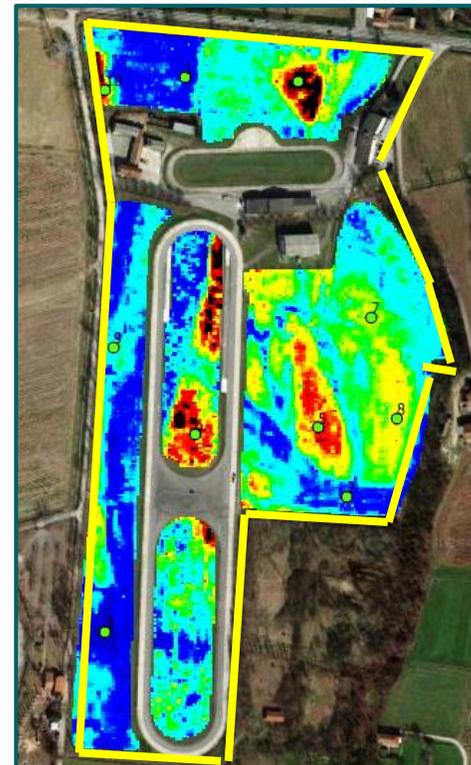
1954



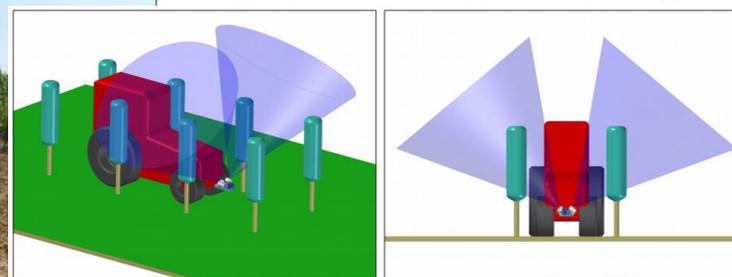
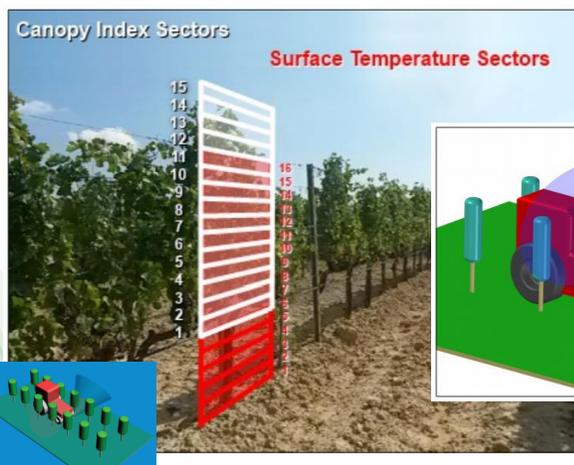
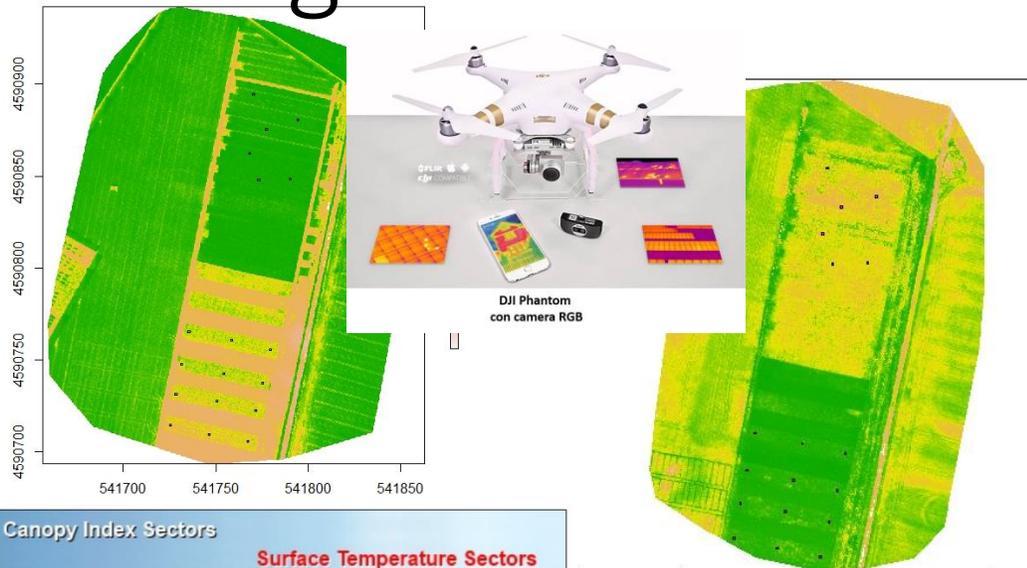
2014



2016



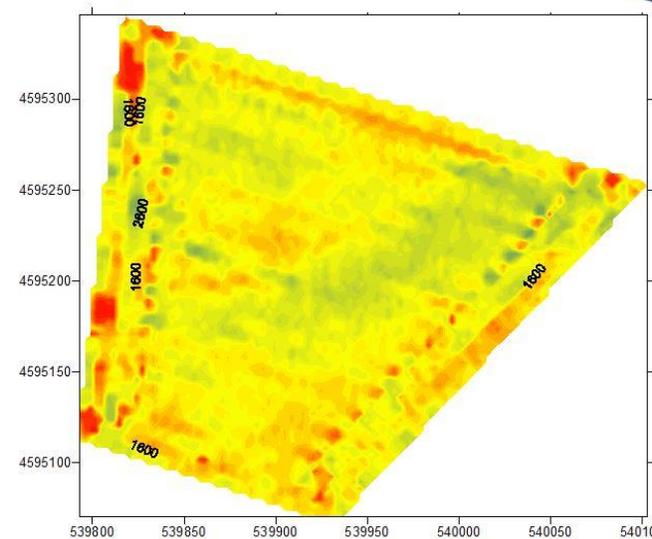
# Mappe di vigore

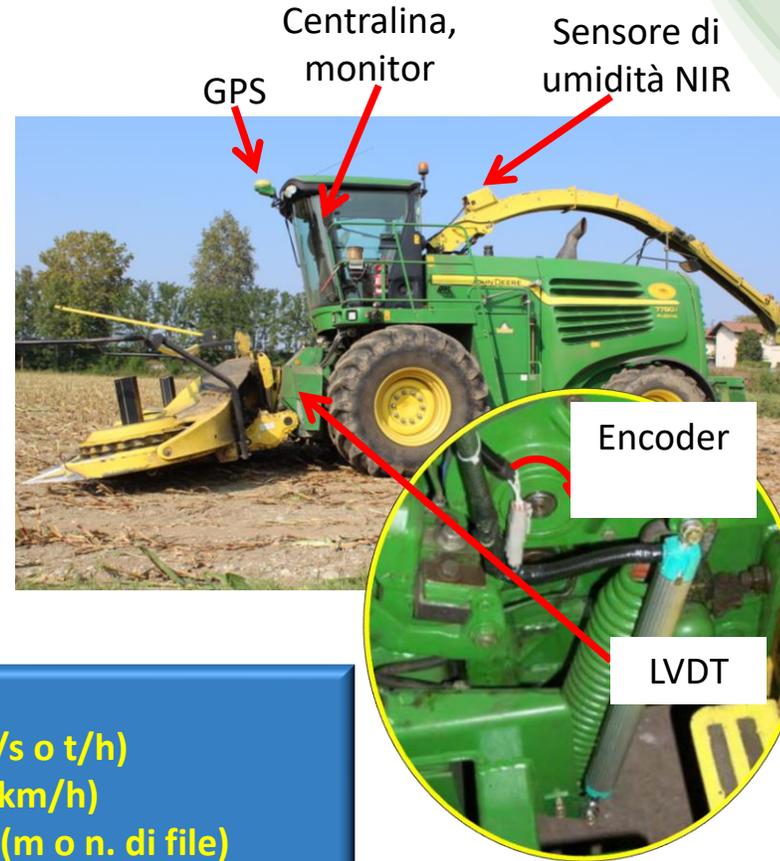
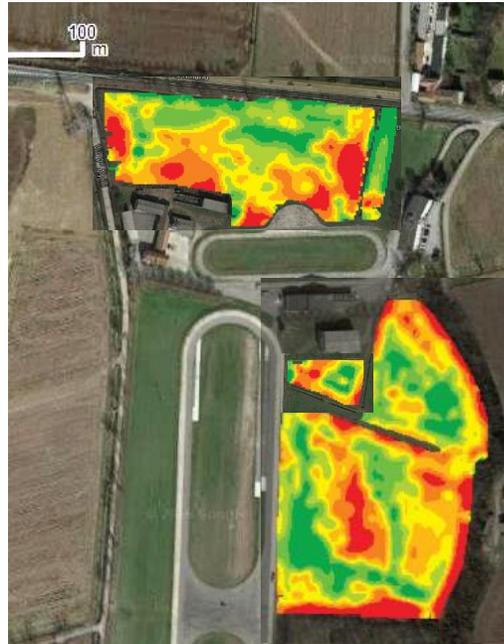


Gatti, M.; Dosso, P.; Maurino, M.; Merli, M.C.; Bernizzoni, F.; José Pirez, F.; Platè, B.; Bertuzzi, G.C.; Poni, S. MECS-VINE®: A New Proximal Sensor for Segmented Mapping of Vigor and Yield Parameters on Vineyard Rows. *Sensors* **2016**, *16*, 2009. <https://doi.org/10.3390/s16122009>

# Mappe satellitari

Sentinel-2 è una missione sviluppata dall' [ESA](#) nell'ambito del programma [Copernicus](#) per monitorare le aree verdi del pianeta e fornire supporto nella gestione di disastri naturali. Si costituisce di due satelliti identici, Sentinel-2A (dal 23 giugno 2015) e Sentinel-2B (dal 7 marzo 2017).





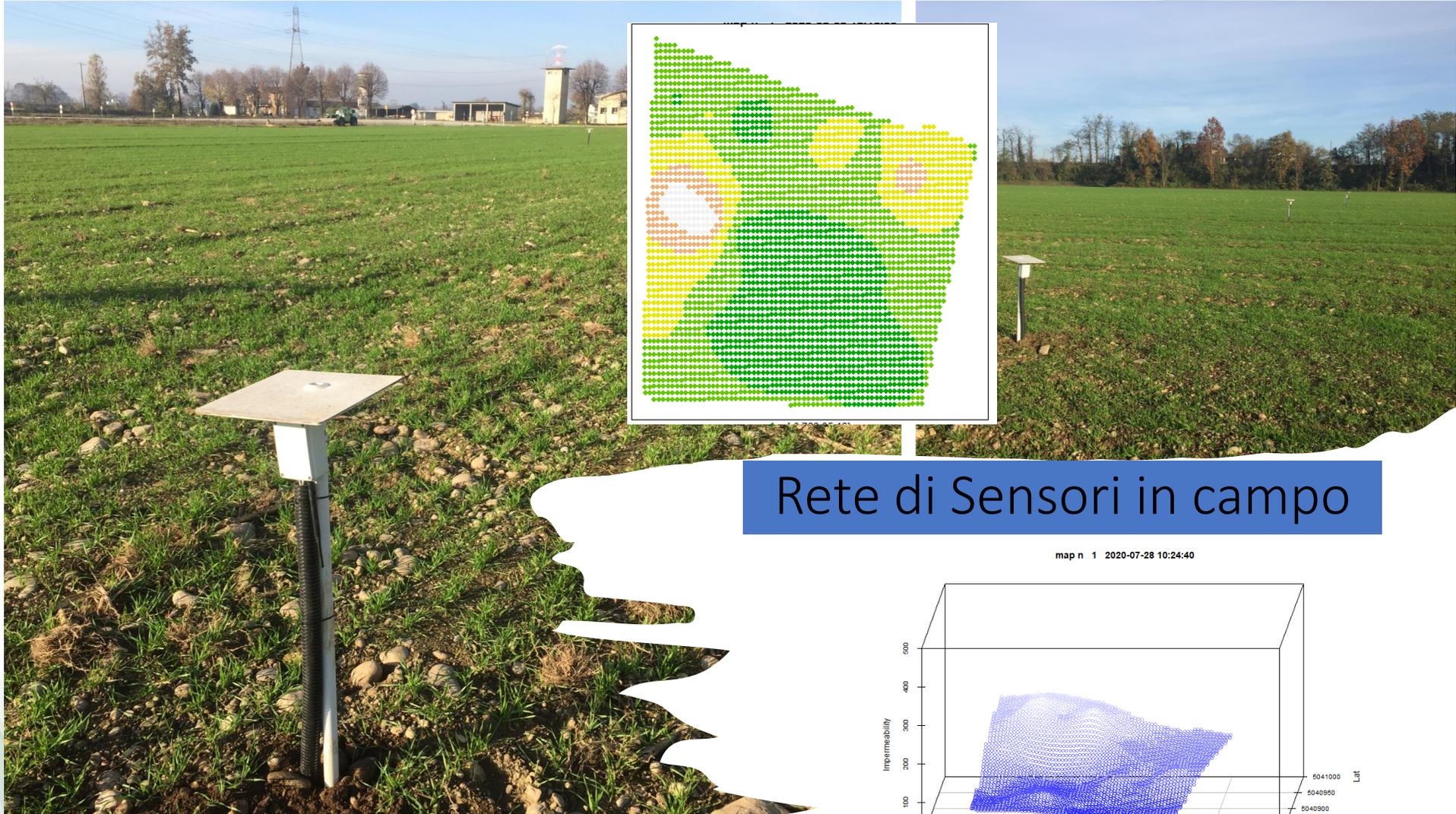
### COSA MISURARE

- ✓ entità del flusso di prodotto (kg/s o t/h)
- ✓ velocità di avanzamento (m/s o km/h)
- ✓ larghezza di lavoro della testata (m o n. di file)
- ✓ umidità (%)



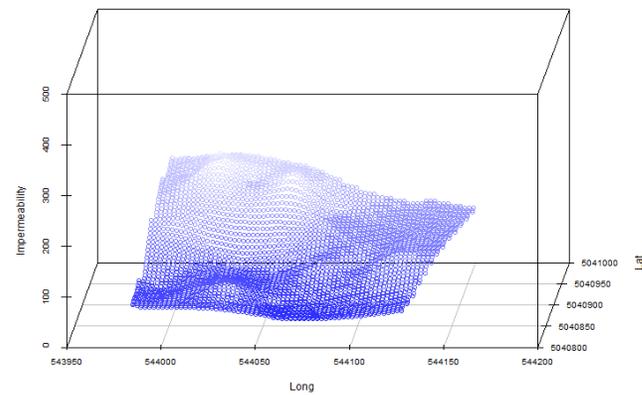
## Altre mappe informative

- Mappe patologie
- Mappe fenologiche
- Mappe della presenza biomassa infestante
- Etc..

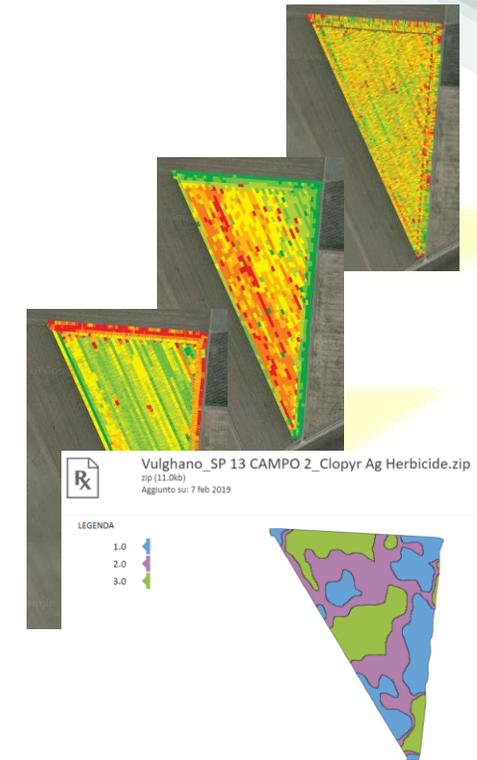
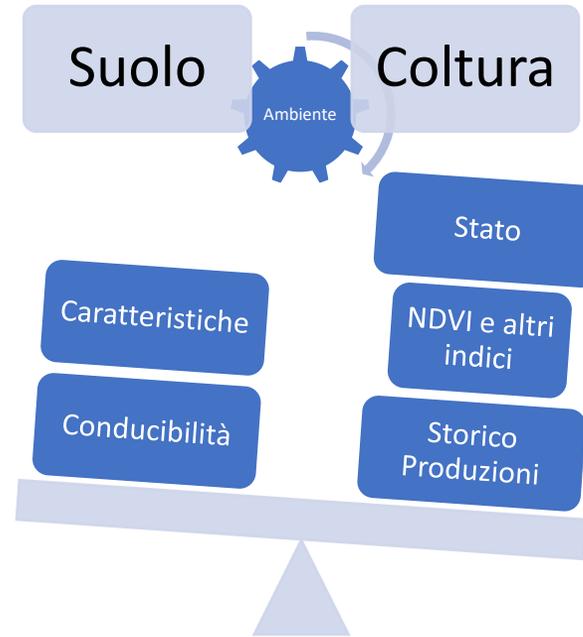
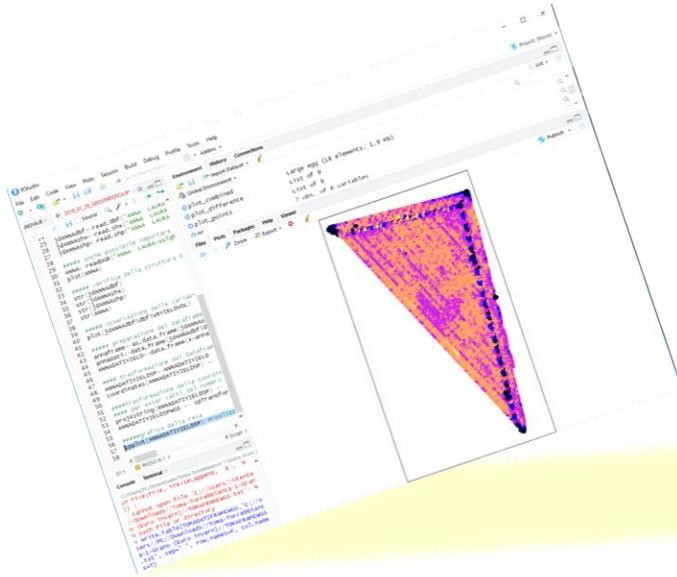


