

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

## ***Acronimo: AdP4Durum***

Modulo 3 APPLICAZIONI DI AGRICOLTURA DI PRECISIONE

Incontro 3 L'applicazione delle macchine a rateo variabile: lavorazioni, fertilizzazioni, irrigazioni e trattamenti di precisione



# 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



Partner di progetto

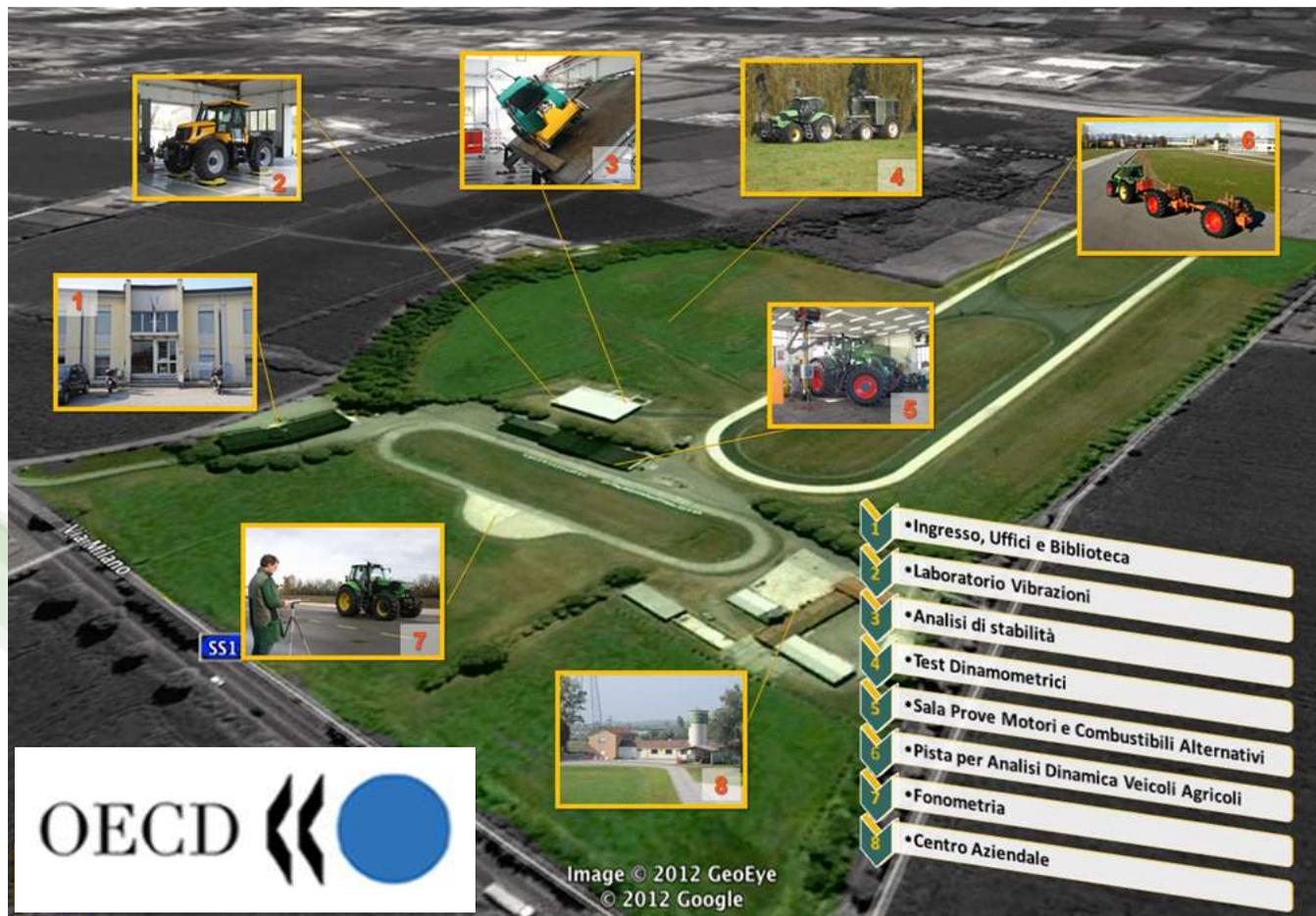
HORT@

CAIONE

CON.CER



# Le sede CREA di Treviglio (BG)



Centro di ricerca Ingegneria e Trasformazioni agroalimentari

**Carlo Bisaglia, PhD**

Dirigente tecnologo

[carlo.bisaglia@crea.gov.it](mailto:carlo.bisaglia@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



# Un possibile contesto attuale

Il sistema agricolo/alimentare odierno:

- contribuisce per il 13 - 21% all'emissione di gas serra (IPCC, 2019)
- utilizza il 46% delle terre emerse (FAO, 2019)
- utilizza il 70% dell'acqua dolce disponibile (OECD, 2017)
- è responsabile della riduzione della biodiversità a livello mondiale (UNEP, 2021)

pur tuttavia:

- non riesce ad utilizzare dal 30 al 70% del potenziale genetico delle tre colture più diffuse al mondo: riso, frumento, mais (Nature, 2012)
- non riesce ad incrementare significativamente le rese delle colture da almeno un decennio (FAO, 2017)
- non riesce a nutrire adeguatamente ~ 800.000.000 persone (FAO, 2022)
- nutre troppo ~1.000.000.000 di persone (WHO, 2016)
- i presunti costi nascosti (ad es.: socio-ambientali) stimati (12.000 miliardi di \$) superano il valore del cibo prodotto (9.000 miliardi di \$) (Nature, 2019)

Quindi?



Il sistema agricolo/alimentare odierno contribuisce per il 13 - 21% all'emissione di gas serra (IPCC, 2019). Utilizza il 46% delle terre emerse (FAO, 2019). Utilizza il 70% dell'acqua dolce disponibile (OECD, 2017). È responsabile della riduzione della biodiversità a livello mondiale (UNEP, 2021).



Partner di progetto

HORT@

CAIONE

CON.CER



# Le tecnologie emergenti

Lo scenario attuale (sociale, ambientale, tecnologico) vede l'arrivo di **tecnologie promettenti** o **radicalmente nuove** basate sui dati, anche per il settore agricolo:

- Intelligenza artificiale (AI)
- Machine learning (o apprendimento automatico)
- Machine vision (o visione artificiale VA)
- Deep learning (apprendimento approfondito)
- Internet delle cose (IoT)
- Blockchain
- Informatica quantistica
- Nanotecnologie
- Biotecnologie
- Telerilevamento
- Data mining
- Modellistica
- Robotica

**Ciò rende possibile  
attuare nuove tecniche di  
agricoltura di precisione**

# Agricoltura di precisione: un'innovazione di processo

- migliora l'efficienza,
- gestisce la variabilità ...



ad esempio negli aspetti  
fisiologici,



negli aspetti  
topografici.



nelle lavorazioni,



negli aspetti fitopatologici,

# utilizzando le tecnologie

# Quali tecnologie?

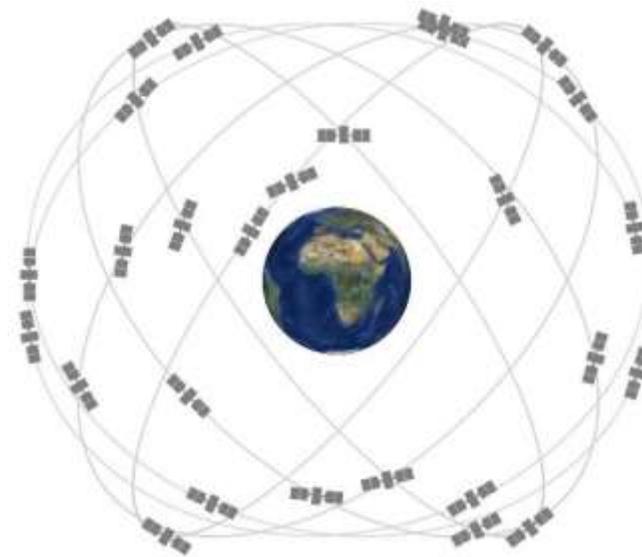
- sistemi di posizionamento geografico o GNSS – Global Navigation Satellite System (NAVSTAR-GPS, GLONASS, GALILEO, BeiDou, IRNSS, QZSS);
- sistemi di informazione geografica (GIS): le mappe digitali;
- applicazioni (sensori - remoti o prossimali - attuatori per dosaggio variabile, controllo delle sezioni, sistemi di guida, software dedicati, ecc.);
- connettività ed interoperabilità (internet, ISOBUS, BUL, 5G, protocolli comuni, telemetria, tracciabilità, ecc.)



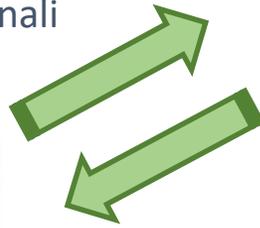
# Il posizionamento geografico

Tre segmenti: ma noi possiamo operare solo sul terzo

## 1. I satelliti

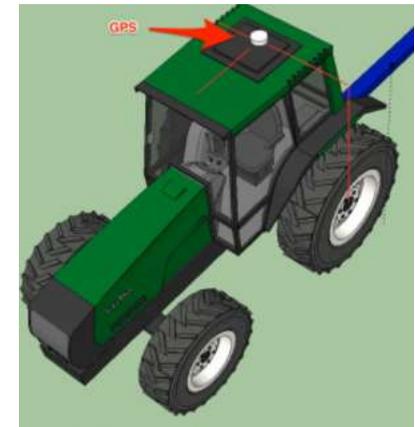
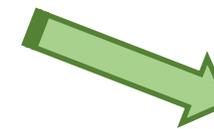