# Rete di Sensori in campo

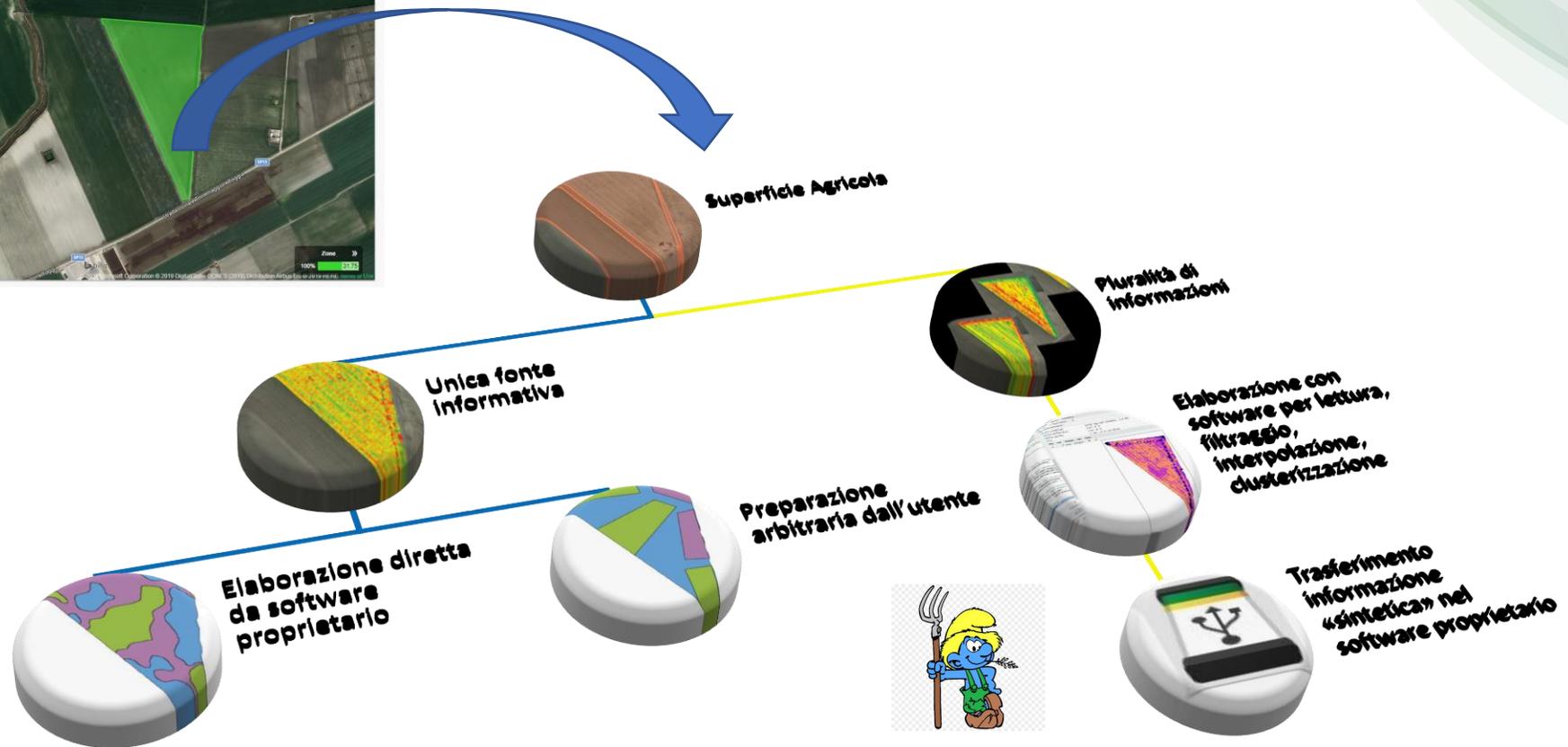
map n 1 2020-07-28 10:24:40



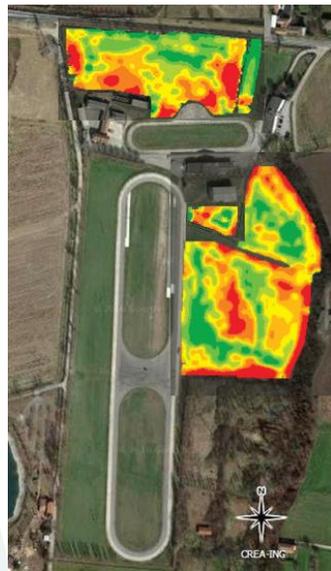
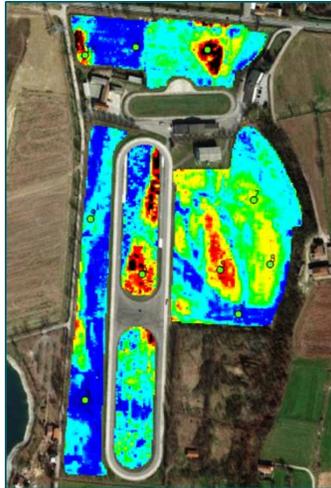
# Mappa di prescrizione sintesi delle informazioni



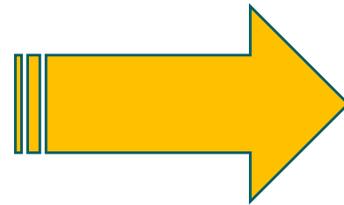
# Albero decisionale



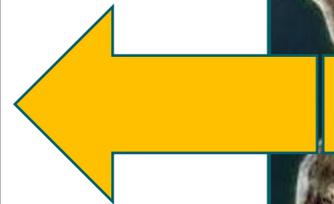
# Individuazione di aree omogenee

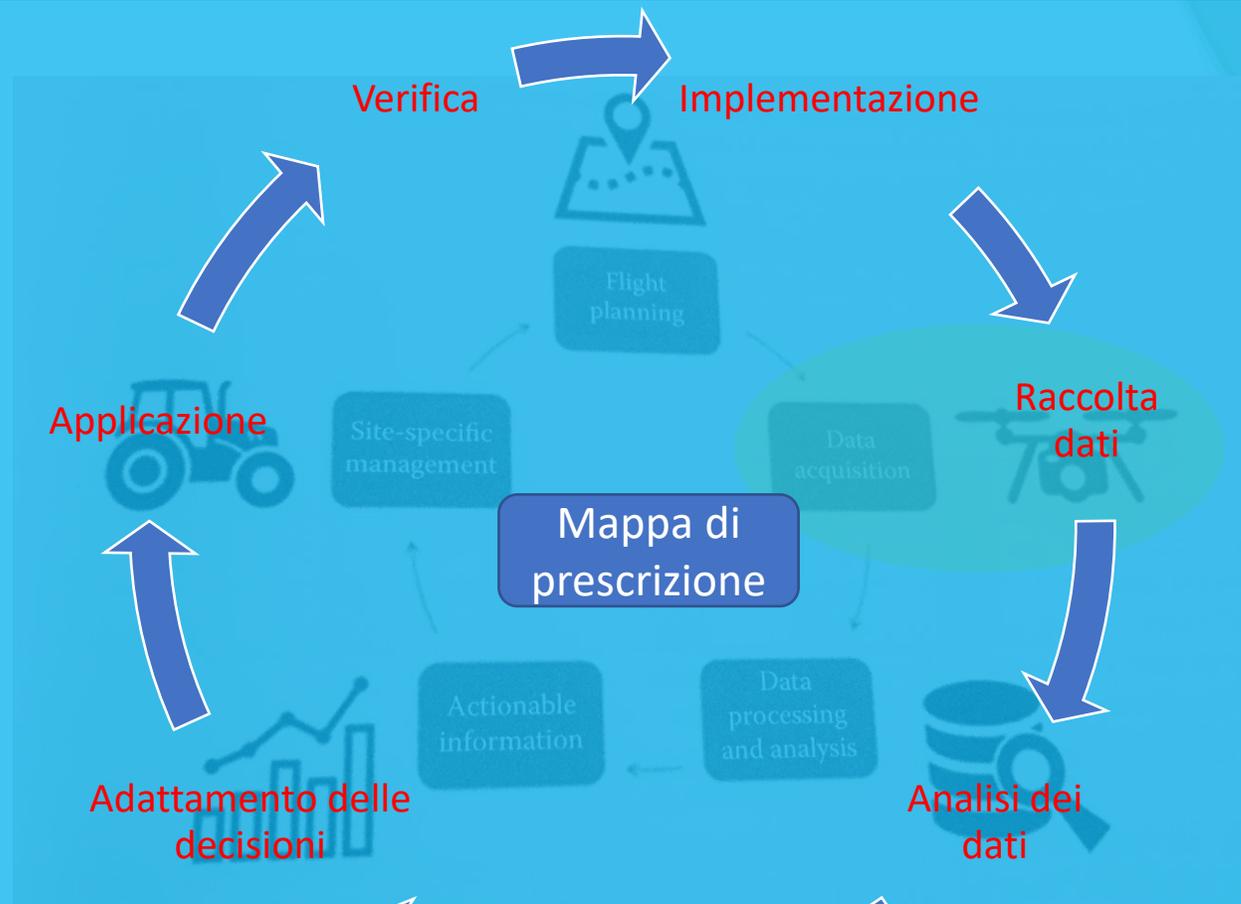


- Aree a bassa resa
- Aree ad alta resa



Adottare strategie specifiche per ogni area omogenea



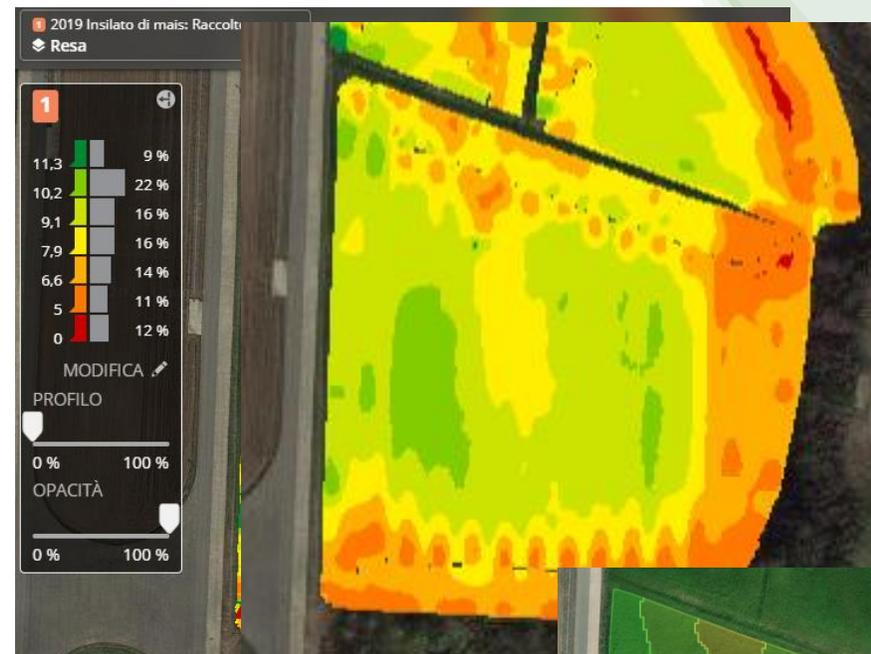


Fonte: G. Chen – Advanced Agricultural Machinery and Technologies, 2018

# DATA MINING

```
"n" "x" "y" "ECa30" "ECa90" "Prot" "Yield" "Zone"
"1" 543849.64 5041234.88 81.61 101.81 162.89 17.55 1
"2" 543851.64 5041234.88 115 174.8 268.57 21.66 1
"3" 543853.64 5041234.88 107 178.43 270.09 13.19 1
"4" 543855.64 5041234.88 152.21 198.16 299.03 11.77 1
"5" 543857.64 5041234.88 153.12 155.86 230.58 9.652 1
"6" 543859.64 5041234.88 100.02 139.68 201.22 12.81 1
"7" 543861.64 5041234.88 79.32 105.07 170.29 9.262 1
"8" 543847.64 5041232.88 69.62 82.14 115.68 9.675 1
"9" 543849.64 5041232.88 79.35 103.3 150.56 9.723 1
"10" 543851.64 5041232.88 86.52 121.4 177.48 10.09 1
"11" 543853.64 5041232.88 80.91 115.33 166.71 10.86 1
"12" 543855.64 5041232.88 95.33 110.56 168.29 10.27 1
"13" 543857.64 5041232.88 92 115.3 169.47 10.38 1
"14" 543859.64 5041232.88 120.32 151.48 212.04 10.03 1
"15" 543861.64 5041232.88 126.25 184.9 286.82 9.769 1
"16" 543863.64 5041232.88 106.02 166.85 266.04 9.277 1
"17" 543865.64 5041232.88 97.43 137.24 220.15 9.345 1
"18" 543867.64 5041232.88 101.85 122.6 195.7 10.02 1
"19" 543869.64 5041232.88 98.87 120.36 181.42 11.12 1
"20" 543871.64 5041232.88 96.26 114.39 168.47 10.86 1
"21" 543873.64 5041232.88 91.71 103.7 150.02 12.28 1
```

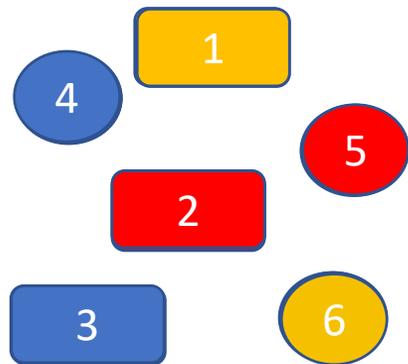
- ✓ Ordinamento dei dati
- ✓ Intercettazione dei valori anomali (outliers)
- ✓ Classificazione degli oggetti
- ✓ Individuazione delle correlazioni
- ✓ Interpolazione dei valori



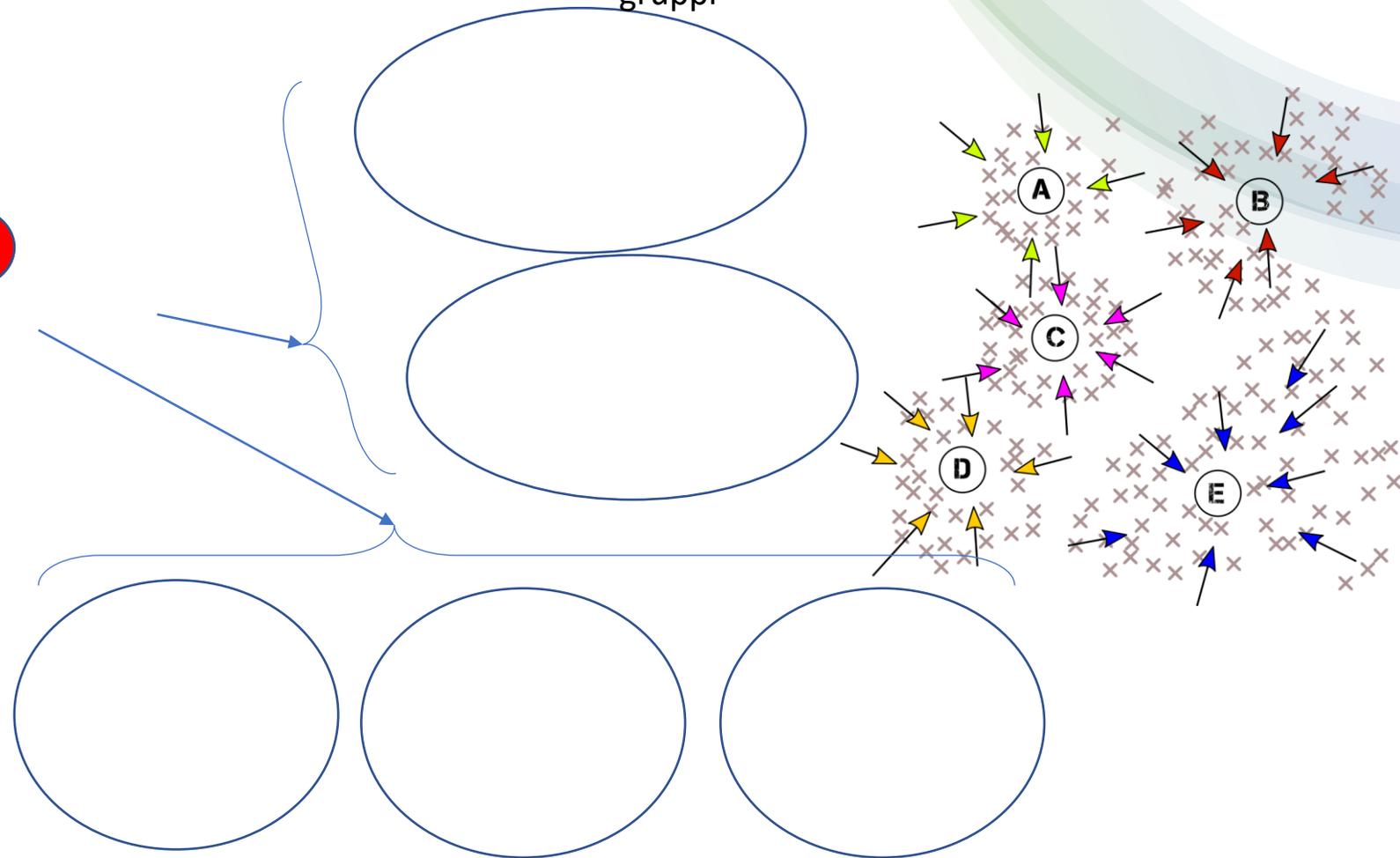
# Mappa di prescrizione

Processo di clusterizzazione  
o clustering analysis

Preparazione di gruppi di oggetti tali che gli  
oggetti appartenenti a un gruppo siano "simili"  
tra loro e differenti dagli oggetti negli altri  
gruppi