Segnali  
bidirezionali



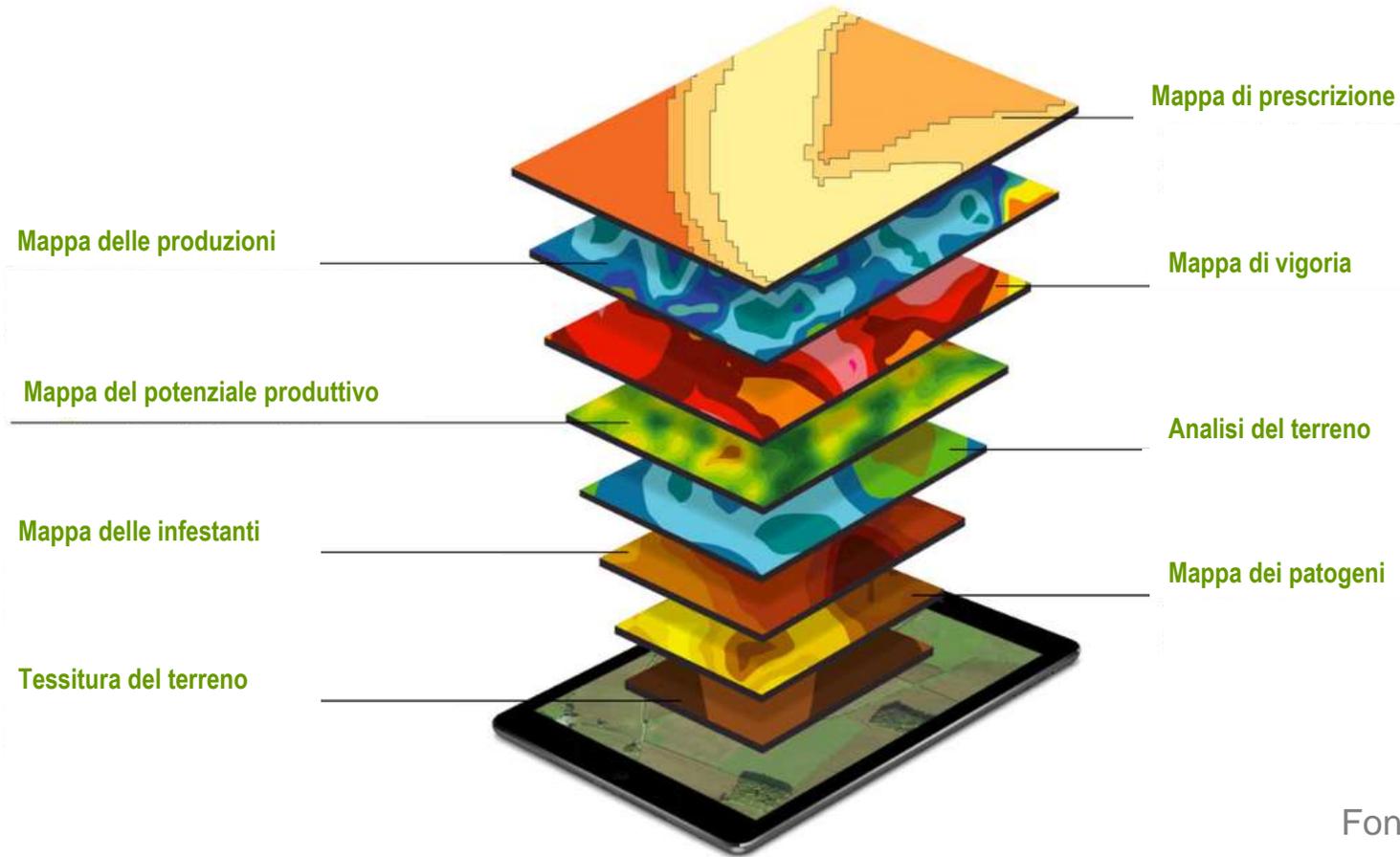
## 2. Le stazioni a terra

Segnali  
monodirezionali



## I ricevitori satellitari

# Le mappe digitali



Fonte: Omnia Precision Agronomy

# La tecnologia a rateo variabile

## Proviamo a fare alcune definizioni

- In letteratura si scrive **VRT** (Variable Rate Technology)
- Il rateo non è solo la dose, ma si intende una «**quota**» di qualsiasi lavorazione (dose, intensità, profondità, ecc.)
- **Riduce gli input aziendali** (tra i quali la manodopera) **mantenendo la redditività** e può aumentare la sostenibilità (economica e ambientale) delle agrotecniche a cui viene applicata.
- **Utilizza i dati** (vedremo quali) e l'**automazione** di alcune funzioni di **macchine agricole specificatamente progettate** per applicare concimi, ammendanti, fitofarmaci, sementi, acqua irrigua a dosi diverse a seconda delle diverse zone senza che l'operatore debba modificare la dose manualmente o fare più passaggi.
- Deve **acquisire informazioni digitali** (dati) sulla variabilità esistente suddividendo l'azienda in zone omogenee a seconda delle caratteristiche ricercate (ad esempio: terreno, produttività, ecc.)
- L'obiettivo è quello di arrivare a **definire almeno tre zone omogenee** a seconda dell'obiettivo che si intende perseguire:
  - Alta (produttività, soglia di infestazione, fertilità, disponibilità di acqua, ecc.)
  - Media
  - Bassa



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@

CAIONE

CON.CER



# Vale la pena utilizzarla?

- Le prime applicazioni VRT si registrano sugli spandiconcime nei primi **anni '90**, oggi sono in lenta, ma costante crescita (es.: 60% spandiconcime nuovi in USA, 40% in Nord Europa, 10% in Italia).
- Oggi sembra poter essere applicata, potenzialmente, a qualsiasi input
- Secondo alcune ricerche ufficiali (USDA, 2017) i vantaggi **economici** sono **in media ~60 €/ha**, ma con un'enorme variabilità a seconda dei settori di applicazione (commodities, colture ad alto reddito, ecc. vedi esempio nella slide seguente)
- Ci sono, tuttavia, anche vantaggi di carattere **agronomico** (utilizzo del potenziale genetico delle colture grazie alla riduzione di eccessi e/o carenze: vedi la legge di Liebig), **ambientale** (Direttiva nitrati, incentivi pubblici), **ergonomico** (minor affaticamento dell'operatore, riduzione dei tempi di lavoro, qualità del lavoro indipendente dall'esperienza pratica)



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@

CAIONE

CON.CER



# Un esempio pratico

## La produzione di uva biologica per vinificazione

- Riduzione del 20% di fertilizzanti grazie alle tecnologie VRT (60 €/ha).
- Riduzione del 30% di acqua irrigua grazie al monitoraggio delle condizioni meteo e dell'umidità del suolo (235 €/ha).
- Riduzione del 40% di prodotti fitosanitari grazie al monitoraggio dello stato fisiologico delle piante e della presenza di patogeni oltre le soglie di sicurezza (1.300 €/ha).
- Risparmio annuale: 1.595 €/ha
- Costo dell'investimento: 3.190 €/ha (ROI: 1-3 anni a seconda delle dimensioni aziendali)

Fonte: Politecnico di Milano, Osservatorio IoT



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



# Come acquisire informazioni digitali dalle colture?

Le piattaforme

Manuali



Misure spot

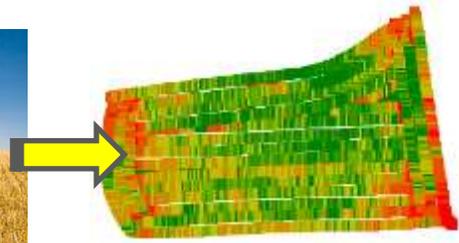
Fisse



Misure da "punti spia"

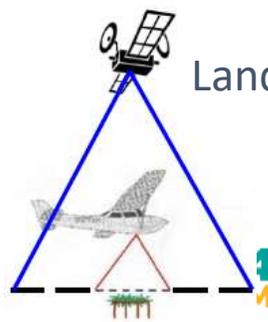


Imbarcate



Aeree

- Remote
- Prossimali



Landstat 8



Sentinel 2



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



# Come eseguire un'operazione a rateo variabile?

Un'operazione a rateo variabile viene eseguita **modificando automaticamente l'operazione stessa** a seconda di una **precisa posizione o indicazione sul campo**.

Si possono usare **due criteri operativi**

## 1. Basato su mappe (digitali)

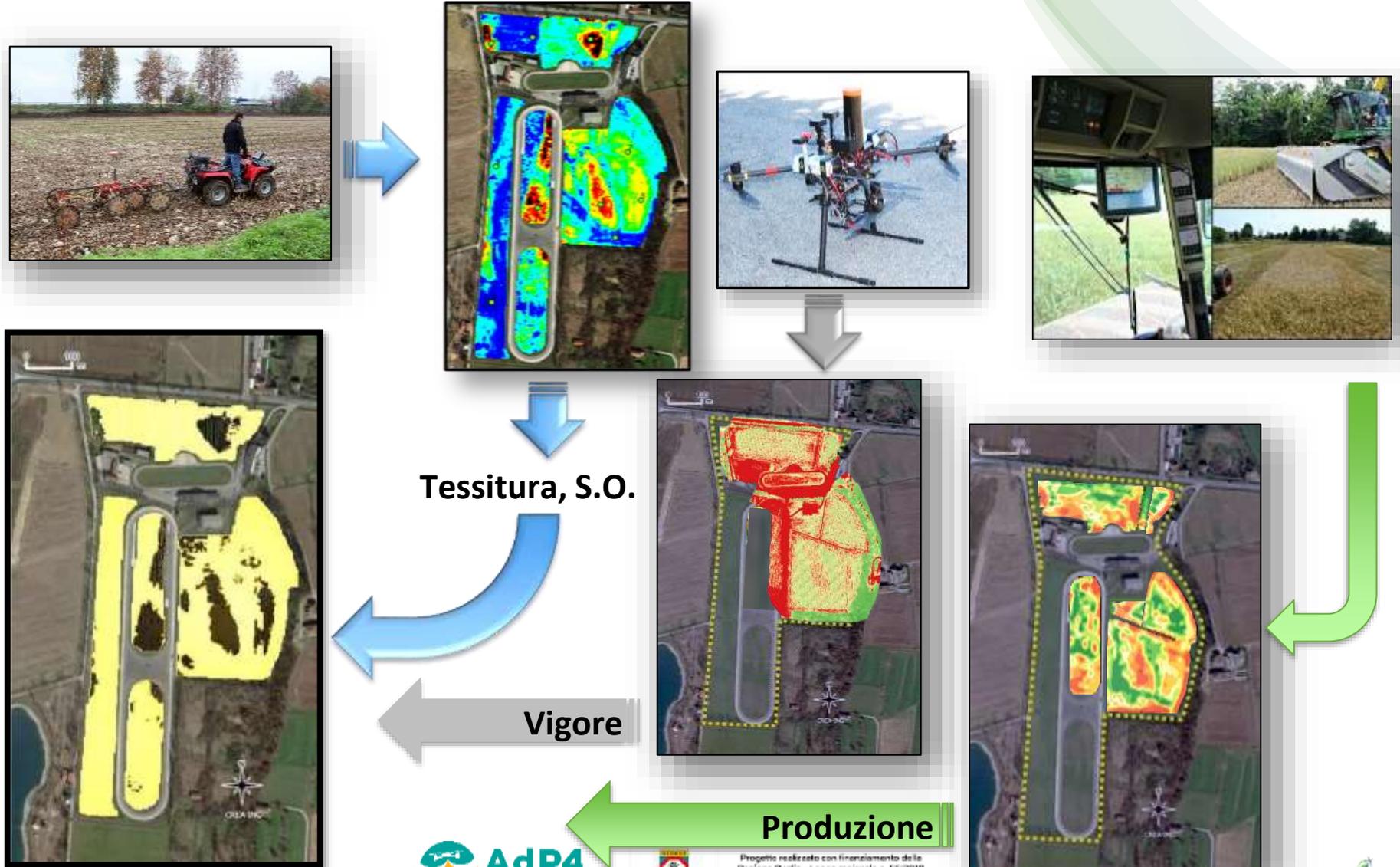
Tipicamente questa mappa si chiama «**mappa di prescrizione**» ed è basata su coordinate GNSS. L'agricoltore o l'agronomo creano la mappa di prescrizione basandosi su **diverse fonti di informazioni** (vedi slide successiva); successivamente, **la mappa (un file) viene caricata** (o con chiavetta o con telemetria) sulla macchina operatrice che deve eseguire l'operazione. In seguito, la mappa informa gli attuatori della macchina su cui è stata caricata su come operare man mano che la macchina stessa si sposta sull'appezzamento.

## 2. Basato su sensori (detto anche *on-the-go*)

La variazione della lavorazione viene determinata da **sensori che informano immediatamente (*real time*)** gli attuatori della macchina operatrice. Può quindi essere eseguito senza la conoscenza delle coordinate satellitari, ma è necessario che via sia una condizione rilevabile dai sensori (per esempio la coltura in atto per le concimazioni in copertura) o viceversa.



# Diverse fonti di informazioni



Mappe di prescrizione degli input (concimi, fitosanitari, energia, manodopera) con riduzioni dal 10 al 50%



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"



# L'applicazione delle macchine a rateo variabile

## LE LAVORAZIONI



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@

CAIONE

CON.CER



# Le origini della variabilità del suolo

Per le applicazioni agricole è una questione di dettaglio

Il suolo è l'interfaccia tra il mondo minerale e il mondo biologico



Google Earth

Carta dei suoli



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@

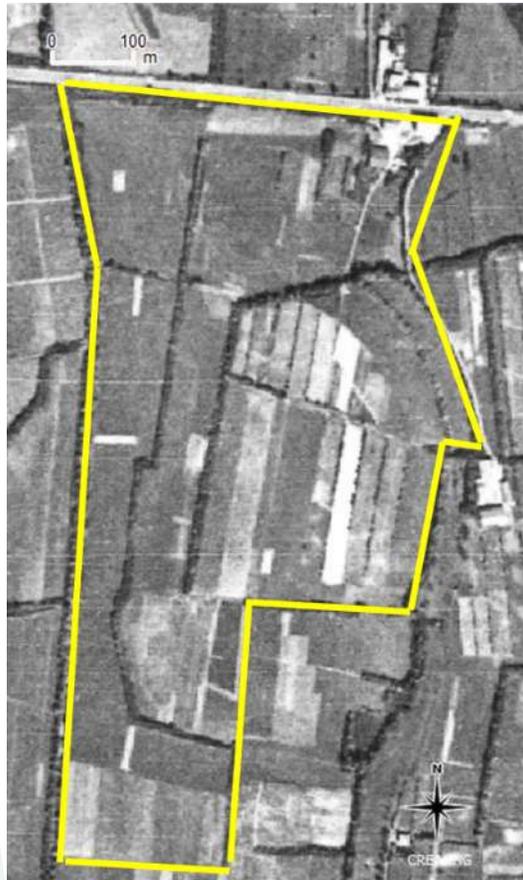
CAIONE

CON.CER



# Progresso tecnologico e suolo

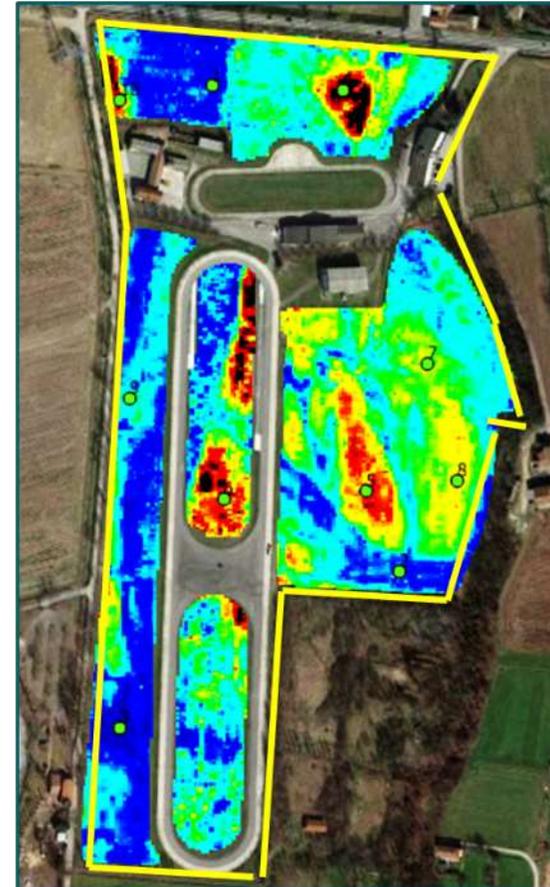
1954



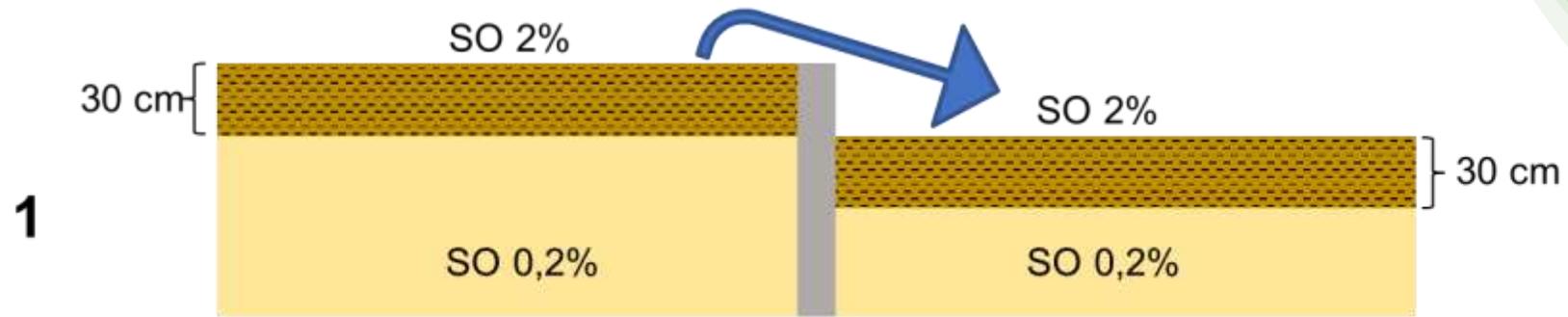
2014



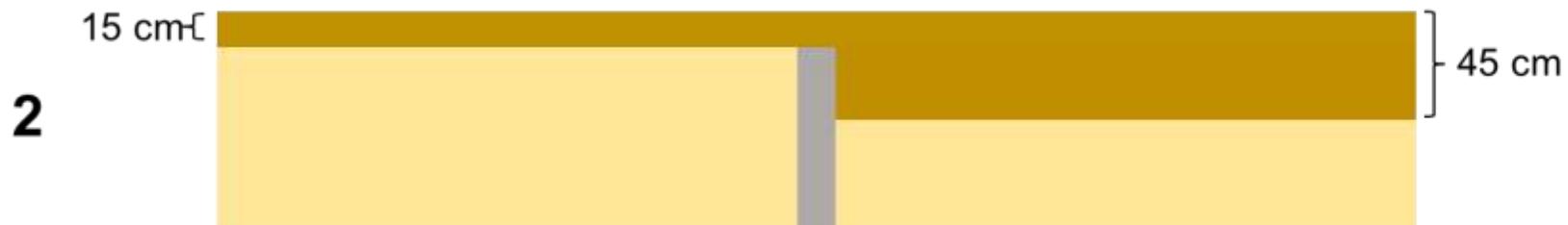
2016



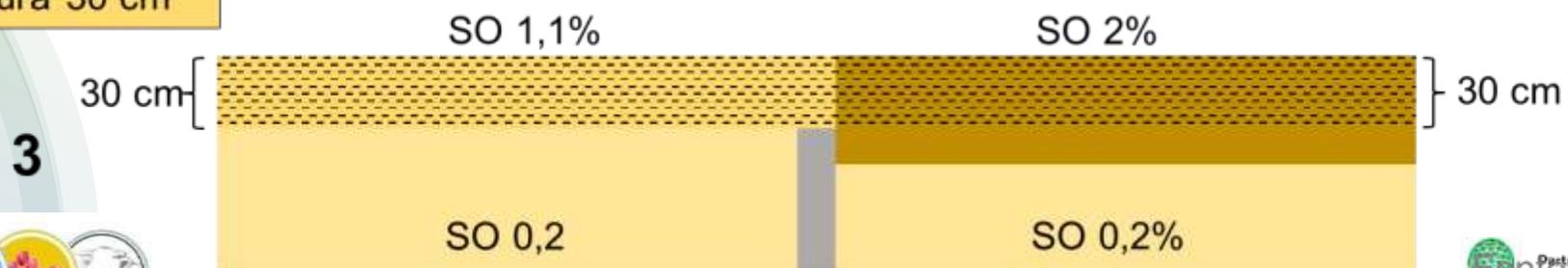