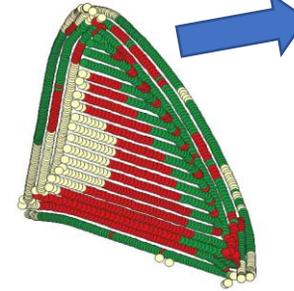
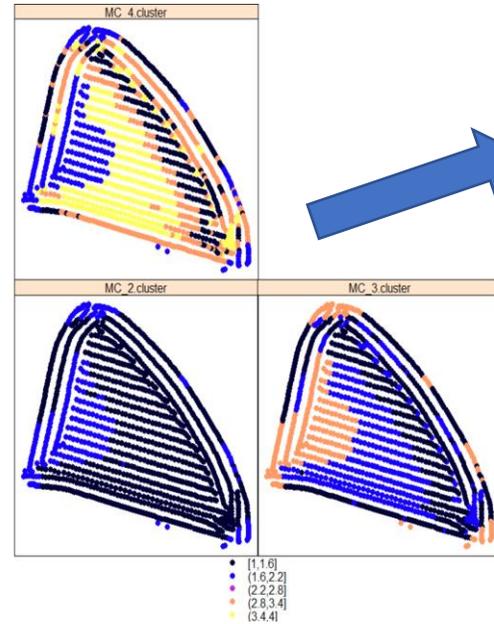
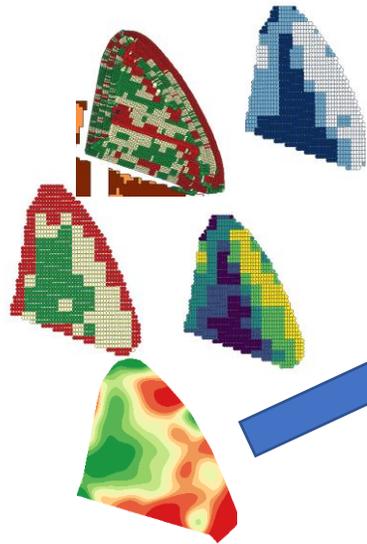
OGGETTO	COLORE	FORMA
1	GIALLO	RETTANGOLO
2	ROSSO	RETTANGOLO
3	BLU	RETTANGOLO
4	BLU	CERCHIO
5	ROSSO	CERCHIO
6	GIALLO	CERCHIO



Tutti i layers informativi disponibili

Clusterizzazione

Adattamento alle  
larghezza di lavoro ed  
alle linee guida



# Smoothing

Original Zonification



Median Filter 5 x 5



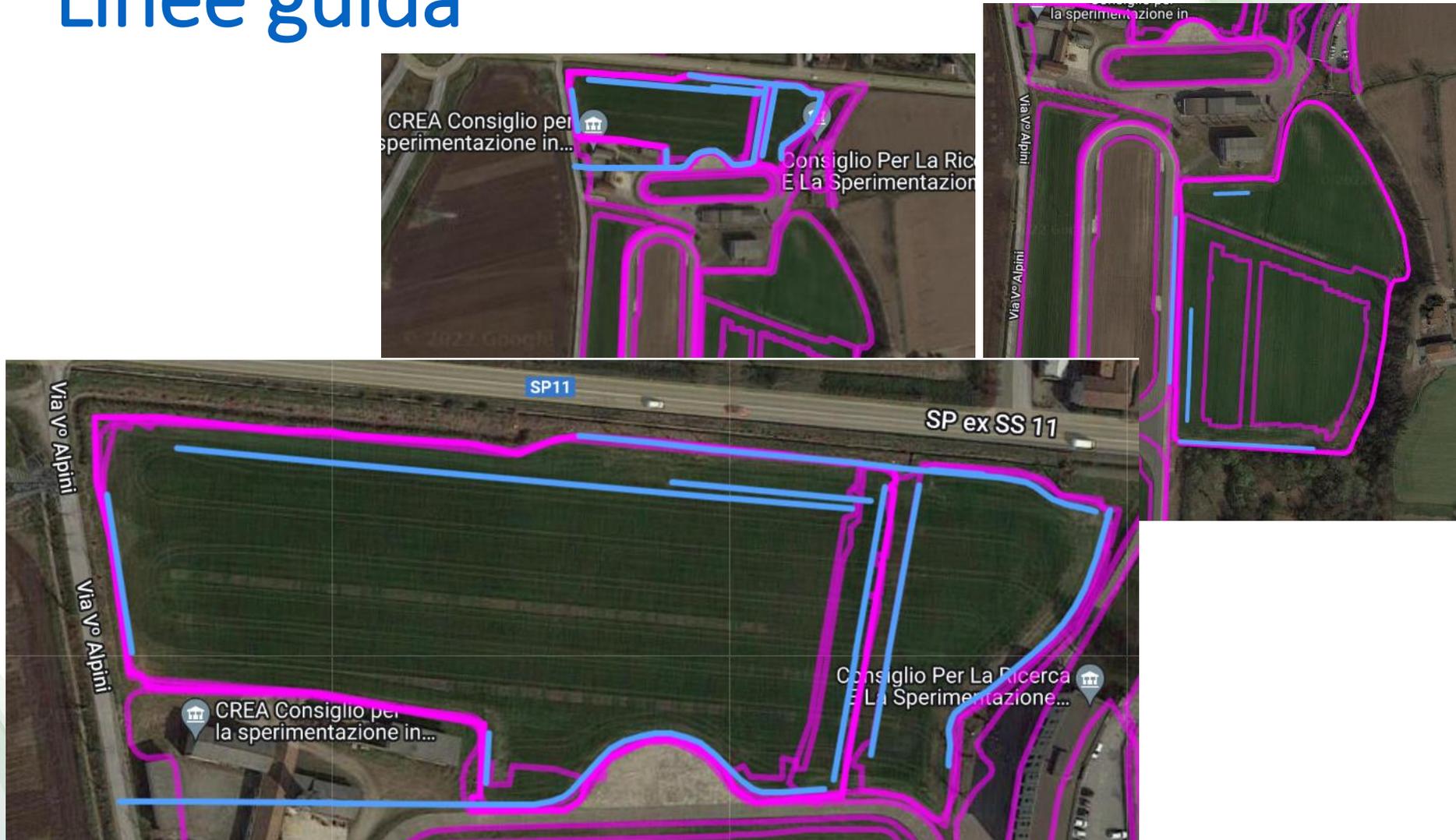
Median Filter 7 x 7

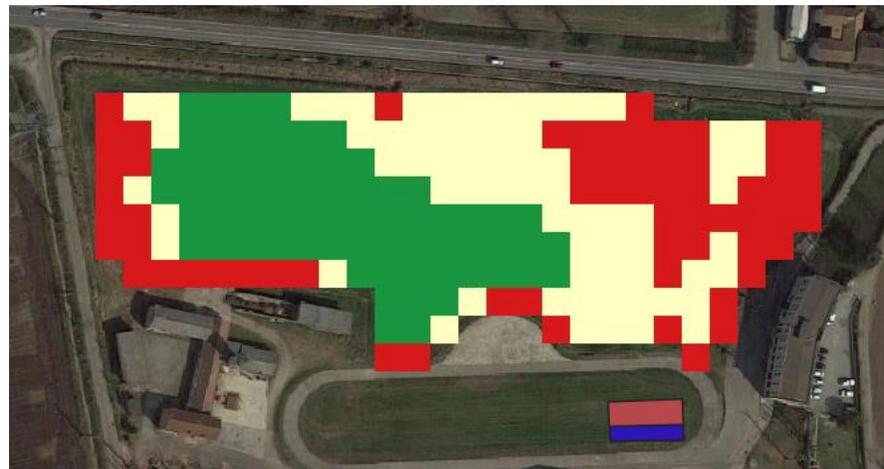
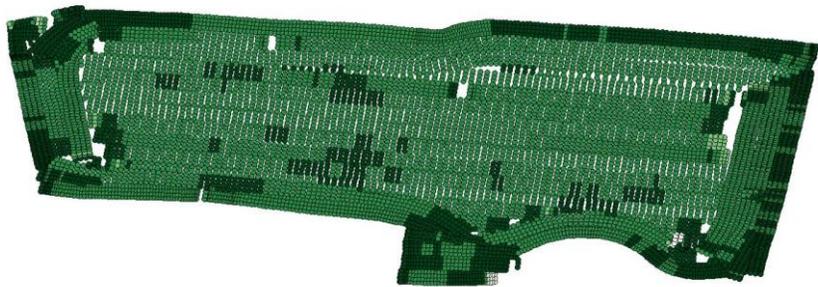
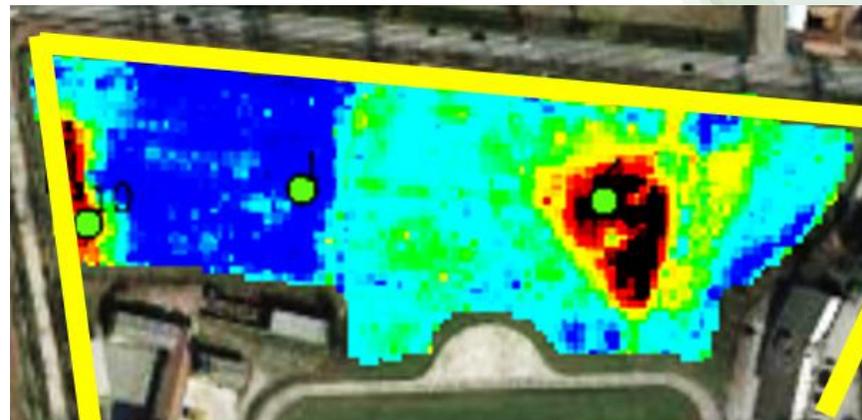


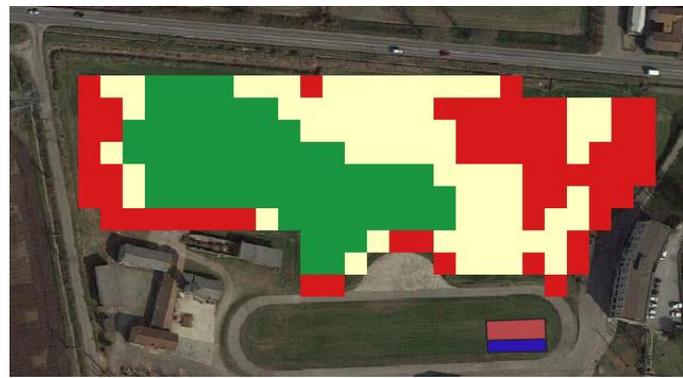
Median Filter 9 x 9



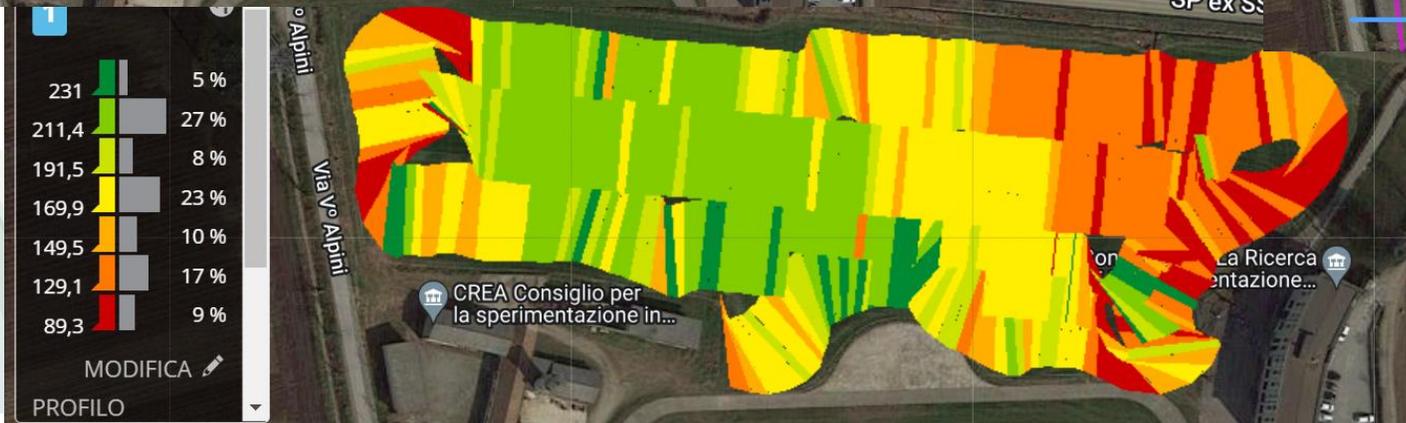
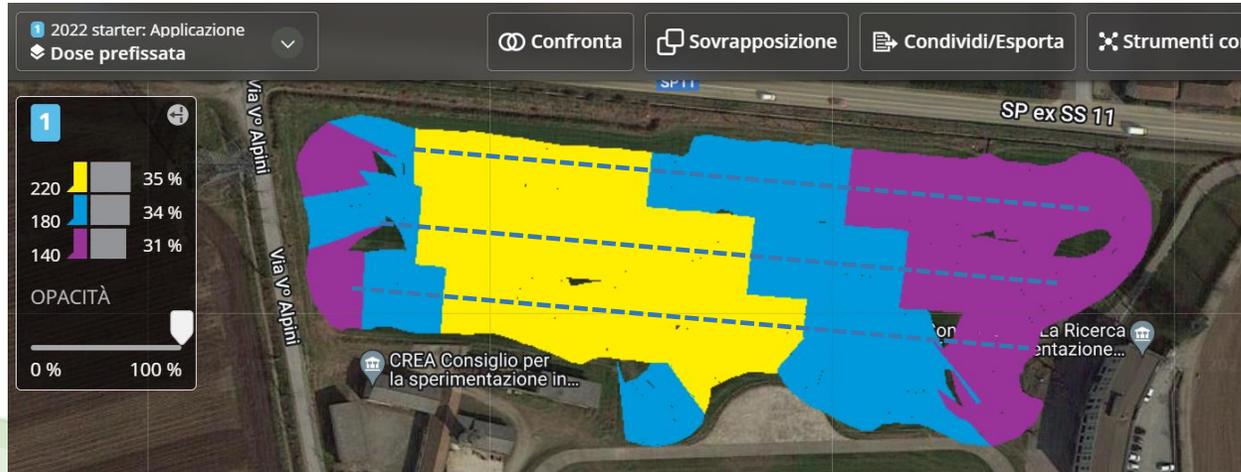
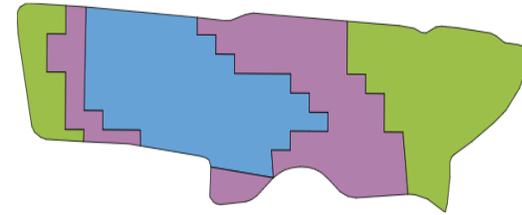
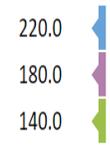
# Linee guida







LEGENDA



Progetto realizzato con finanziamento della Regione Puglia - Legge regionale n. 55/2018  
 \*Avviso pubblico per la presentazione di Progetti pilota per la promozione e lo sviluppo dell'Agricoltura di Precisione



Partner di progetto  
**HORT@**  
 From research to field

**CAIONE CON.CER**  
 La Quercia Soc. Coop. Agricoli ORGANIZZAZIONE DI PRODUTTORI

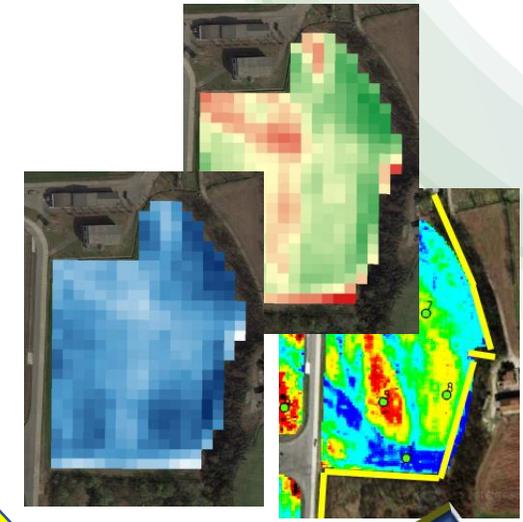
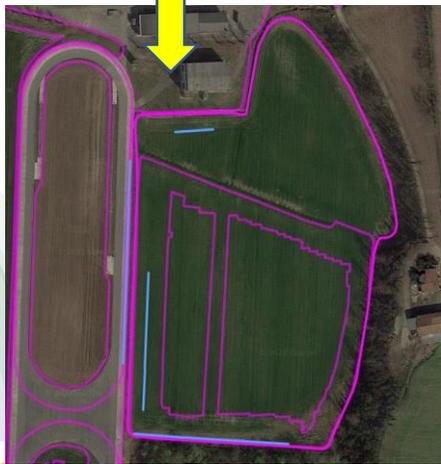
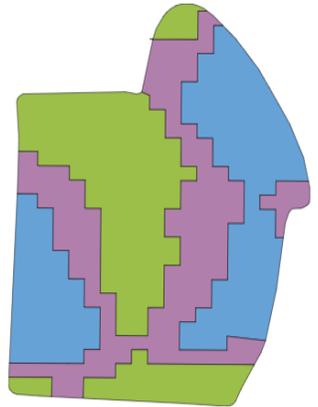




isma\_ALPINI\_Power-Line 46-0-0 Urea Fertili.zip  
 zip (2.0kb)  
 Aggiunto su: 11 mar 2022

LEGENDA

- 220.0
- 180.0
- 140.0



Progetto realizzato dalla Regione Puglia  
 Avviso pubblico n. 1/2018  
 pilota per la promozione e lo sviluppo dell'Agricoltura di Precisione



# 4. Applicazione delle mappe per il VRT



Progetto realizzato con finanziamento della Regione Puglia - Legge regionale n. 55/2018  
\*Avviso pubblico per la presentazione di Progetti pilota per la promozione e lo sviluppo dell'Agricoltura di Precisione



Partner di progetto  
**HORT@**  
From research to field

**CAIONE**  
La Quercia Soc. Coop. Agricoli

**CON.CER**  
ORGANIZZAZIONE DI PRODUTTORI



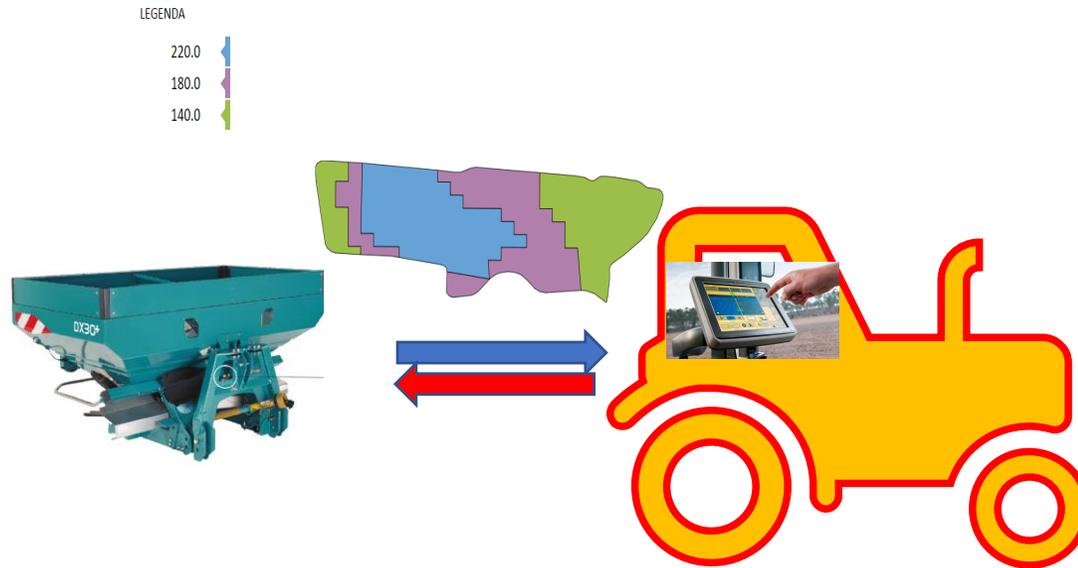
**Dosaggio variabile:** quantitativo non identico su tutto il terreno, ma variabile in base a diversi fattori (fertilità, stato di salute e proprietà chimico-fisiche delle varie zone del suolo, etc.)



### **Tecnologia a tasso variabile (VRT).**

Tecnologia di agricoltura di precisione per applicare le informazioni raccolte da diverse fonti per dirigere l'applicazione automatizzata e variabile di semi, fertilizzanti e applicazioni chimiche ai terreni coltivati. Le decisioni e i parametri VRT si basano su vari dati raccolti da GPS, sensori sul campo e mappe di variabilità.

## Agricoltura 4.0 – Informazioni dalla trattrice



### Veicolo:

- Velocità di avanzamento
- Posizione

### Motore:

- coppia
- consumo
- Regime
- t° liquido raffreddamento
- t° olio trasmissione

### Sollevatore:

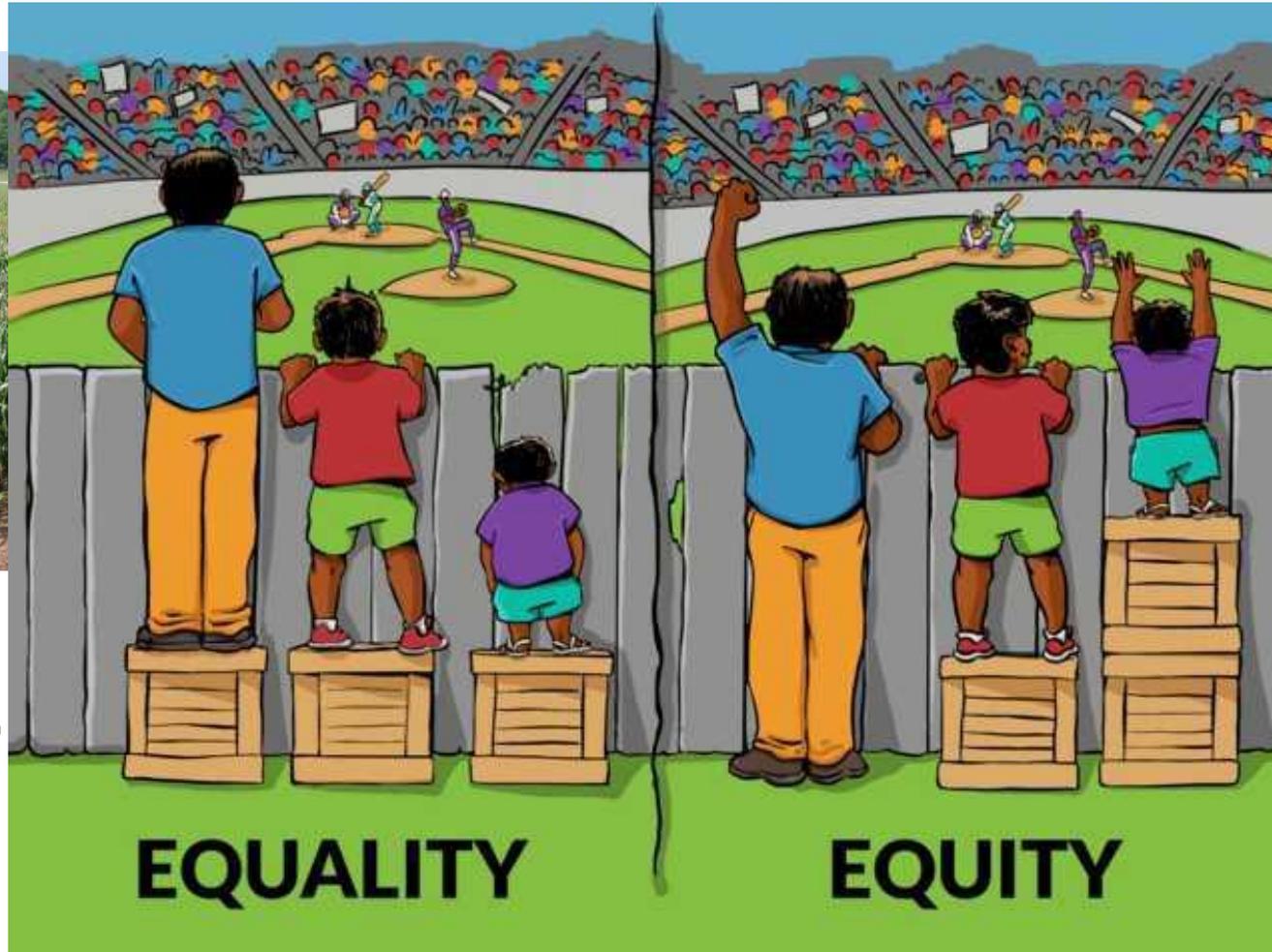
- Posizione
- Settaggi controllo di sforzo

### PTO:

- Stato d'innesto
- Settaggio (540, 540E, 1000, 1000°)
- Velocità istantanea

# La meccanica agraria di precisione

- ✓ Obiettivo quindi dell'agricoltura di precisione (AdP) è gestire la **variabilità** ...



e: Lutman et al.



Seminatrice AgroMasz  
Aquila 3000



- Velocità di rotazione del rocchetto
- Apertura 2 sezioni
- Autonomia (peso)



Spandiconcime  
Sulky dx 30



- Peso
- Apertura 2 saracinesche
- Zona di caduta del concime sul disco

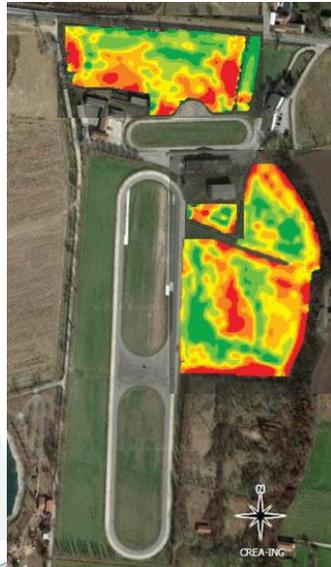
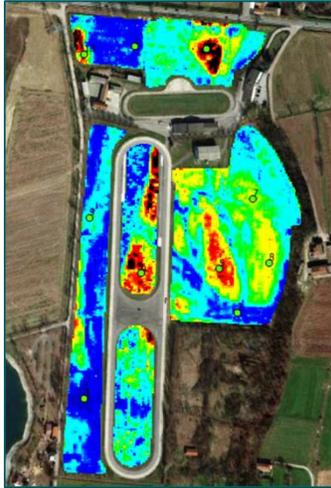


Irroratrice  
Bargam  
Mec Poli

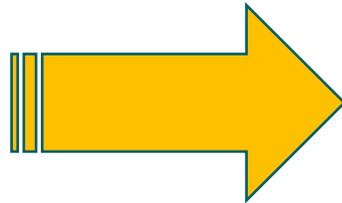


- Valvola di sfiato per la variazione della portata
- Apertura 5 sezioni da 3,00 m
- Volume di acqua caricato (sensore di peso)

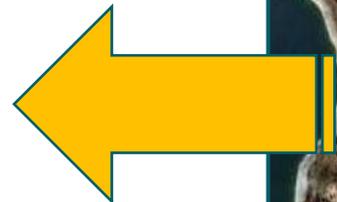
# Individuazione di aree omogenee

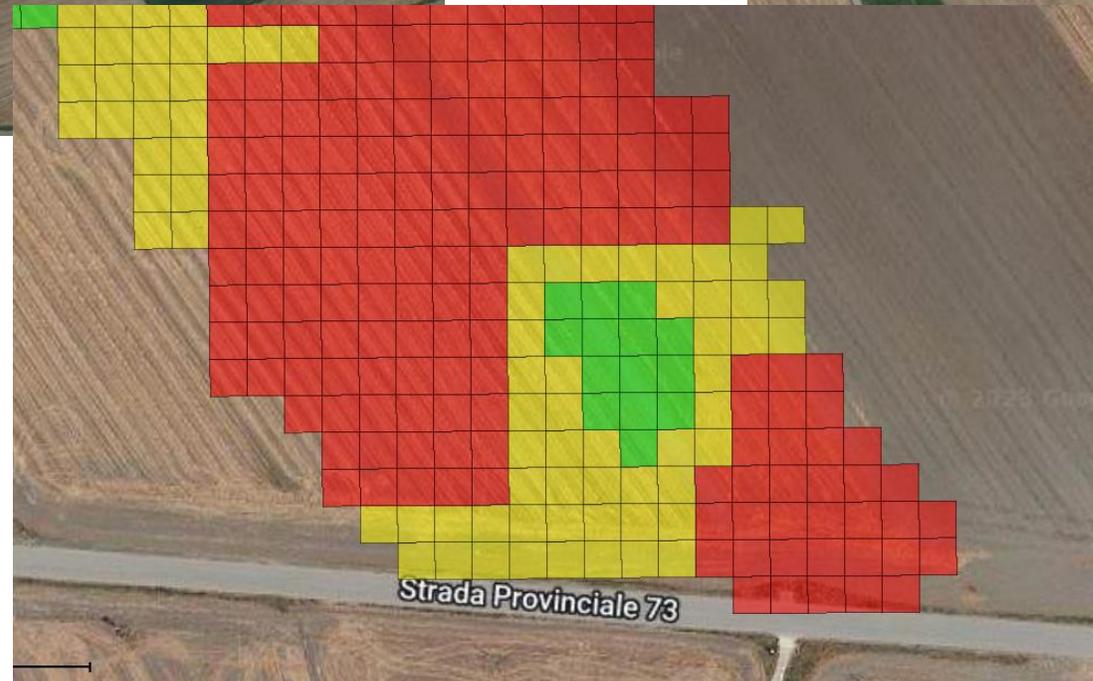


- Aree a bassa resa
- Aree ad alta resa



Adottare strategie specifiche per ogni area omogenea





Progetto realizzato con finanziamento della Regione Puglia - Legge regionale n. 55/2018  
 "Avviso pubblico per la presentazione di Progetti pilota per la promozione e lo sviluppo dell'Agricoltura di Precisione"



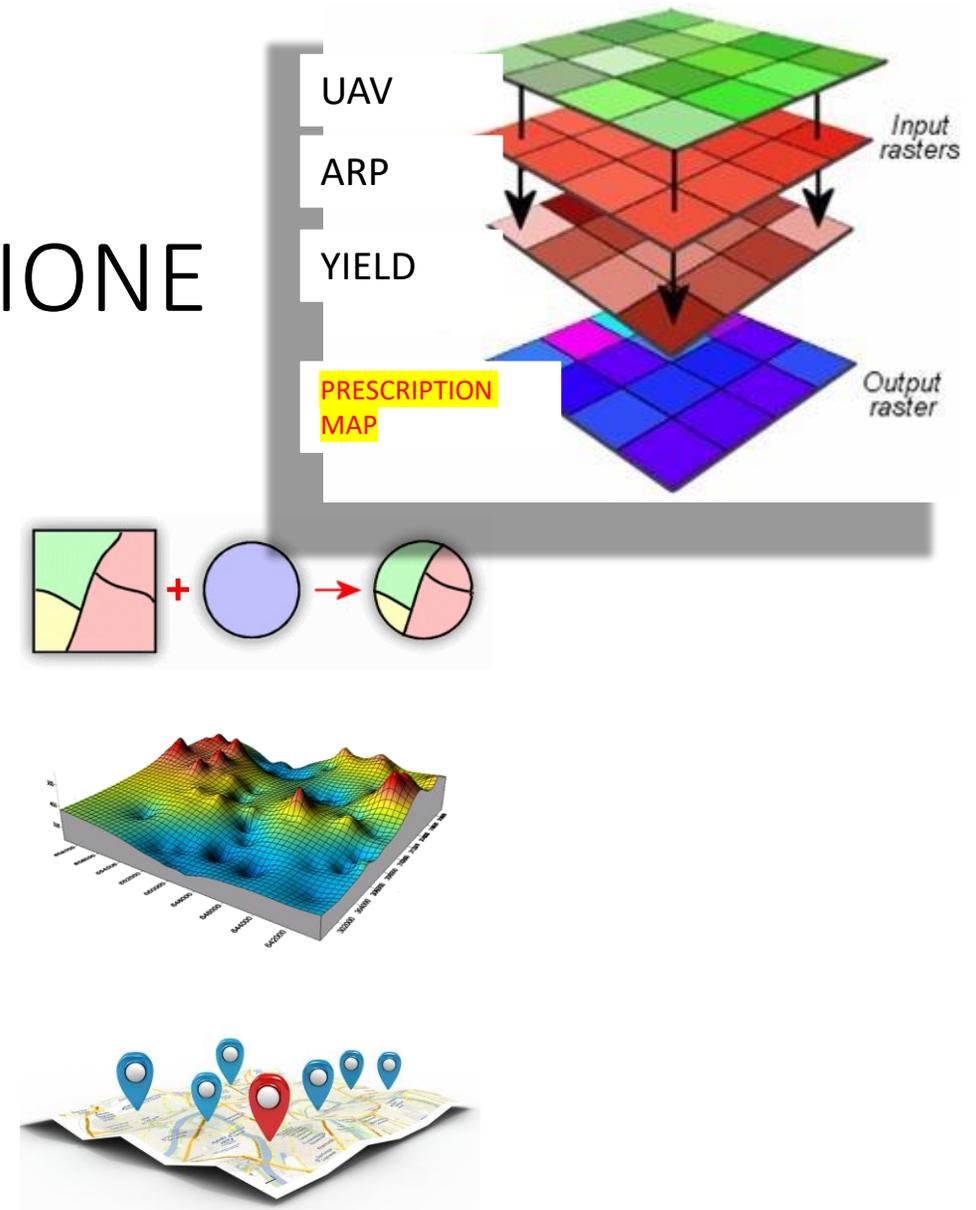
Partner di progetto  
**HORT@**  
 From research to field

**CAIONE CON.CER**  
 La Quercia Soc. Coop. Agricoli ORGANIZZAZIONE DI PRODUTTORI



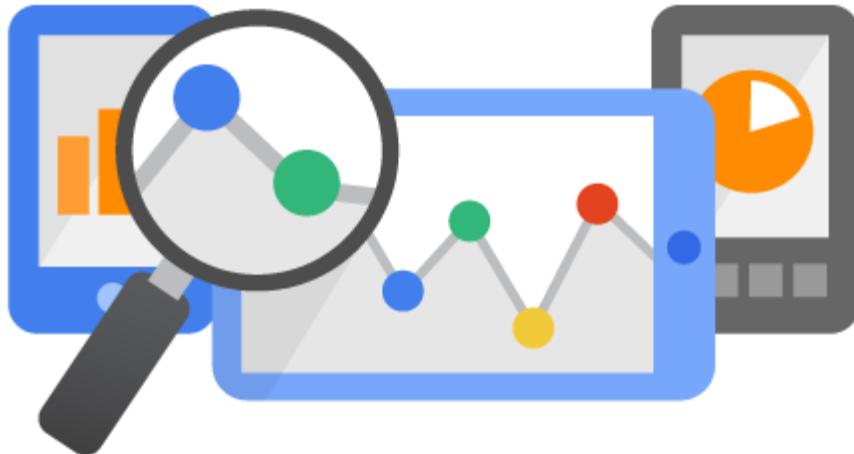
# Modalità di elaborazione finalizzate alla MAPPA DI PRESCRIZIONE

- Geoprocessing
- Geostatistica e ricampionamento
- Georeferenziazione e Trasformazione

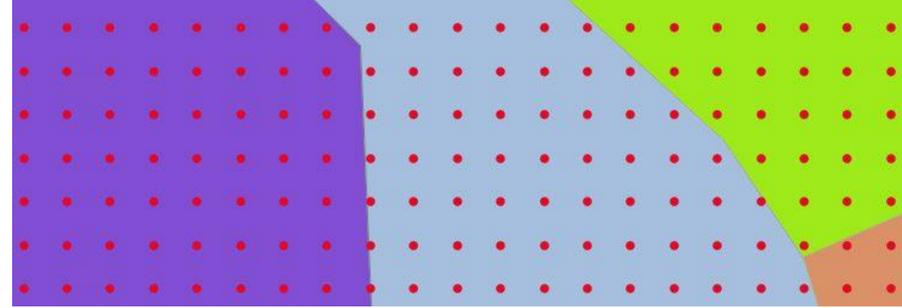


# Geoprocessing

- **Insieme di operazioni spaziali che permettono di processare dati geografici, vettoriali e raster, con conseguente creazione di nuovi layer di output.**
- Ha come finalità principale quella di **analizzare** ed **estrarre** nuove informazioni, esplicitando relazioni già presenti nella base dati ma spesso difficili da percepire attraverso la semplice osservazione del dato.