# Le sistemazioni fondiari



Dopo livellamento



Dopo aratura 30 cm



# Campionamento del terreno: le mappature geofisiche



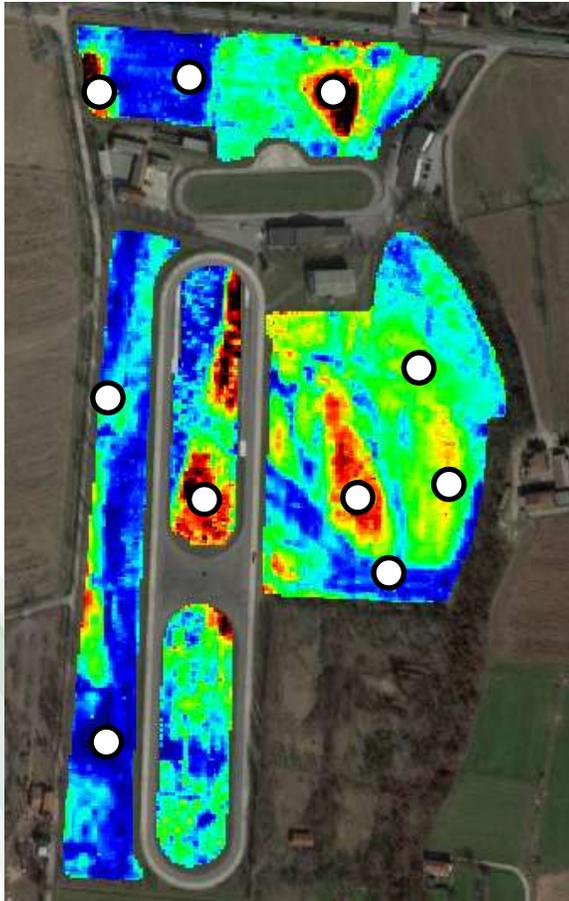
Allo studio:  
i georadar



Sensori a induzione elettromagnetica  
(EMI) conducibilità



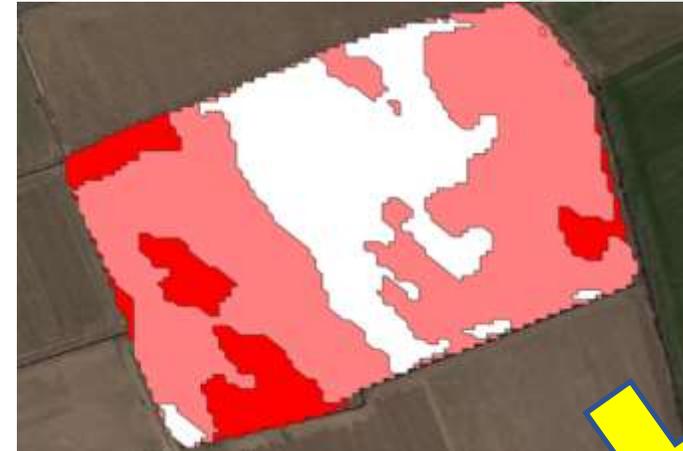
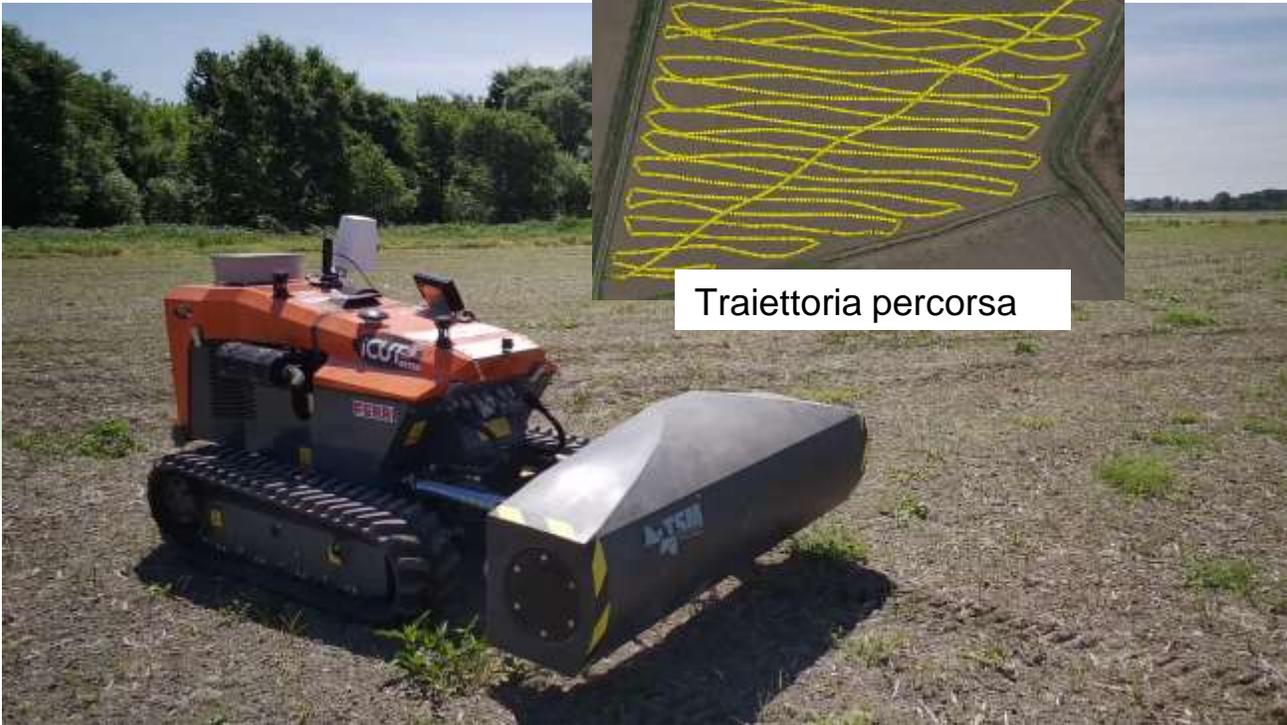
# Individuazione automatica dei punti di campionamento



Materiale	Resistività (Ωm)
Ghiaie asciutte	>1000
Ghiaie sature (acqua dolce)	150-300
Sabbie sature (acqua dolce)	80-150
Limi saturi (acqua dolce)	15-50
Argille sature (acqua dolce)	5-20
Acqua dolce	10-100
Acqua di mare	0.2-0.3



# In futuro: indagini speditive



Fonte: Cabassi e Pricca, CREA ZA, sede di Lodi



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"



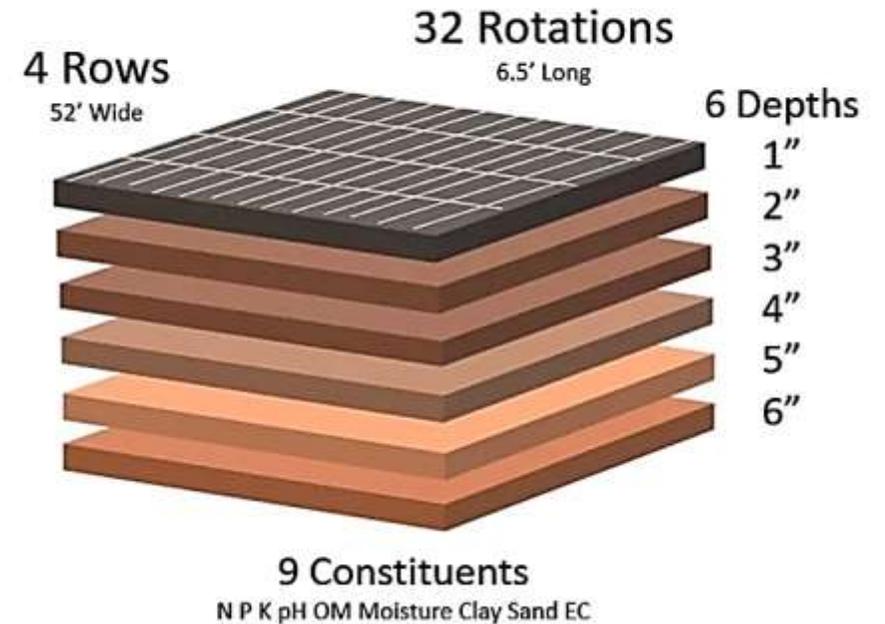
Partner di progetto



# Nuovi strumenti in arrivo (fine 2023): i VNIR

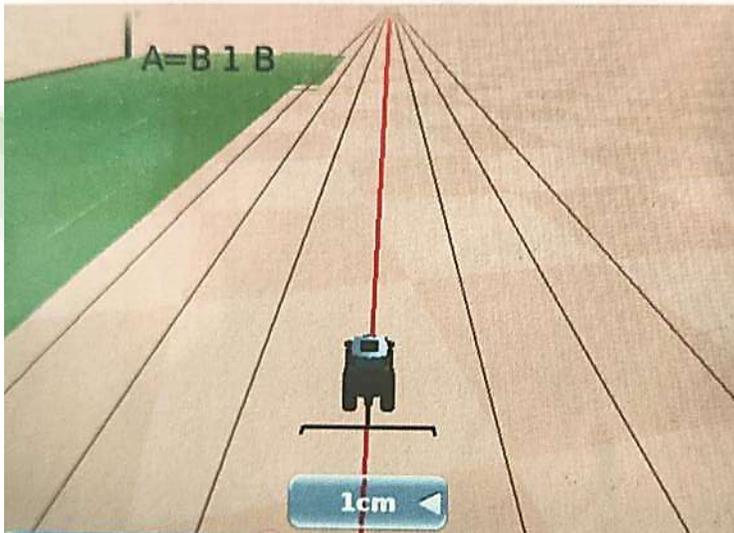


6,000+ Data Points/Acre



# Utilizzo della guida semi-automatica RTK come pre-requisito

- Sempre più diffusa per le lavorazioni del terreno
- NB: verificare la precisione consentita dal proprio sistema
- NB: impostare/memorizzare la linea guida per ogni appezzamento (es.: linea A-B)
- NB: impostare/memorizzare la larghezza di lavoro delle diverse operatrici



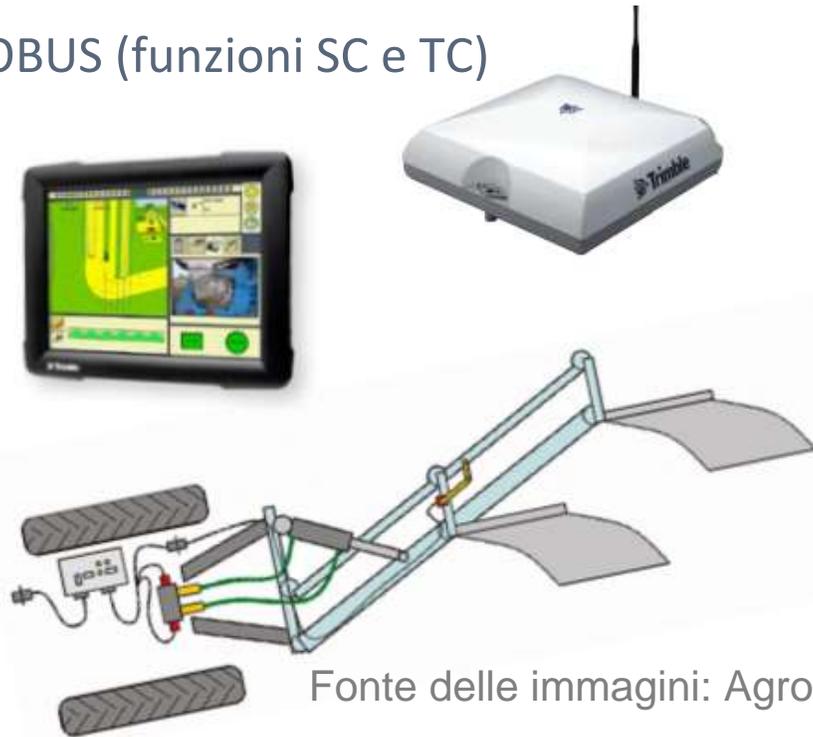
Almeno tre categorie di vantaggi:

- Riduzione del numero di passaggi e relativi consumi di gasolio (**dal 10 al 15% di superficie lavorata in meno!**).
- Riduzione del compattamento, quindi riduzione dei consumi per le successive lavorazioni di ripristino della porosità.
- Riduzione delle svolte in capezzagna e relativi perditempo (tempi accessori) e affaticamenti.



# Variazione in continuo della larghezza di aratura

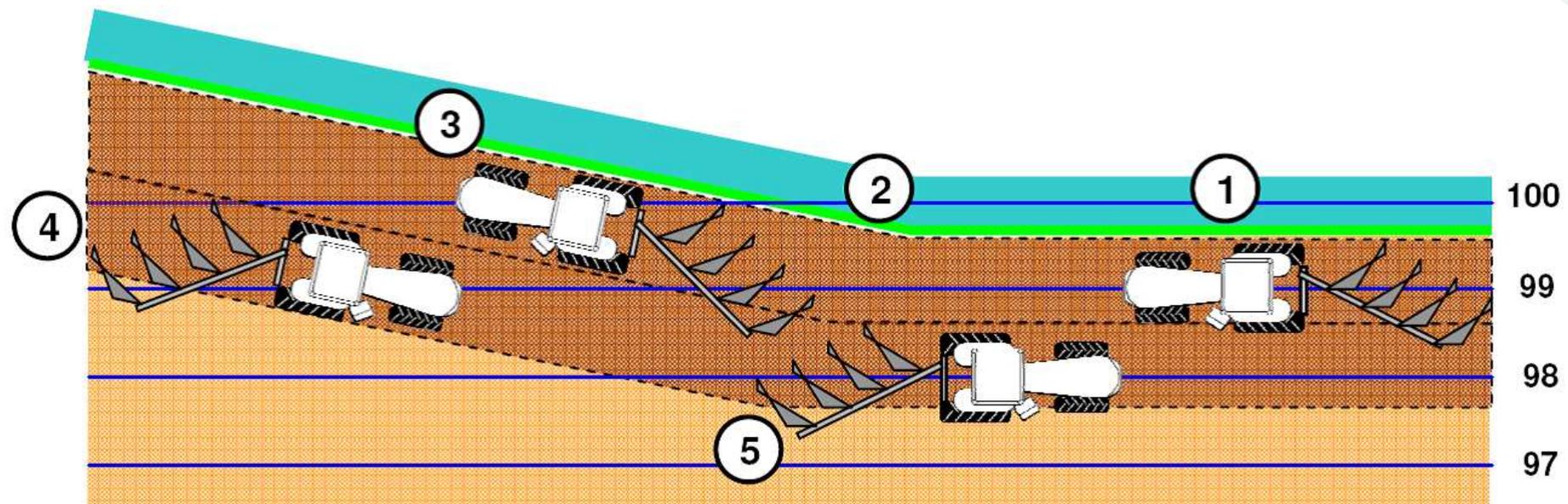
- Il sistema si può adattare a tutti gli aratri che hanno la possibilità di variare la larghezza di lavoro
- La larghezza viene variata in modo continuo sia per *i)* mantenere **rettilineo il solco** sia per *ii)* **chiudere gradualmente** il campo
- Prevede la connessione ISOBUS (funzioni SC e TC)



Fonte delle immagini: Agrometius

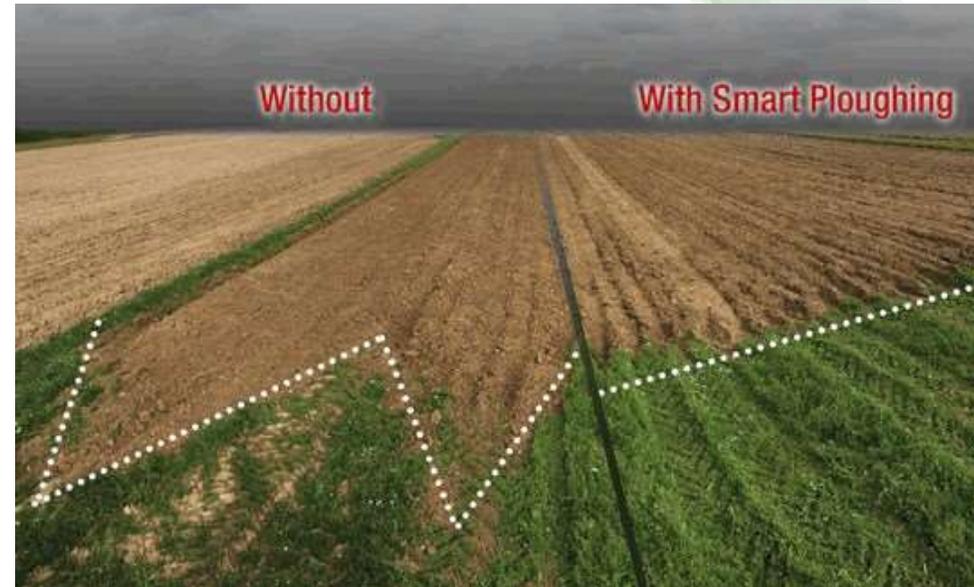


# Aratura di bordi irregolari o curvilinei



Fonte dell'immagine: GeoPlough Control Team

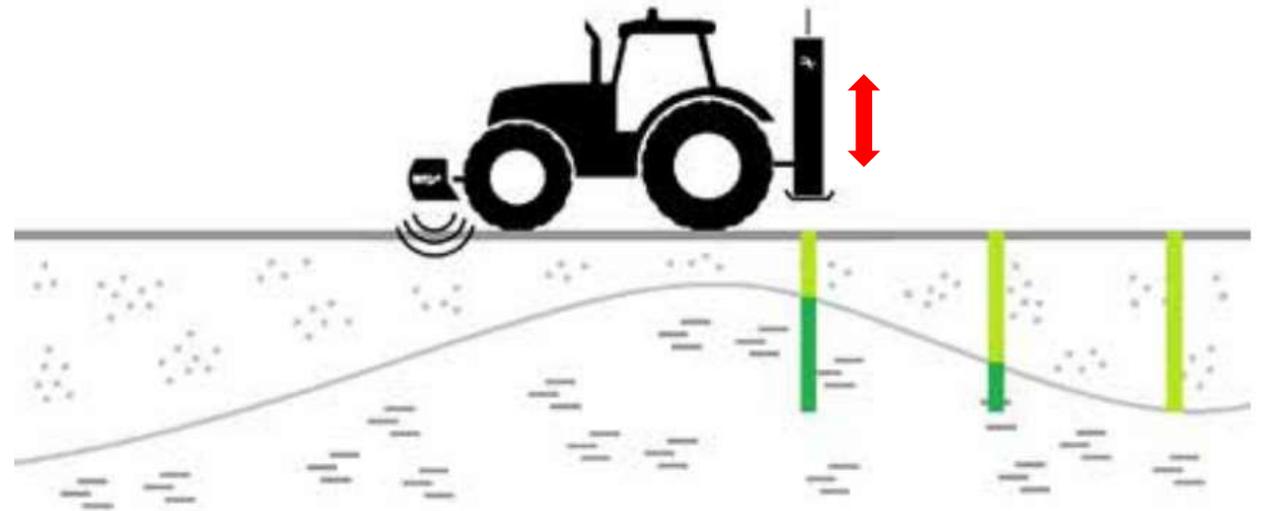
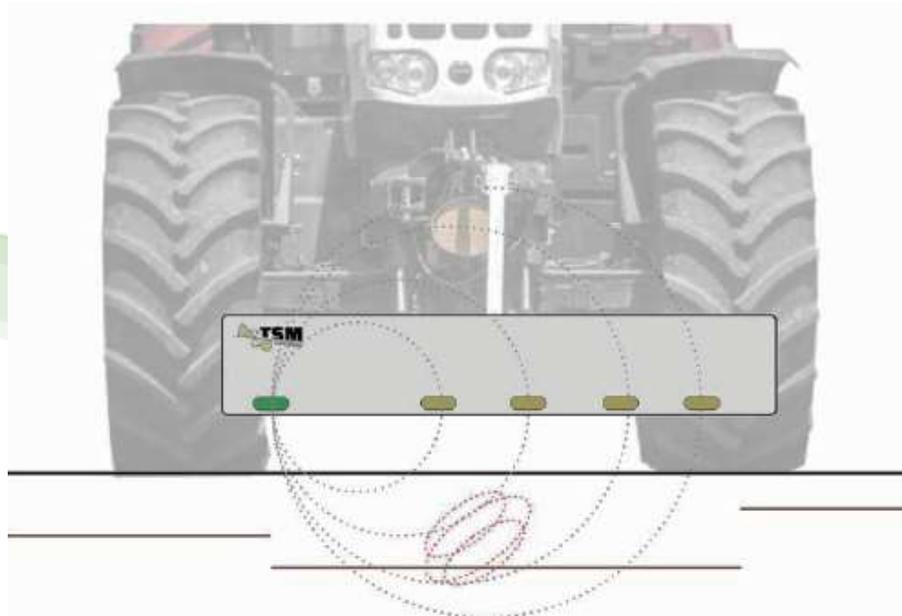
# Aratura a sezioni variabili