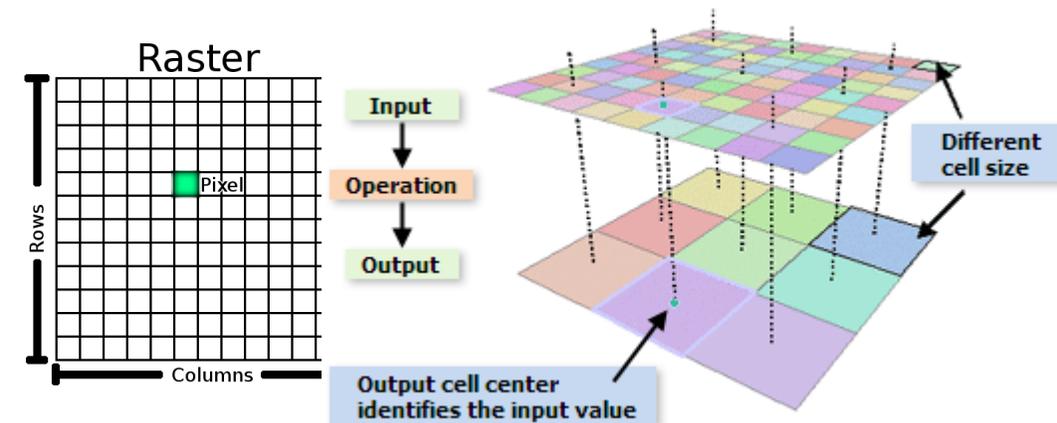
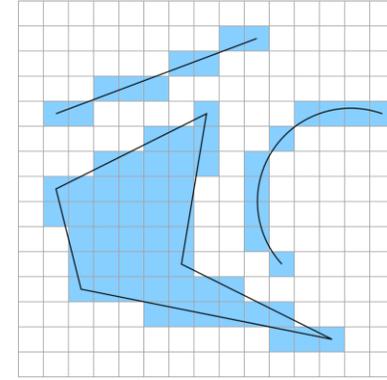
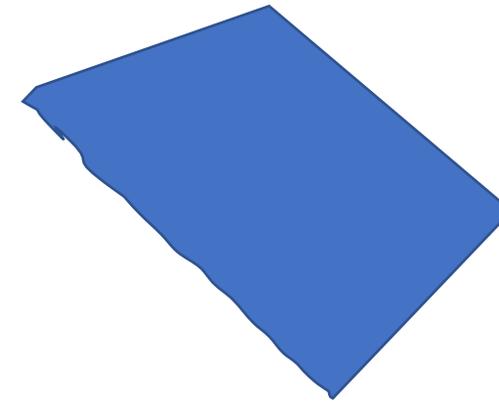
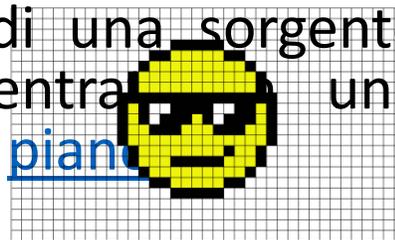


[Fonte: V. Noti - GIS Open Source per geologia e ambiente, 2014]



# Vettori e Raster

- Il **vettore** è qualsiasi forma geometrica presente sul piano e che rappresenta, in forma simbolica, un elemento della realtà. Contiene in se tutte le istruzioni ed i parametri per disegnarlo. Quindi contengono gli attributi in forma di testo o numero da cui sono descritti. Una rappresentazione vettoriale di un'immagine è l'insieme delle istruzioni e dei parametri per disegnare l'immagine finale, elemento per elemento, a partire da quelle che vengono definite primitive geometriche come linee, curve, poligoni, e testo.
- Un'immagine raster è quindi costituita da una griglia rettangolare di pixel. Ogni pixel è un campione di informazione in un'area finita di una sorgente grafica spazialmente continua, centrata su una particolare posizione geometrica sul piano.



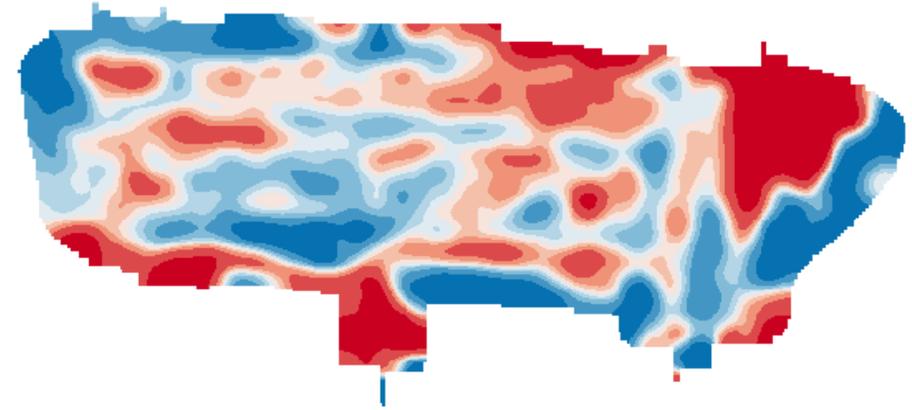
I dati raster possono essere classificati in due categorie principali:

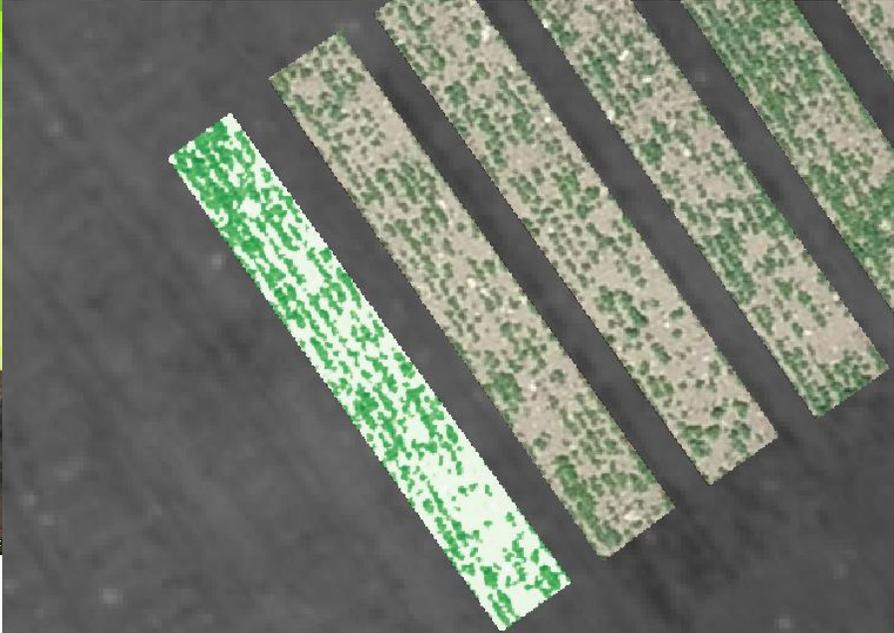
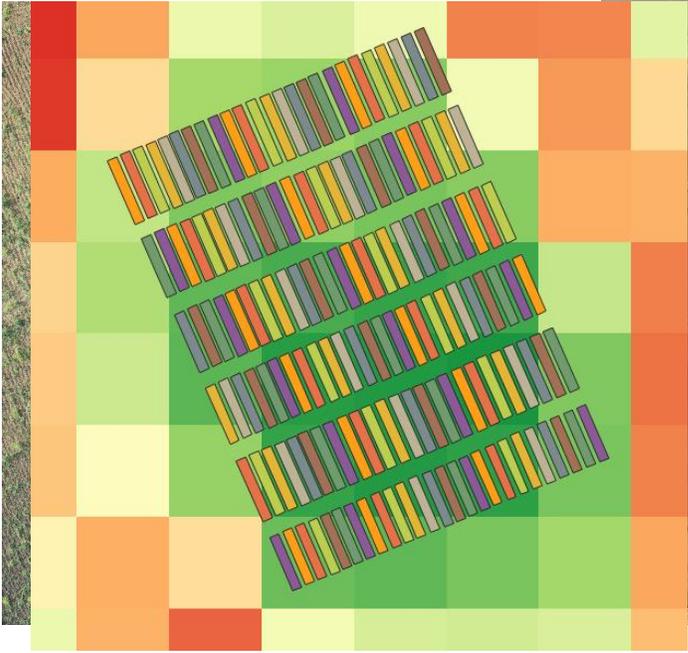
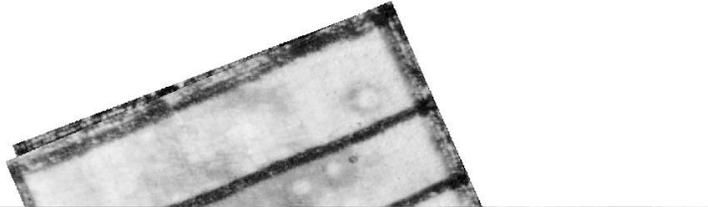
## Dati RASTER

- IMMAGINI (da scanner, fotocamere digitali, sensori installati su satelliti o UAV)
- GRID (da conversione Vector-raster)

# Raster o Vettore

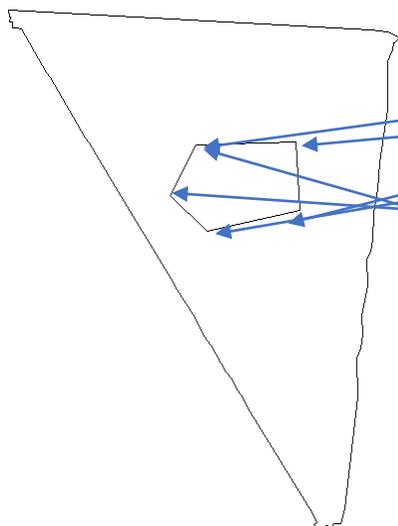
- La scelta tra l'utilizzo delle tecniche vettoriali e quelle raster è influenzata dalla tipologia dei dati di input e delle variabili da gestire.
- I dati **raster** sono idonei per la rappresentazione di **fenomeni che variano in modo continuo nello spazio** (ad esempio precipitazioni medie annue, elevazione sul livello del mare, ecc.), spesso con archiviazione nelle celle di valori numerici decimali (floating grid), mentre quelli **vettoriali** risultano più adatti a rappresentare **fenomeni categorizzati** (ad esempio uso del suolo, geologia).





# Caratteristiche del file .shp

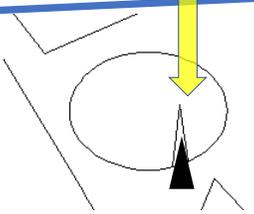
```
> VULG
class      : SpatialPolygonsDataFrame
features   : 3
extent     : 15.48964, 15.49419, 41.51758, 41.52366 (xmin, xmax, ymin, ymax)
coord. ref.: NA
variables  : 1
names      : Clopyr_Ag_
min values :      1
max values :      3
```



```
> VULG3@polygons[[2]]@Polygons[[1]]@coords
```

	[,1]	[,2]
[1,]	15.49183	41.52208
[2,]	15.49299	41.52211
[3,]	15.49303	41.52131
[4,]	15.49196	41.52107
[5,]	15.49153	41.52149

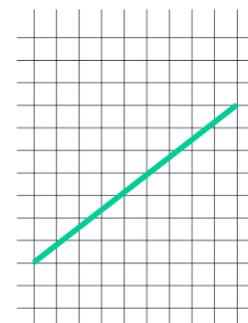
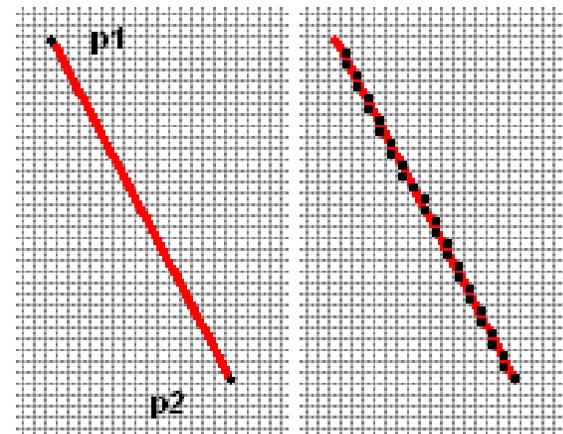
È pertanto possibile modificare anche una singola coordinata per ottenere forme di distribuzione diverse



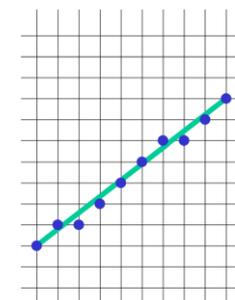
```
List of 2
 $ shp      :List of 3
 ..$ :List of 8
 .. ..$ record      : int 1
 .. ..$ content.length: int 80
 .. ..$ shape.type   : int 5
 .. ..$ box          : Named num [1:4] 15.5 41.5 15.5 41.5
 .. ..$ attr(*, "names")= chr [1:4] "xmin" "ymin" "xmax" "ymax"
 .. ..$ num.parts    : int 1
 .. ..$ num.points   : int 7
 .. ..$ parts        : int 0
 .. ..$ points       : 'data.frame': 7 obs. of 2 variables:
 .. .. ..$ X: num [1:7] 15.5 15.5 15.5 15.5 15.5 ...
 .. .. ..$ Y: num [1:7] 41.5 41.5 41.5 41.5 41.5 ...
 ..$ :List of 8
 .. ..$ record      : int 2
 .. ..$ content.length: int 546
 .. ..$ shape.type   : int 5
 .. ..$ box          : Named num [1:4] 15.5 41.5 15.5 41.5
 .. ..$ attr(*, "names")= chr [1:4] "xmin" "ymin" "xmax" "ymax"
 .. ..$ num.parts    : int 2
 .. ..$ num.points   : int 65
 .. ..$ parts        : int [1:2] 0 61
 .. ..$ points       : 'data.frame': 65 obs. of 2 variables:
 .. .. ..$ X: num [1:65] 15.5 15.5 15.5 15.5 15.5 ...
 .. .. ..$ Y: num [1:65] 41.5 41.5 41.5 41.5 41.5 ...
 ..$ :List of 8
 .. ..$ record      : int 3
 .. ..$ content.length: int 1046
 .. ..$ shape.type   : int 5
 .. ..$ box          : Named num [1:4] 15.5 41.5 15.5 41.5
 .. ..$ attr(*, "names")= chr [1:4] "xmin" "ymin" "xmax" "ymax"
 .. ..$ num.parts    : int 4
 .. ..$ num.points   : int 127
 .. ..$ parts        : int [1:4] 0 55 62 66
 .. ..$ points       : 'data.frame': 127 obs. of 2 variables:
 .. .. ..$ X: num [1:127] 15.5 15.5 15.5 15.5 15.5 ...
 .. .. ..$ Y: num [1:127] 41.5 41.5 41.5 41.5 41.5 ...
```

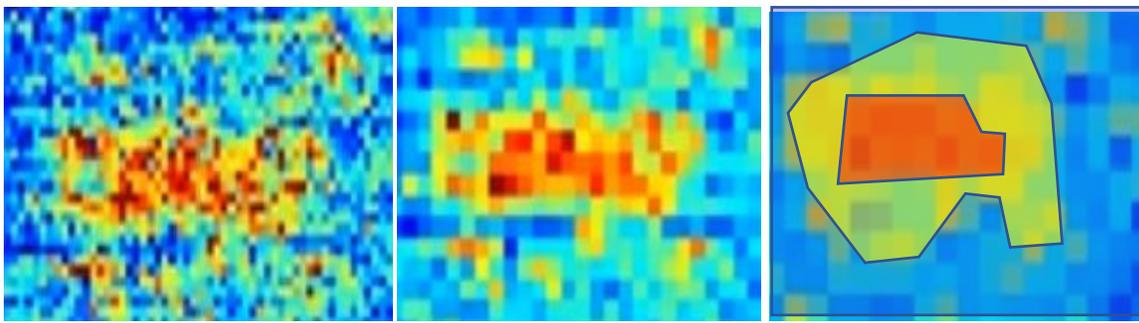
# Conversioni vector-raster (rasterizzazione)

- Questo tipo di conversione genera una matrice, con risoluzione spaziale definita dall'utente, in cui **ogni cella prende il valore di un attributo numerico dell'oggetto vettoriale che insiste sulle stesse coordinate della cella.**
- È quindi necessario che nella struttura di database del layer vettoriale sia presente un campo significativo che permetta di rasterizzarlo in base a uno specifico parametro