Fonte: Kuhn

# Profondità di lavoro variabile - I

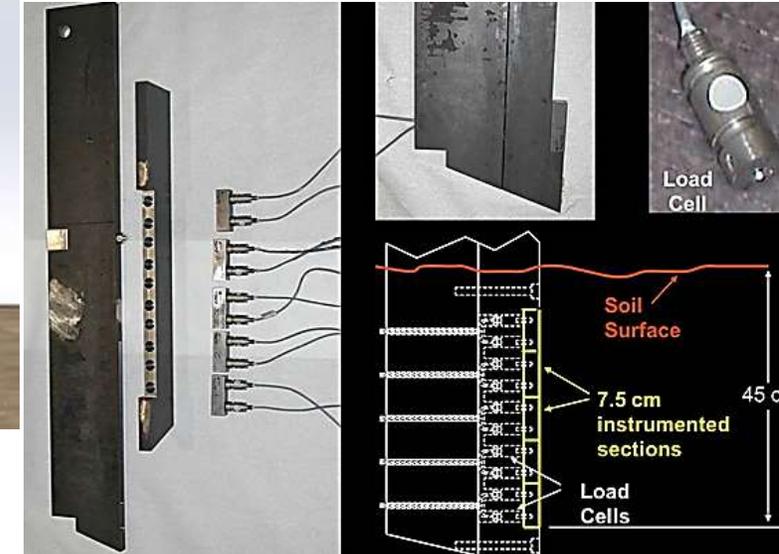
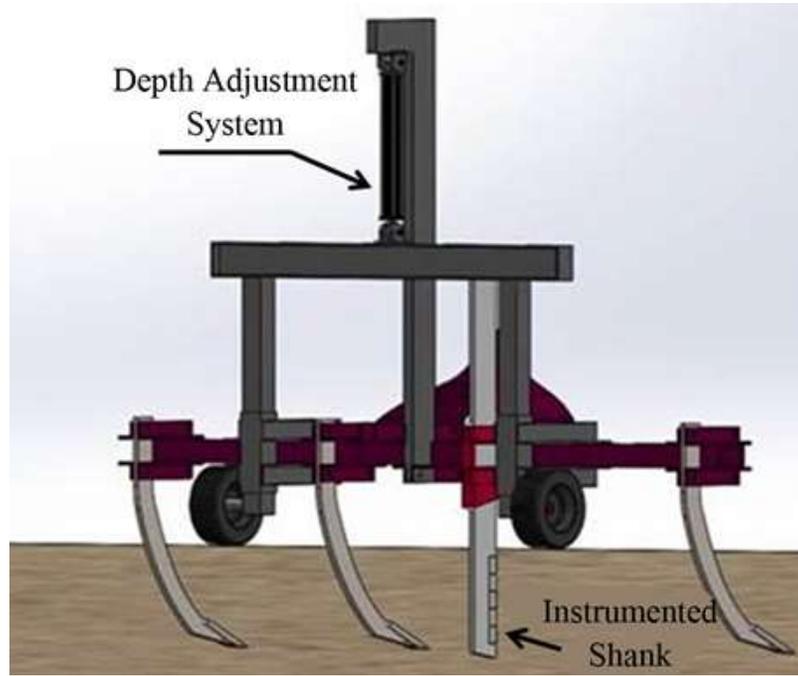
Conoscenza **in tempo reale** della presenza di strati di lavorazione (es.: suola di aratura) o a diversa compattazione con istruzioni relative all'operatrice



Fonte: TSM

# Profondità di lavoro variabile - II

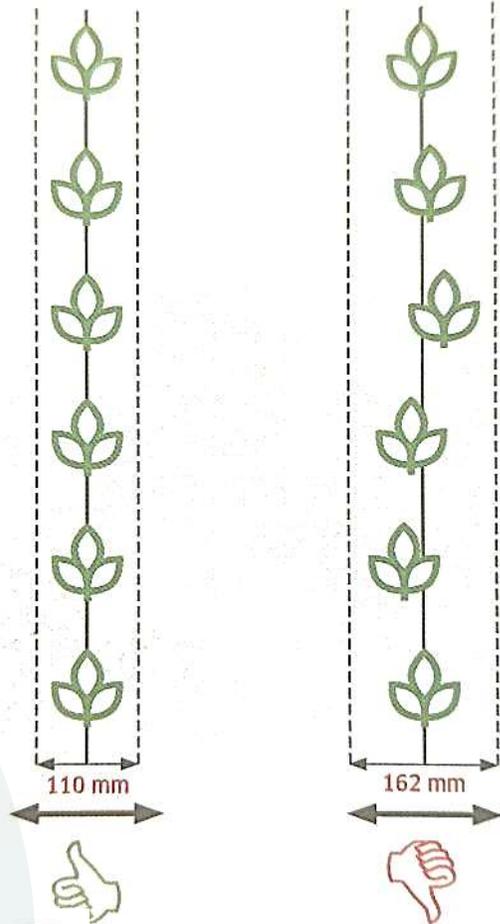
Misura in tempo reale dello sforzo al taglio (potenzialmente su ogni utensile)



Fonte: Fox et al. 2018

# Sarchiatura con sistemi di VA - I

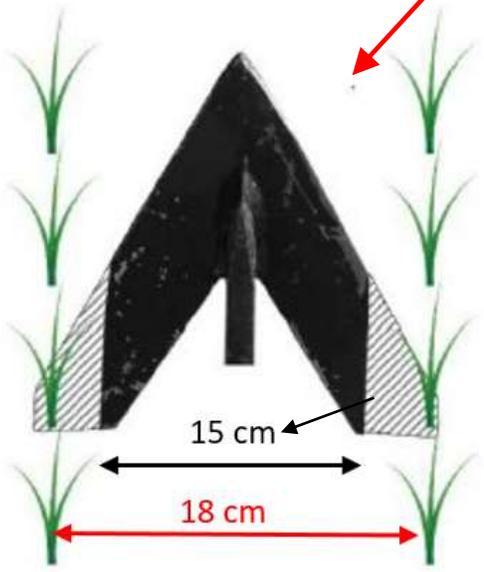
- Molti costruttori oggi presenti sul mercato. Mercato in crescita
- La semina con guida semi-automatica è un pre-requisito fondamentale



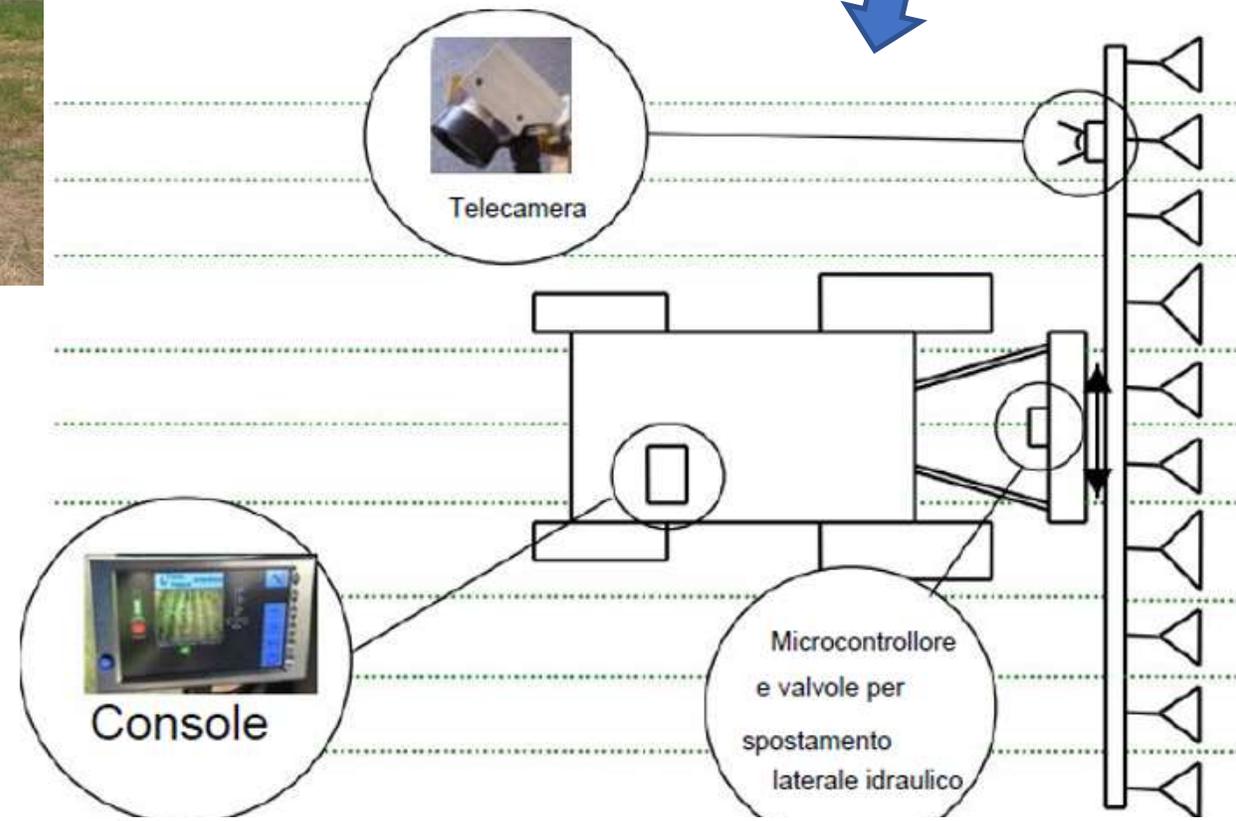
# Sarchiatura con sistemi di VA - II



Esempio su riso



Margini di sicurezza ridotto



Schema di sistema di controllo di sarchiatrice portata posteriormente con spostamento laterale



# Sarchiatura con sistemi di VA - III

Sezioni indipendenti comandabili separatamente.