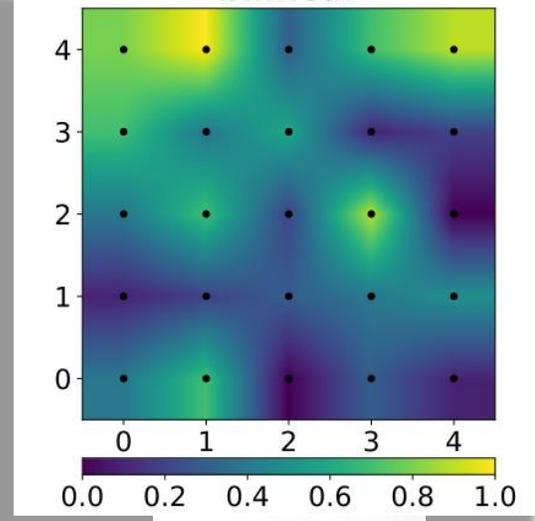


❖ L'algoritmo di rasterizzazione di un segmento di retta deve calcolare le coordinate dei pixel che giacciono sulla linea ideale o che sono il più vicino possibile ad essa





L'interpolazione spaziale è la stima del valore assunto da una variabile in una posizione in cui la misurazione non è stata effettuata

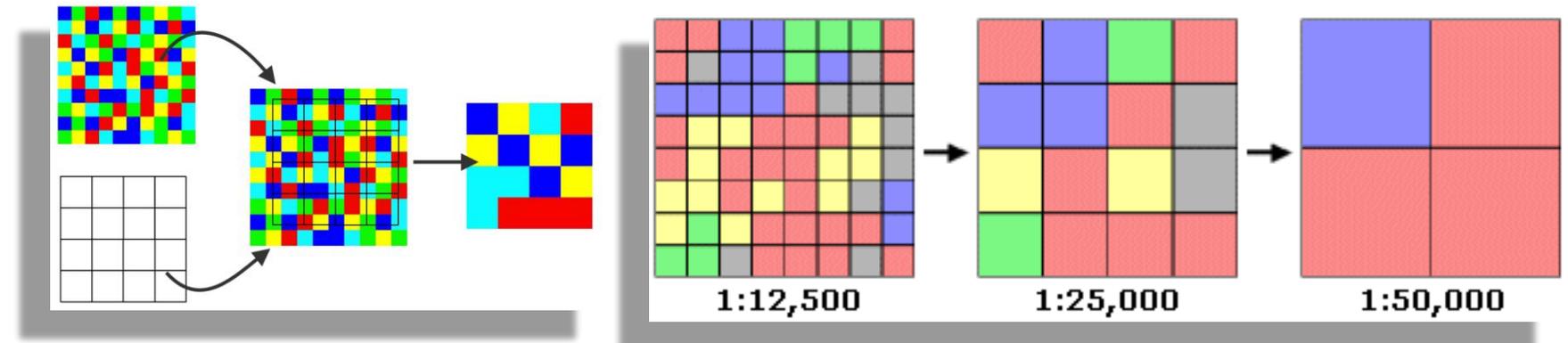


# Ricampionamento

- In caso di aumento della risoluzione (riduzione del lato di una cella), vengono solitamente applicati metodi di interpolazione (ad esempio nearest neighbour, bilinear, cubic, ecc.) che permettono di definire il valore delle nuove celle basandosi su quelle di input.
- L'operazione inversa viene effettuata durante la diminuzione di risoluzione (aumento del lato di una cella) in cui vengono applicate tecniche associative su celle adiacenti.



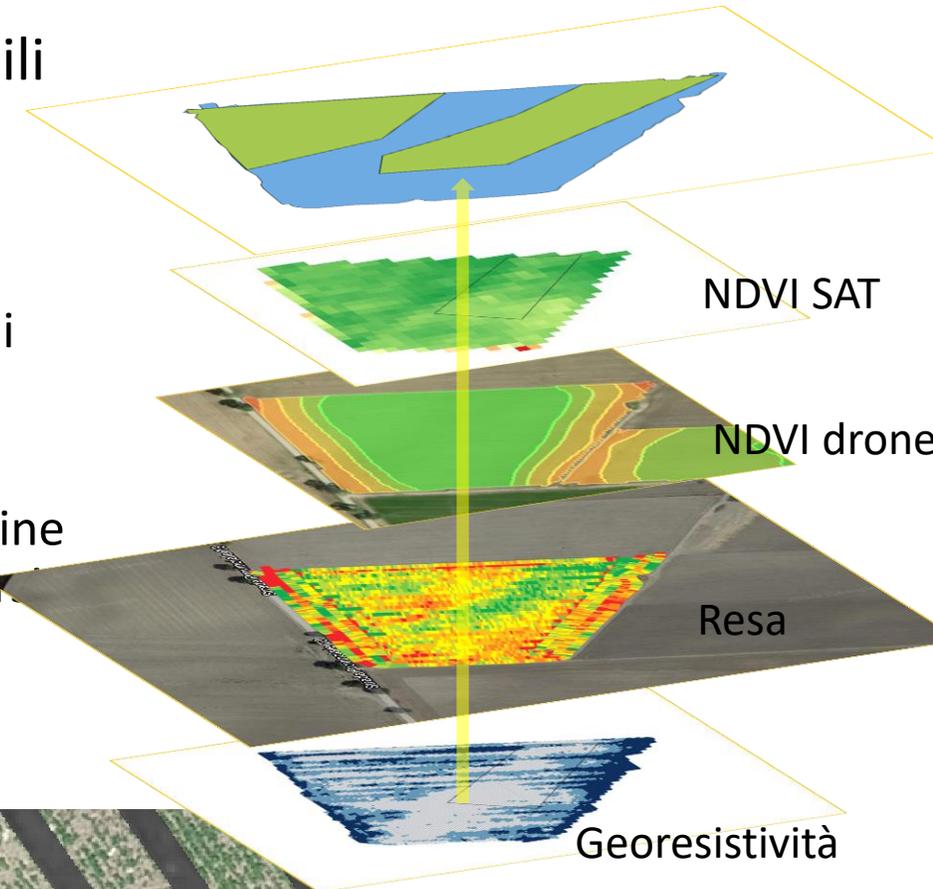
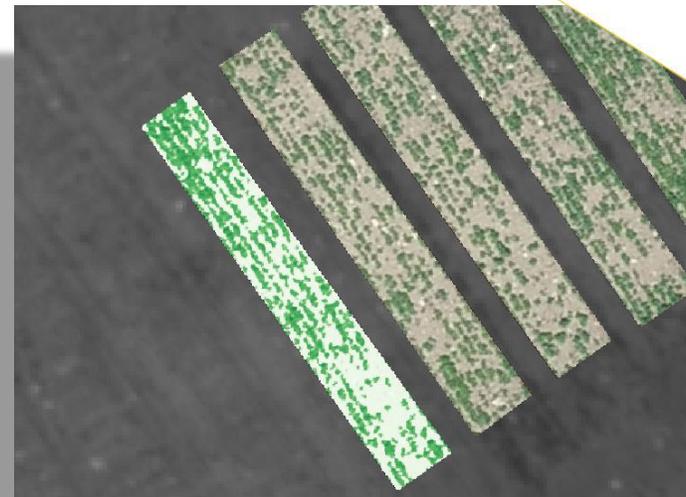
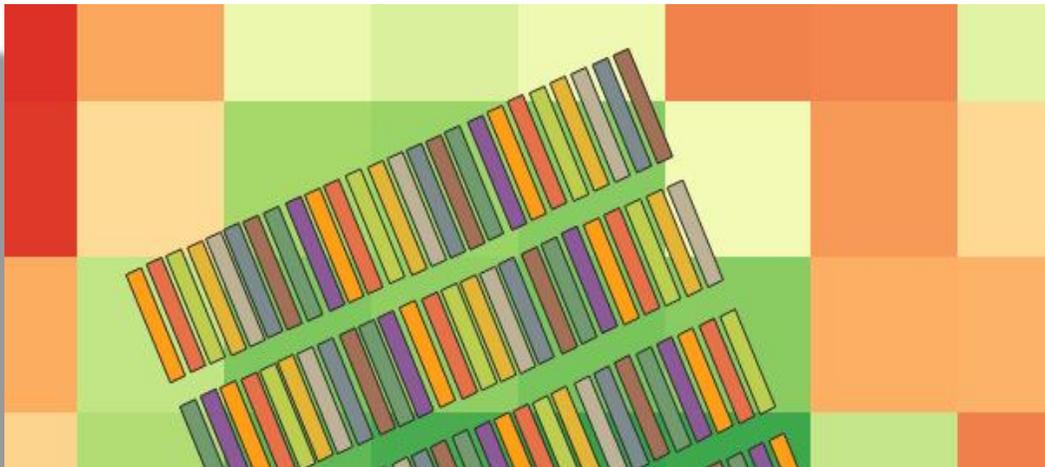
Danie Krige (1919-2013)



# Output e finalità in Agricoltura

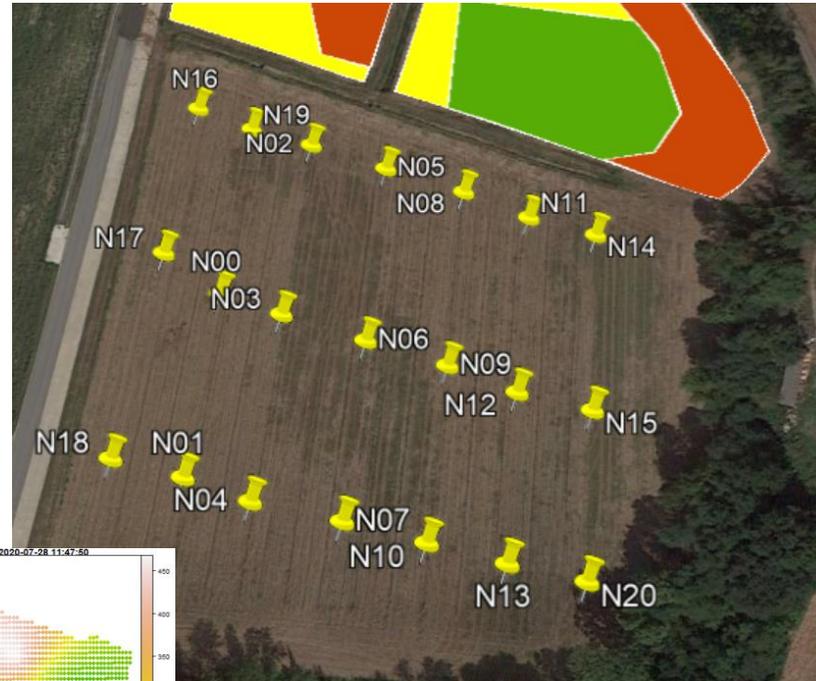
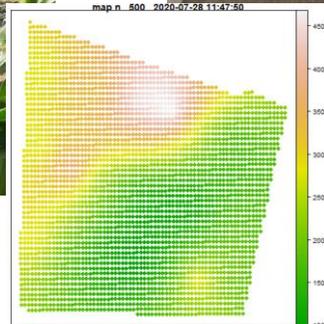
- Le operazioni di elaborazione effettuate sui dati ottenibili dalle diverse fonti informative possono avere principalmente due obiettivi:

- Ottenere una sintesi e fusione al fine di ottenere un layer applicativo da consegnare ad una macchina per l'esecuzione di diverse operazioni mirate
  - OUTPUT: es.: **Mappa di prescrizione - Precision Farm**
- Ottenere un'estrazione dei dati per un'elaborazione critica al fine di misurare le ripetibilità di condizioni simili o l'eventuale divergenza per la ricerca della fonte della variabilità sperimentale
  - OUTPUT: es.: **Preparazione di griglie ispettive in campi sperimentali.**

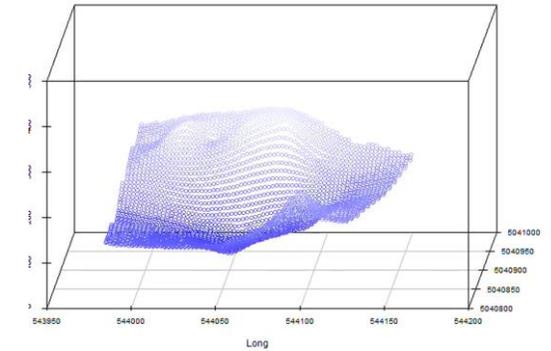
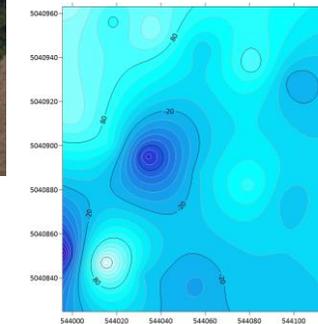


# WP: 3 Sistemi meccatronici e digitali per AdP - 3.2 Sistemi di gestione dell'acqua irrigua sulla base di tecniche di irrigazione di precisione

Monitoraggio dinamico della disponibilità idrica nel suolo attraverso sensoristica low-cost e trasmissione LoRa



Mappatura dinamica delle condizioni idriche a seguito di eventi irrigui



# Rete di Sensori in campo



enza titolo  
zione e per la tua mappa.

- N16
- N19
- N05
- N02
- N08
- N11
- N14
- N17
- N00
- N03
- N06
- N09
- N12
- N15
- N18
- N01
- N04
- N07
- N10
- N13
- N20



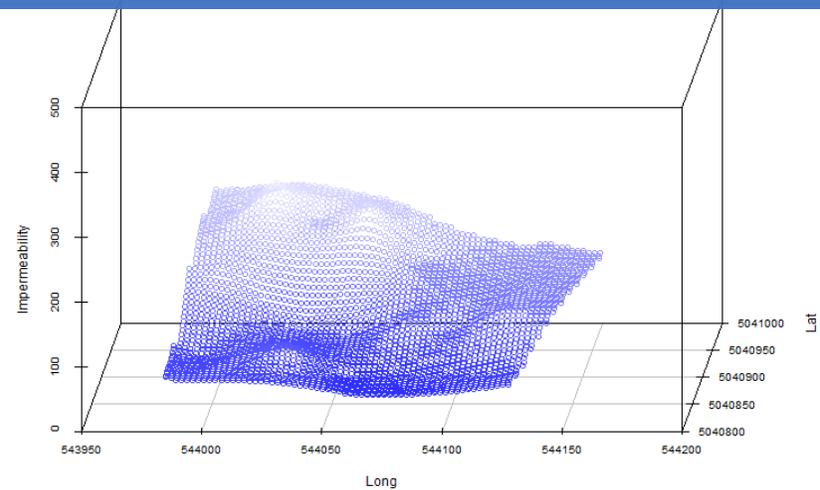
e Earth



00 m

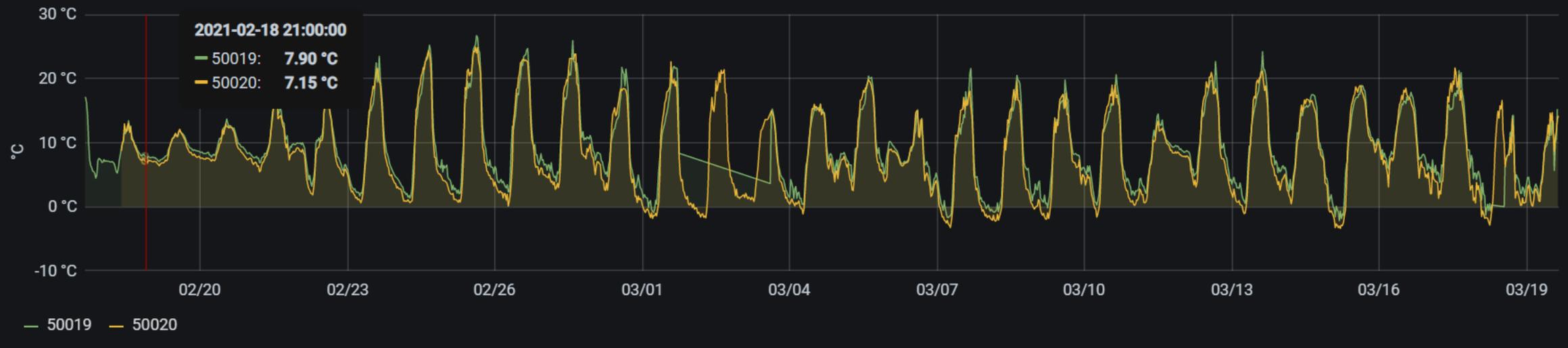


# Rete di Sensori in campo





### Tair

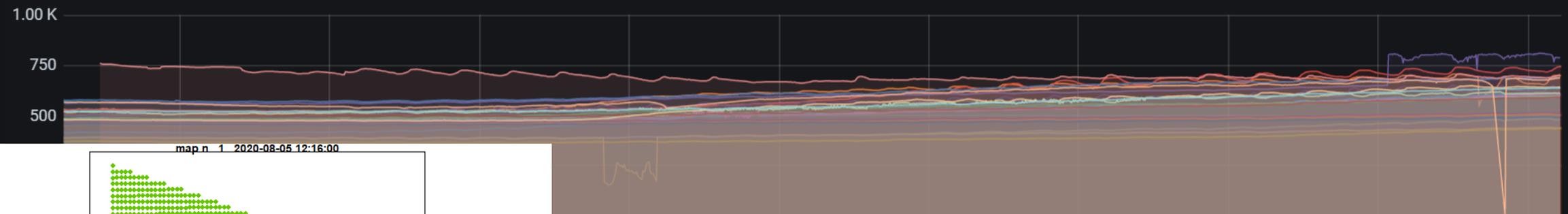


### Hair





### RawA



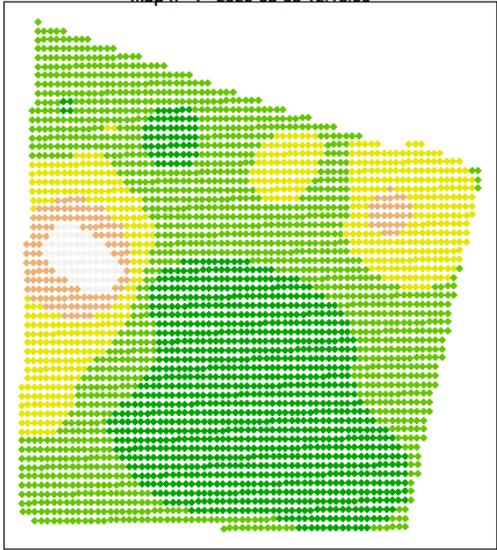
03/01	03/04	03/07	03/10	03/13	03/16	03/19
50003 Current: 697	50004 Current: 742	50005 Current: 603	50006 Current: 603	50007 Current: 786		
50011 Current: 502	50012 Current: 588	50013 Current: 489	50014 Current: 510	50015 Current: 635		
50019 Current: 686	50020 Current: 701					