Possibilità di regolare il comportamento di un attuatore in funzione della posizione rilevata da GNSS per:

- evitare sovrapposizioni;
- eseguire lavorazioni di precisione in funzione della forma dell'appezzamento;
- ridurre al minimo le porzioni di terreno non lavorato.



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@

CAIONE

CON.CER



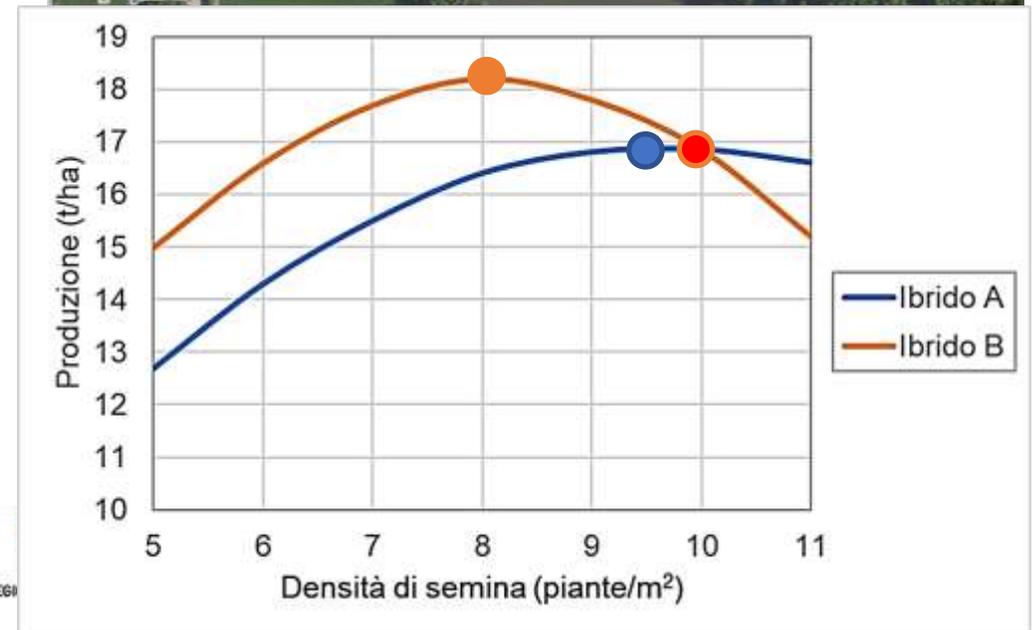
# Semina a rateo variabile

## Strategie utilizzabili

- Creare zone omogenee dell'azienda individuando:
  - caratteristiche del suolo,
  - topografia,
  - produzioni storiche,
  - irrigazione.
- Scegliere densità di semina di ogni varietà in ogni zona omogenea in base alle indicazioni del costituente.
- Monitorare lo sviluppo delle piante in aree campione
- Risultati attesi: + 10% PLV

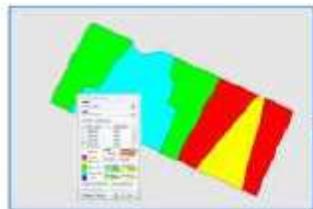
Esempio: due varietà di mais, suolo franco-limoso

- la stessa densità di 10 piante/m<sup>2</sup> avrebbe dato la stessa resa nei due ibridi facendo credere che fosse la densità ottimale.
- In realtà, su questo tipo di terreno, l'ibrido A produce al meglio con densità di 9,5 piante/m<sup>2</sup>.
- L'ibrido B produce al meglio con densità di 8,0 piante/m<sup>2</sup>.



# Seminatrici a rateo variabile

Mappa di prescrizione



Ricevitore GNSS



Sistema gestionale

ISOBUS



Attuatori

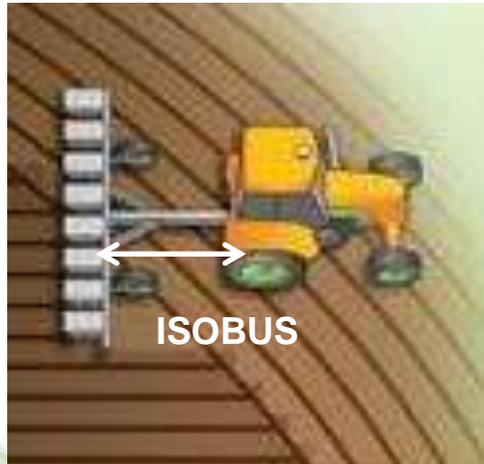


A differenza delle seminatrici convenzionali dove la ruota di trasmissione è direttamente collegata ai distributori, nelle seminatrici **a rateo variabile** la variazione è resa possibile dalla presenza di **attuatori (motori) idraulici o elettrici** (uno per ogni elemento di semina o sezione) che agiscono indipendentemente sul distributore di semi in modo da variarne il regime di rotazione – e di conseguenza la quantità e distanza di semi sulla fila - in base alla **prescrizione impartita**.

# Possibilità di applicazione

Il sistema a rateo variabile si adotta su:

- seminatrici pneumatiche a righe
- seminatrici pneumatiche monogerme



Pneumatici  
Foto: John Deere

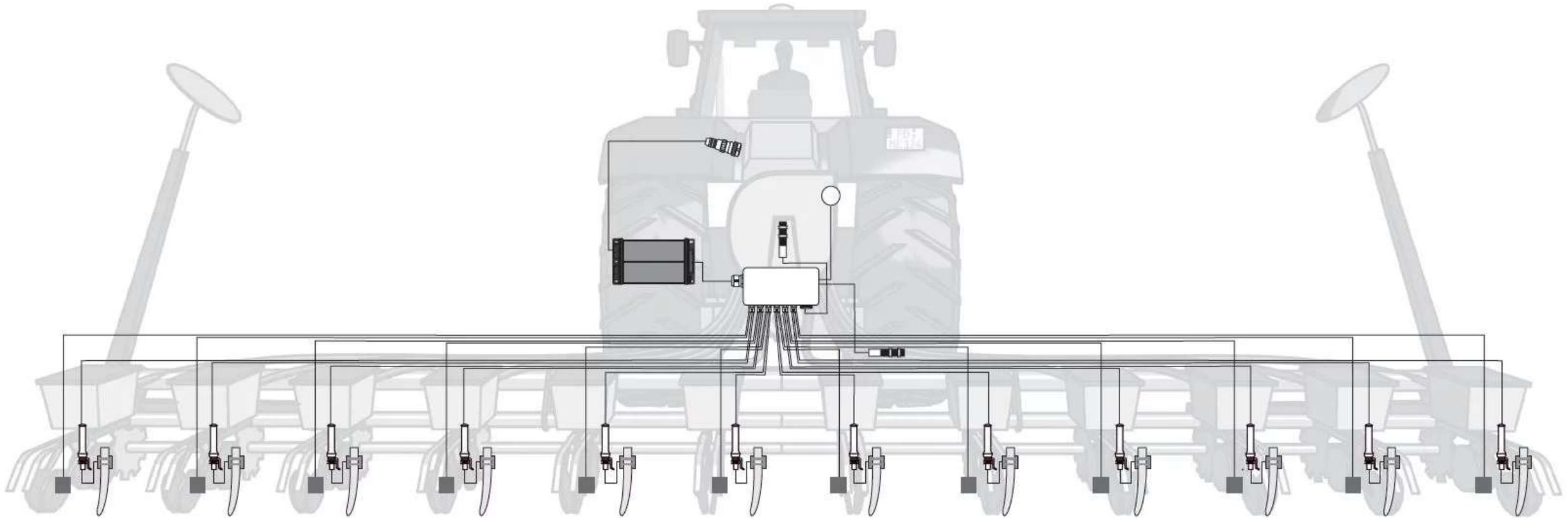
Elettrici  
Foto: AgLeader



Attuatori (distributori)  
di seme specifici



# Azionamento singolo con ISOBUS



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@

CAIONE

CON.CER



# Controllo profondità di semina-I

- La regolazione della pressione dell'unità di semina è tradizionalmente compiuta da una molla di carico o da ammortizzatori pneumatici che consentono una regolazione manuale di ogni singola unità di semina, ma il cui valore rimane fisso durante il lavoro.
- Recentemente sono comparsi attuatori di tipo idraulico che permettono di variare il carico su ogni unità secondo le specifiche caratteristiche del terreno, mantenendo costante la profondità di semina.
- Su ogni elemento di semina è installato un cilindro idraulico proporzionale ed una cella di carico che misura il peso applicato alle ruote di profondità. Quando la seminatrice incontra terreno tenace o cedevole il disco tende a far alzare o abbassare l'elemento agendo sulle ruote di profondità. Il sistema legge 200 volte al secondo il peso sulla ruota di profondità variando istantaneamente la pressione del cilindro per riportare l'elemento di semina alla profondità impostata.