### RawB



50000 Current: 448	50001 Current: 531	50002 Current: 555	50003 Current: 622	50004 Current: 602	50005 Current: 741	50006 Current: 601	50007 Current: 606
50008 Current: 452	50009 Current: 515	50010 Current: 635	50011 Current: 643	50012 Current: 661	50013 Current: 645	50014 Current: 533	50015 Current: 547

map.n 1 2020-08-05 12:16:00

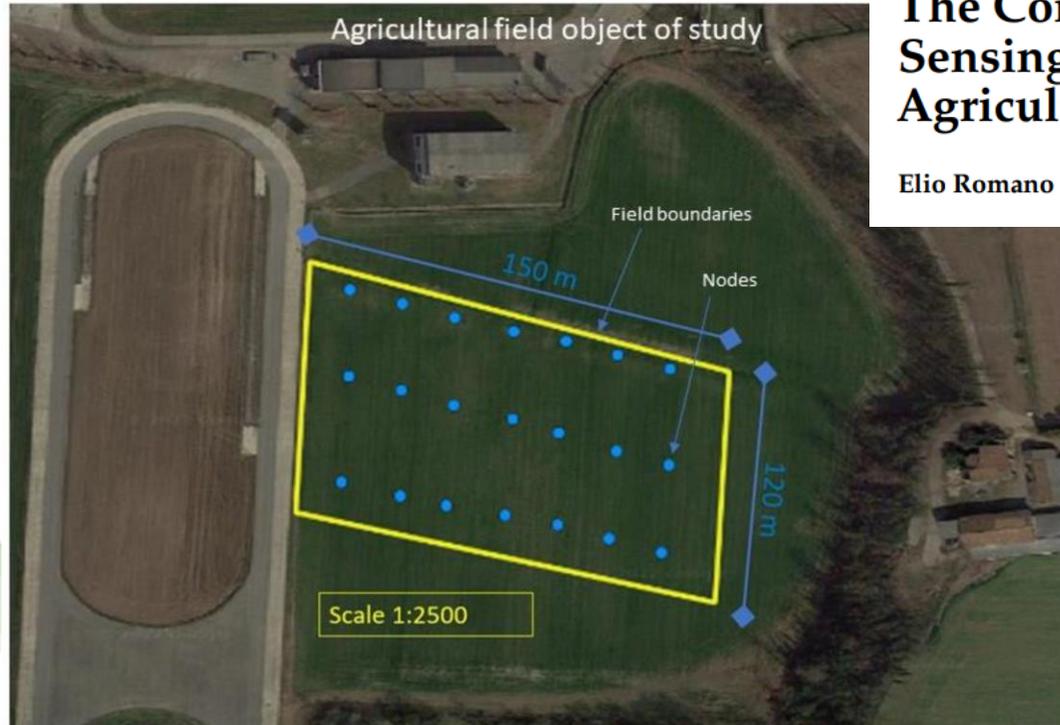


- ◆ [-6.723,85.13]
- ◆ (85.13,177]
- ◆ (177,268.8]
- ◆ (268.8,360.7]
- ◆ (360.7,452.5]

Article

# The Correlation between Proximal and Remote Sensing Methods for Monitoring Soil Water Content in Agricultural Applications

Elio Romano <sup>1</sup>, Simone Bergonzoli <sup>2</sup>, Carlo Bisaglia <sup>1</sup>, Rodolfo Picchio <sup>3,\*</sup> and Antonio Scarfone <sup>2</sup>



Article

# The Correlation between Proximal and Remote Sensing Methods for Monitoring Soil Water Content in Agricultural Applications

Elio Romano <sup>1</sup>, Simone Bergonzoli <sup>2</sup>, Carlo Bisaglia <sup>1</sup>, Rodolfo Picchio <sup>3,\*</sup> and Antonio Scarfone <sup>2</sup>

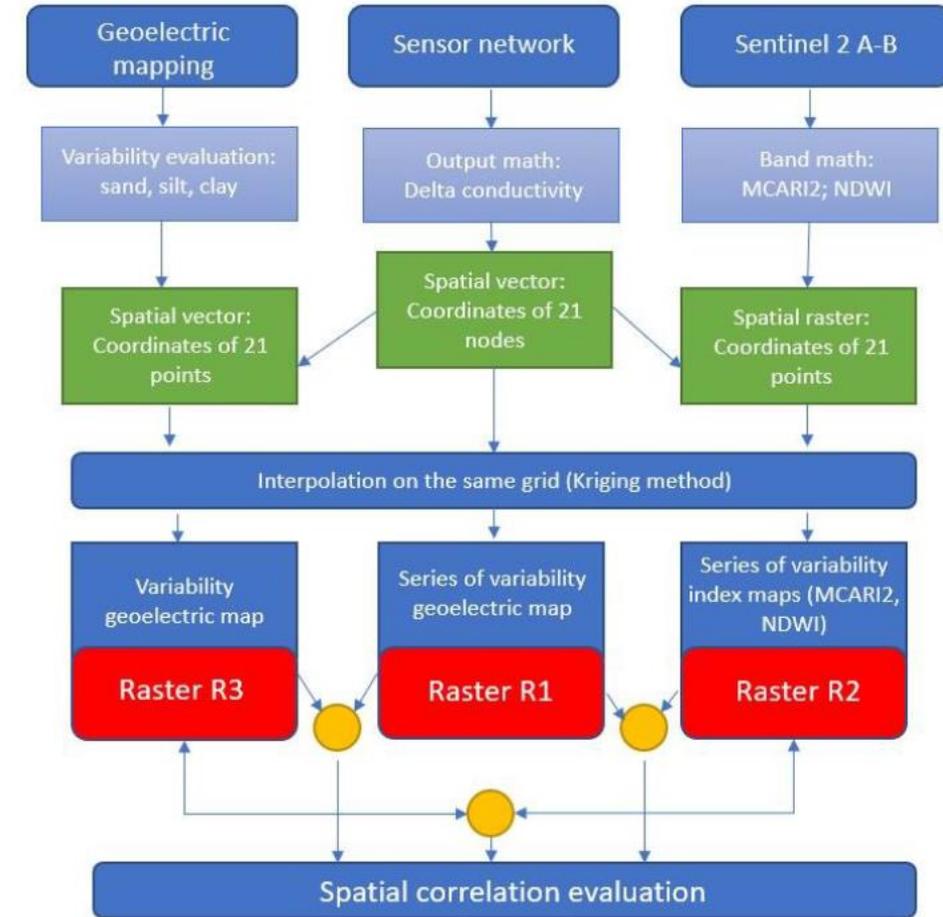
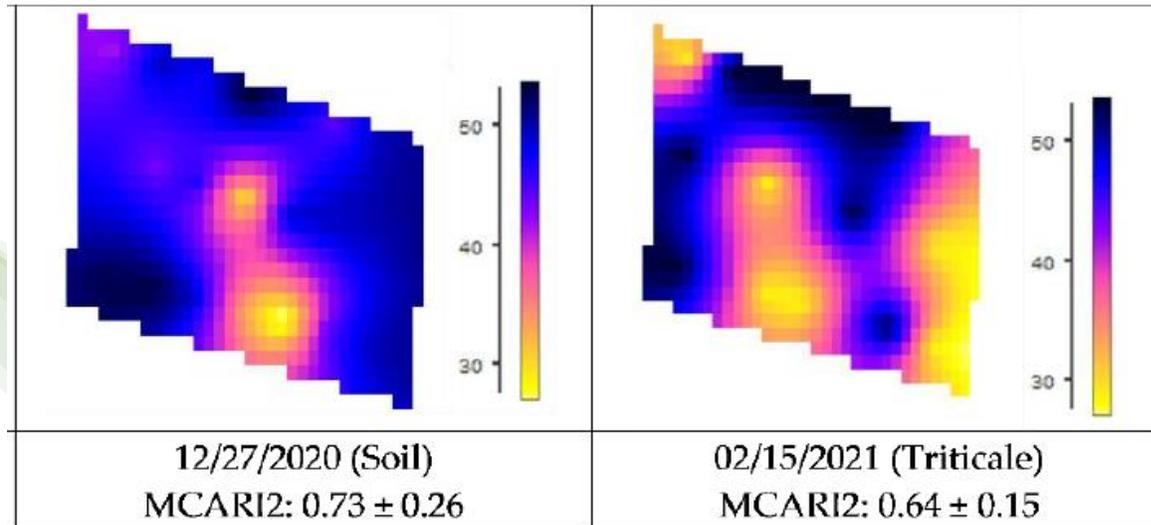
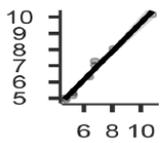
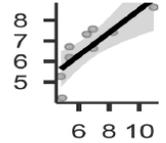
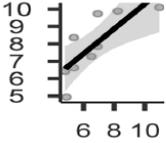
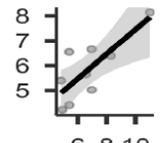


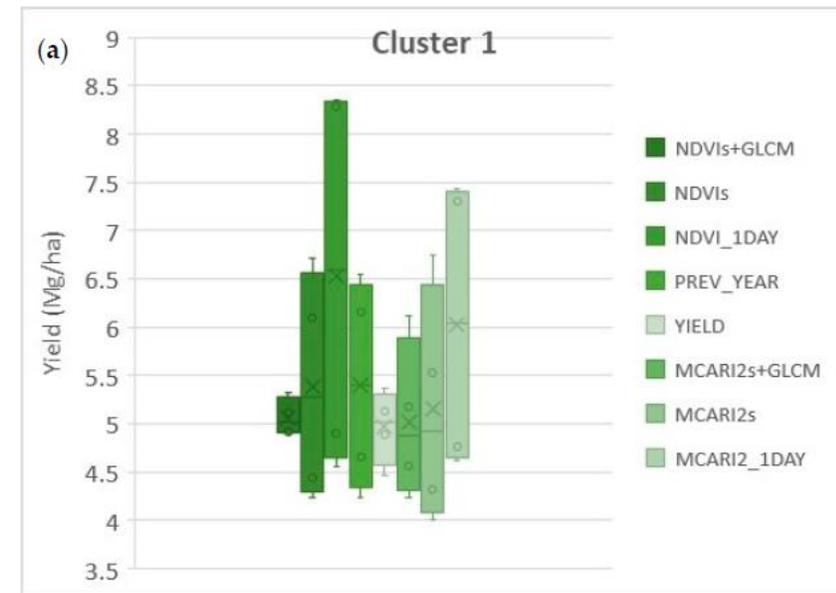
Figure 3. Flow diagram of the correlation study.

Article

# Methodology for the Definition of Durum Wheat Yield Homogeneous Zones by Using Satellite Spectral Indices

Elio Romano <sup>1</sup> , Simone Bergonzoli <sup>1</sup> , Ivano Pecorella <sup>2</sup>, Carlo Bisaglia <sup>1</sup>  and Pasquale De Vita <sup>2,\*</sup> 

Model	Regression	R <sup>2</sup>	RMSE
ΣNDVI+GLCM		0.982	0.25
Σ_NDVI		0.695	1.03
NDVI_Single-day		0.626	1.14
PREV_YEAR		0.621	1.15





# RAFFORZAMENTO DEI SISTEMI PRODUTTIVI DEL GRANO DURO BIOLOGICO ITALIANO

Risultati finali del progetto BIODURUM

a cura di Massimo Palumbo, Fabiola Sciacca, Nino Virzi



Capitolo 4

## Agricoltura digitale: metodologie operative agro-ecologiche e innovazioni

Capitolo 4: ELIO ROMANO, MASSIMO BRAMBILLA, CARLO BISAGLIA

Fig. 4.3a - Distribuzione della georesistività con punti di campionamento

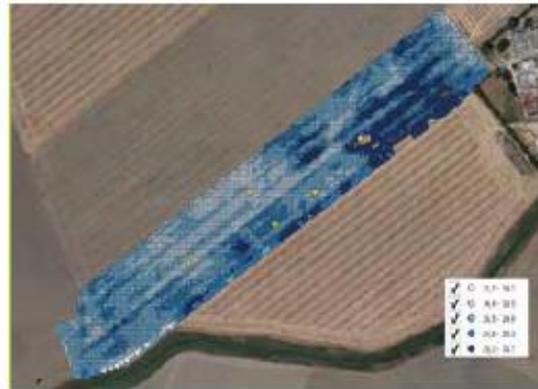
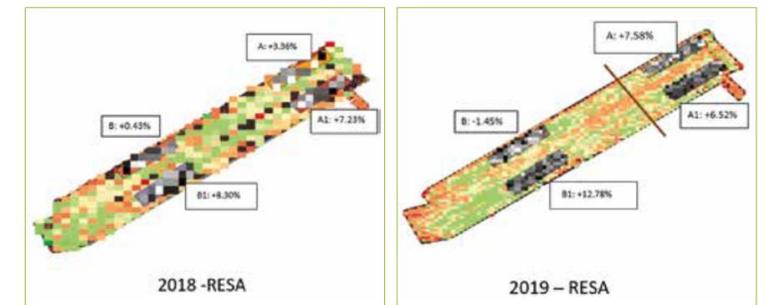


Fig. 4.5 - Mappa di prescrizione per la distribuzione dell'input nutrizionale



Fig. 4.6 - Incremento percentuale delle rese nei sub-plot in studio nel biennio 2018-2019



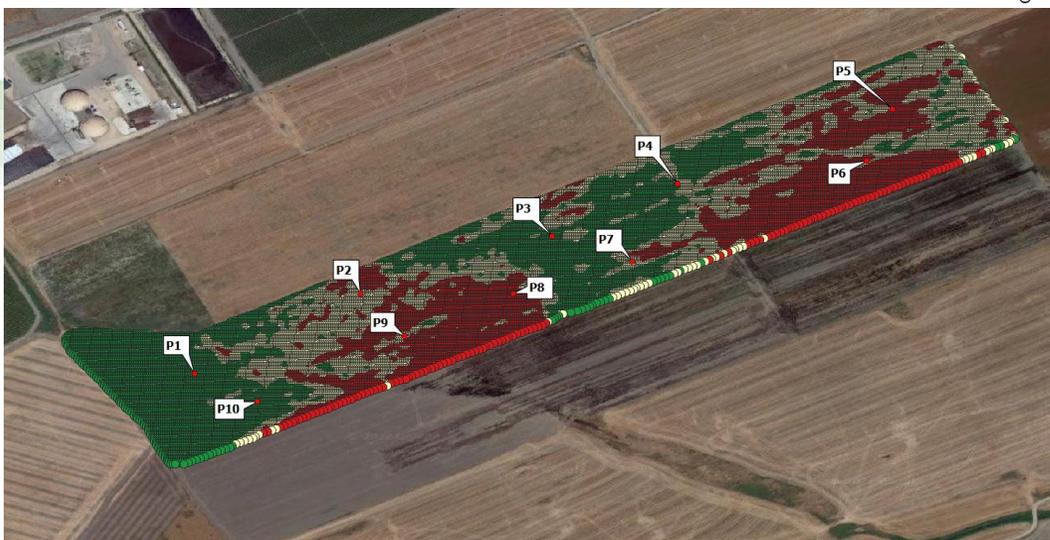
Progetto realizzato con finanziamento della Regione Puglia - Legge regionale n. 55/2018 "Avviso pubblico per la presentazione di Progetti pilota per la promozione e lo sviluppo dell'Agricoltura di Precisione"





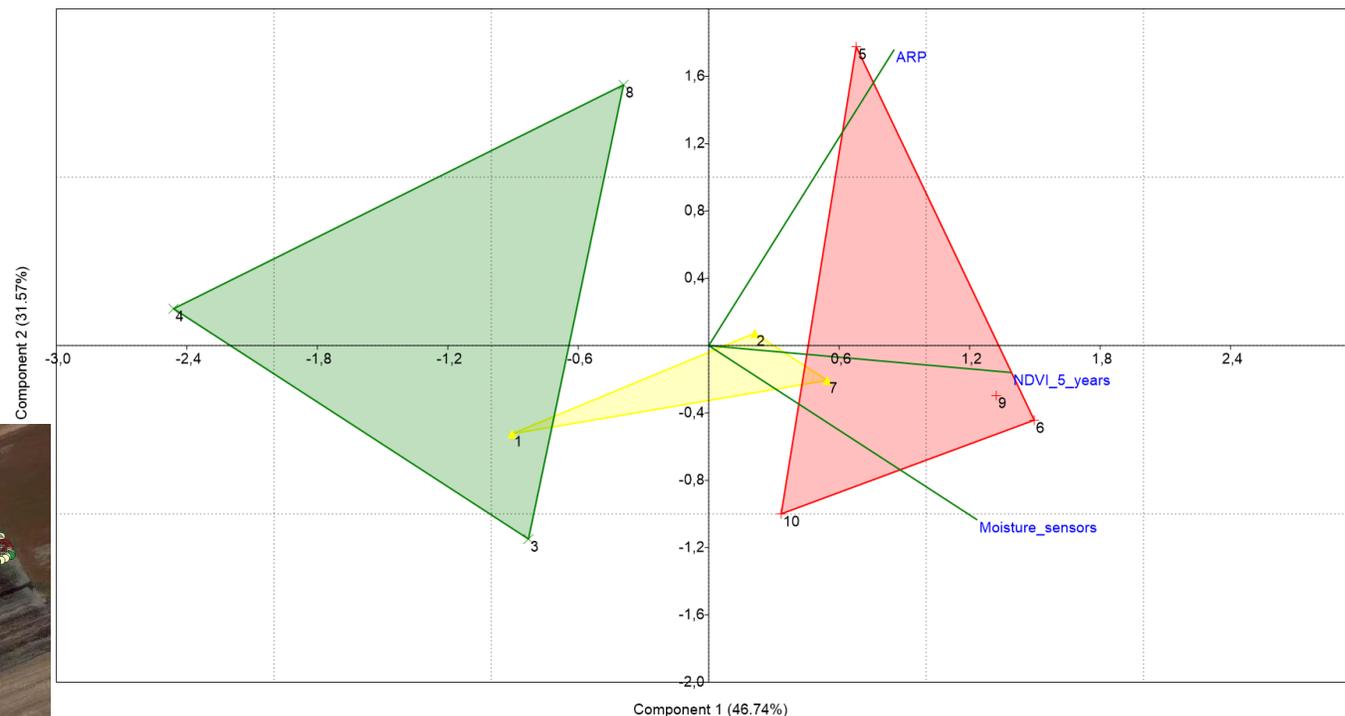
# ECPA BOLOGNA 2023

14th European Conference on Precision Agriculture



## Proximal and remote information sources for the definition of homogeneous zones and site-specific management of durum wheat.

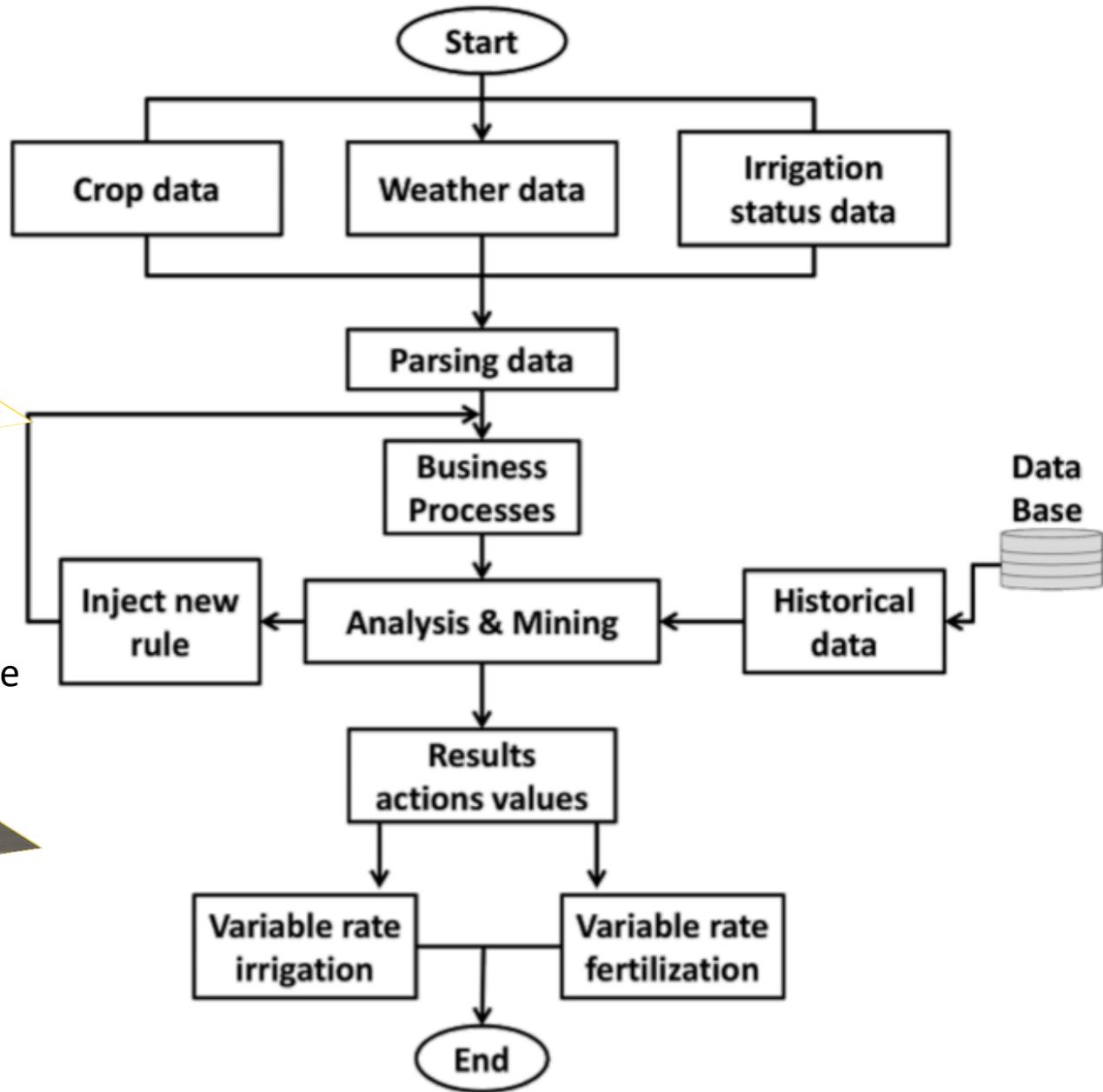
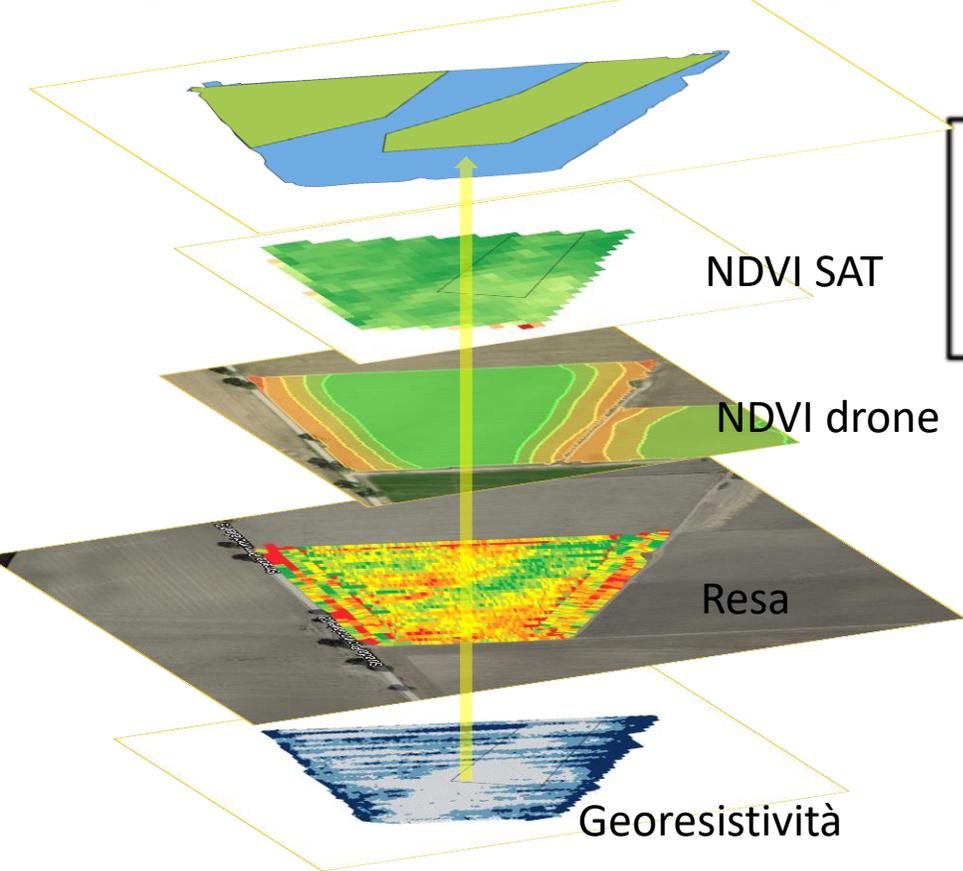
E. Romano<sup>1</sup>, F. Fania<sup>2</sup>, I. Pecorella<sup>2</sup>, P. Spadanuda<sup>2</sup>, M. Roncetti<sup>3</sup>, D. Zullo<sup>3</sup>, G. Giuntoli<sup>4</sup>,  
C. Bisaglia<sup>1</sup>, S. Bergonzoli<sup>1</sup>, P. De Vita<sup>2</sup>



Progetto realizzato con finanziamento della Regione Puglia - Legge regionale n. 55/2018  
\*Avviso pubblico per la presentazione di Progetti pilota per la promozione e lo sviluppo dell'Agricoltura di Precisione



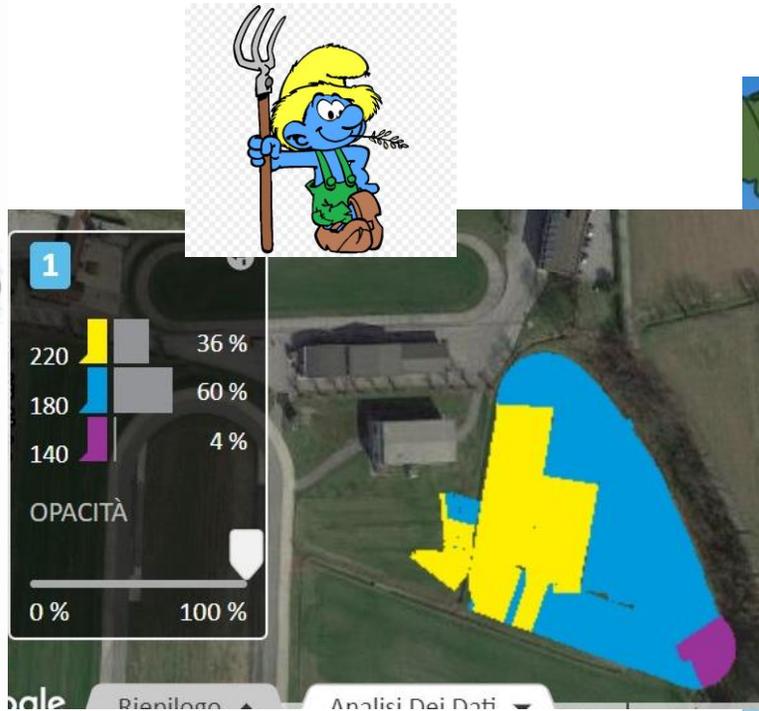
Sistema di supporto alle decisioni  
(DSS=Decision Support System)  
Diagramma di Flusso



# Gestione della mappa delle zone omogenee

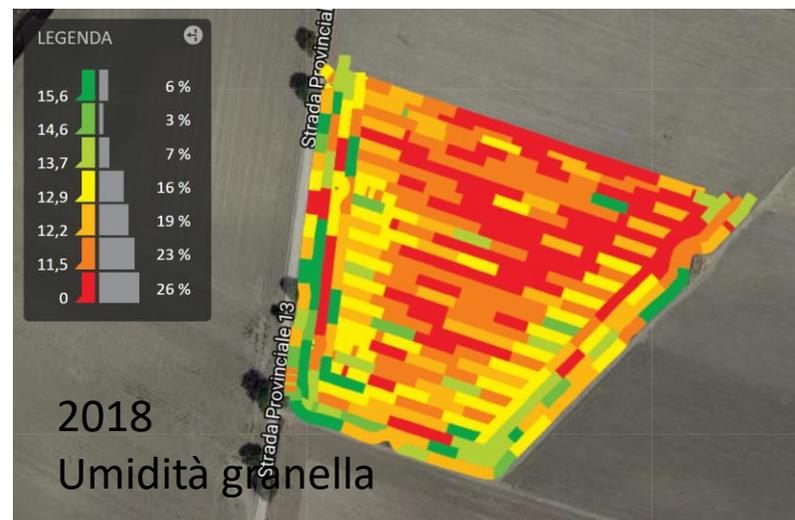
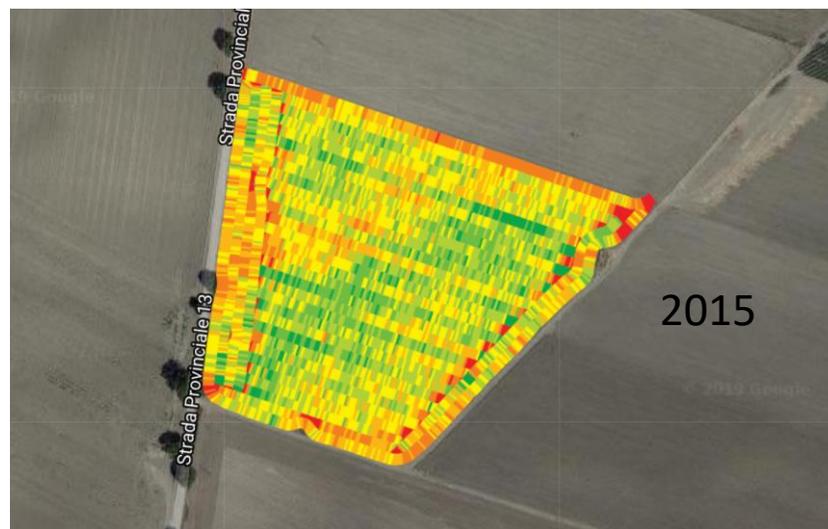
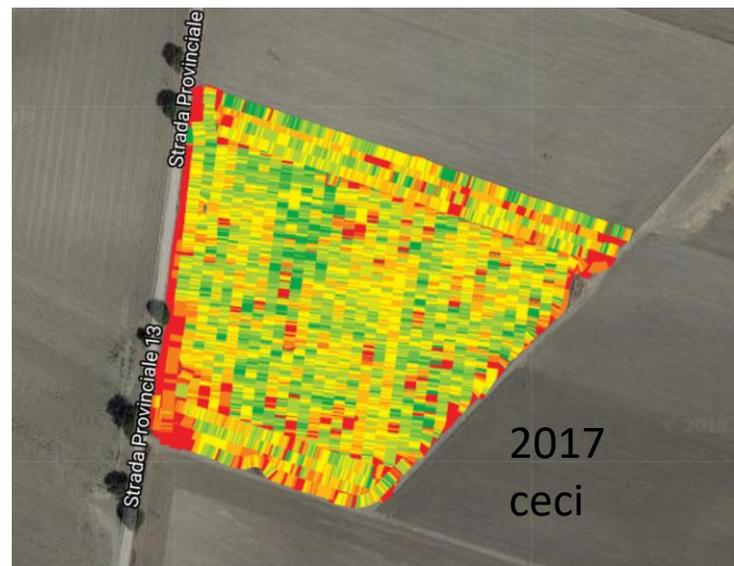


Sceriffo di Nottingham



Robin Hood

# Ricerca della stabilità – Resilienza delle zone

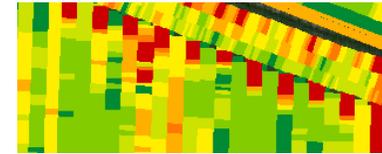


Bonifica

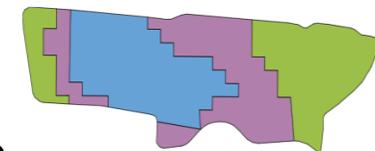
Scelta culturale

# Conclusioni

- ❖ Le mappe di produzione hanno un potenziale informativo elevatissimo, ma la preparazione di una mappa di prescrizione dovrebbe prevedere l'elaborazione da **diverse fonti informative**;
- ❖ Non è necessario avere una **definizione** delle caratteristiche del terreno o della coltura con **risoluzione** eccessivamente superiore alla larghezza di lavoro;
- ❖ Il trattamento degli **outliers** è sempre molto delicata ed a questa fase ne seguono diverse basate su **processi statistici**;
- ❖ La definizione del **peso di ogni singolo layer** può incidere sul risultato finale;
- ❖ **L'esperienza** di chi ha già la consapevolezza del campo è **preziosa** e le mappe di prescrizione dovrebbero essere discusse con chi deve poi operare in campo;
- ❖ Non esiste la mappa universale ma **ogni operazione ed ogni anno** ha bisogno di una elaborazione dedicata
- ❖ In ogni caso cominciare a raccogliere le **mappe di produzione** è sempre un buon inizio...



COORDINATE	YIELD	NDVI	SAND	ETC...
X;Y	22.14	84.78	22.75	56.89



Oltre alla bibliografia citata nelle slide sono stati utilizzati i seguenti riferimenti:

- Zhang Q. 2015, Precision Agriculture Technology for Crop Farming. CRC Press. 978-1482251074;
- Krisha K.R. 2021. Precision Farming: Soil Fertility and Productivity Aspects. Apple Academic. ISBN:1774632705;
  - Misturini D. 2020. Precision farming. Strumenti e tecnologie per un'agricoltura evoluta. Edagricole Calderini. ISBN:8850655878
- Casa R. 2017. Agricoltura di precisione. Metodi e tecnologie per migliorare l'efficienza e la sostenibilità dei sistemi colturali. Edagricole. ISBN: 885065510X

### **Precision Agriculture Best Management Practices for Collecting Accurate Yield Data and Avoiding Errors During Harvest**

Joe D. Luck, Extension Precision Agriculture Engineer, and  
John P. Fulton, Associate Professor, Food, Agricultural and Biological Engineering, The Ohio  
State University



Progetto realizzato con finanziamento della  
Regione Puglia - Legge regionale n. 55/2018  
\*Avviso pubblico per la presentazione di Progetti  
pilota per la promozione e lo sviluppo  
dell'Agricoltura di Precisione



Partner di progetto  
**HORT@**  
From research to field

**CAIONE**  
La Quercia Soc. Coop. Agricoli

**CON.CER**  
ORGANIZZAZIONE DI PRODUTTORI





# *Grazie per l'attenzione*

[elio.romano@crea.gov.it](mailto:elio.romano@crea.gov.it)



Progetto realizzato con finanziamento della Regione Puglia - Legge regionale n. 55/2018  
\*Avviso pubblico per la presentazione di Progetti pilota per la promozione e lo sviluppo dell'Agricoltura di Precisione



Partner di progetto  
**HORT@**  
From research to field

**CAIONE**  
La Quercia Soc. Coop. Agricoli

**CON.CER**  
ORGANIZZAZIONE DI PRODUTTORI