# Controllo profondità di semina - II

Su tutta la larghezza della seminatrice



Per singolo assolcatore



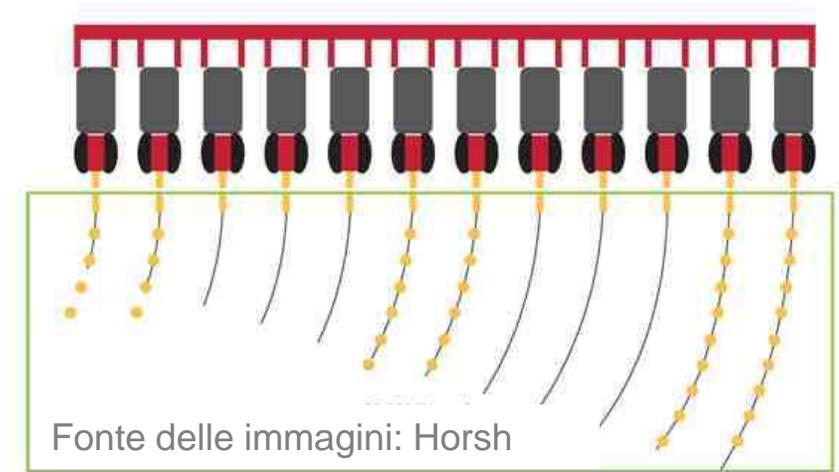
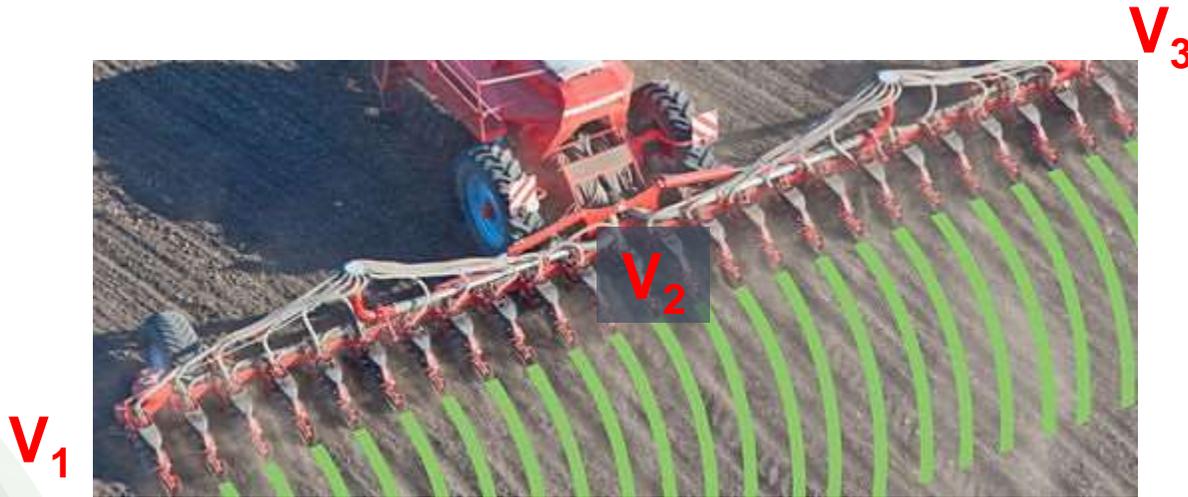
Variabilità di condizioni, ma uniformità di emergenza

Comparazione tra seminatrici



# Se non voglio il rateo variabile?

- Su seminatrici di elevata larghezza (da 16 a 32 file) con variazioni sensibili nella velocità periferica delle estremità nell'esecuzione di curve
- Utilizza tre tachimetri radar e adegua di conseguenza la distanza di semina agendo sugli attuatori di ogni elemento.



Fonte delle immagini: Horsh



Attuatori elettrici

Fonte della foto: AgLeader

# L'applicazione delle macchine a rateo variabile

## LE FERTILIZZAZIONI



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@

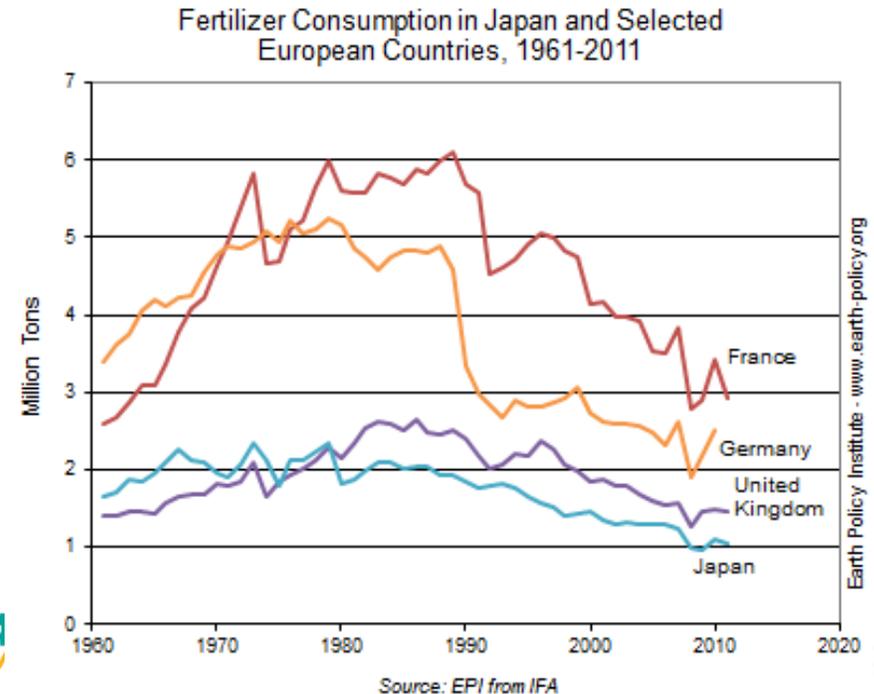
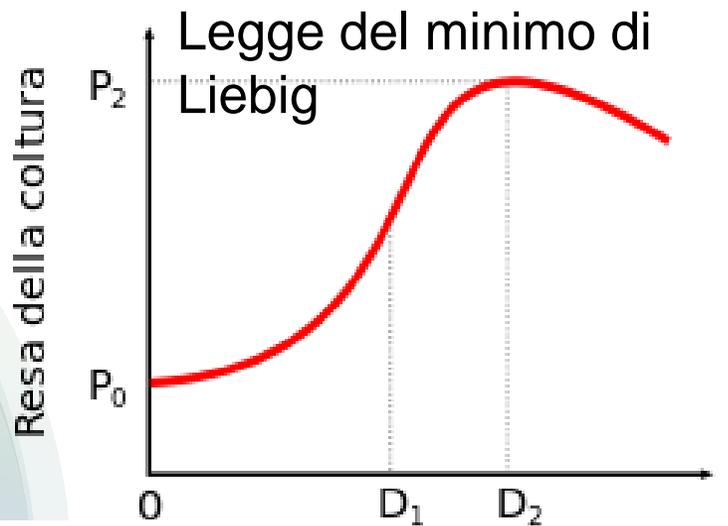
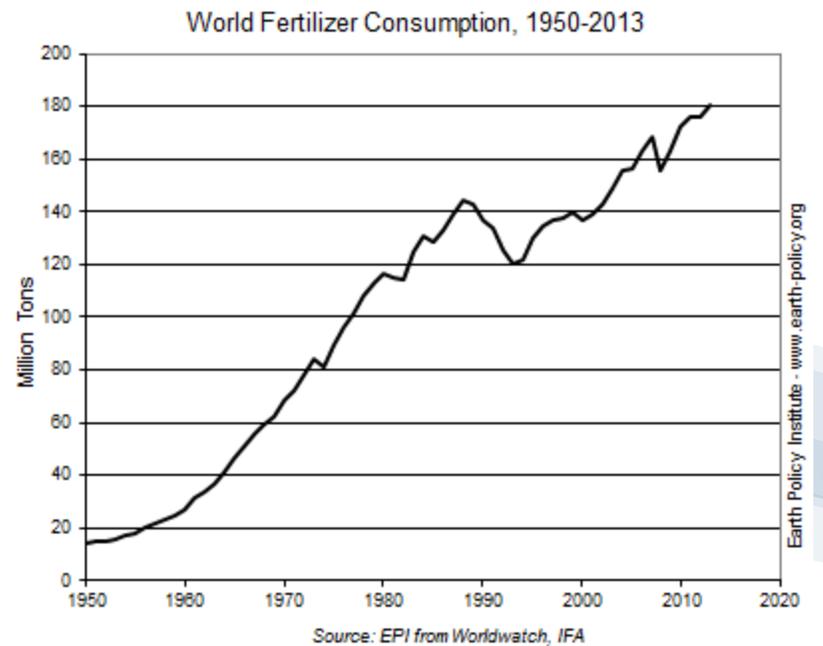
CAIONE

CON.CER



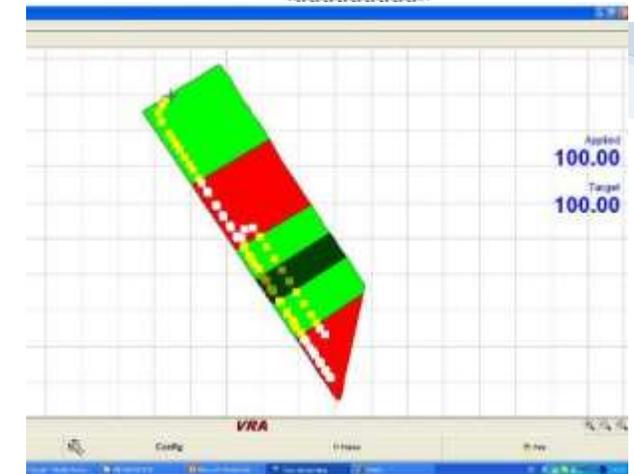
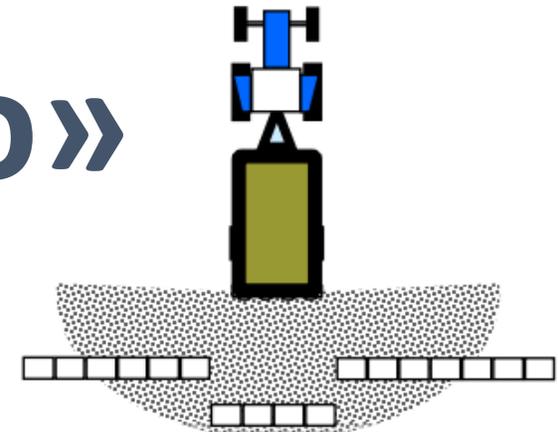
# La fertilizzazione

- Da quando il chimico tedesco Justus von Liebig dimostrò (1847) che i principali nutrienti asportati dalle piante possono essere restituiti al terreno in forma minerale, si è sviluppata l'industria dei fertilizzanti e le produzioni agricole mondiali sono notevolmente incrementate.
- Enormi margini di efficientamento (parco macchine obsoleto).
- Il ruolo attuale della fertilizzazione a rateo variabile.



# Distribuzione «nello spazio»

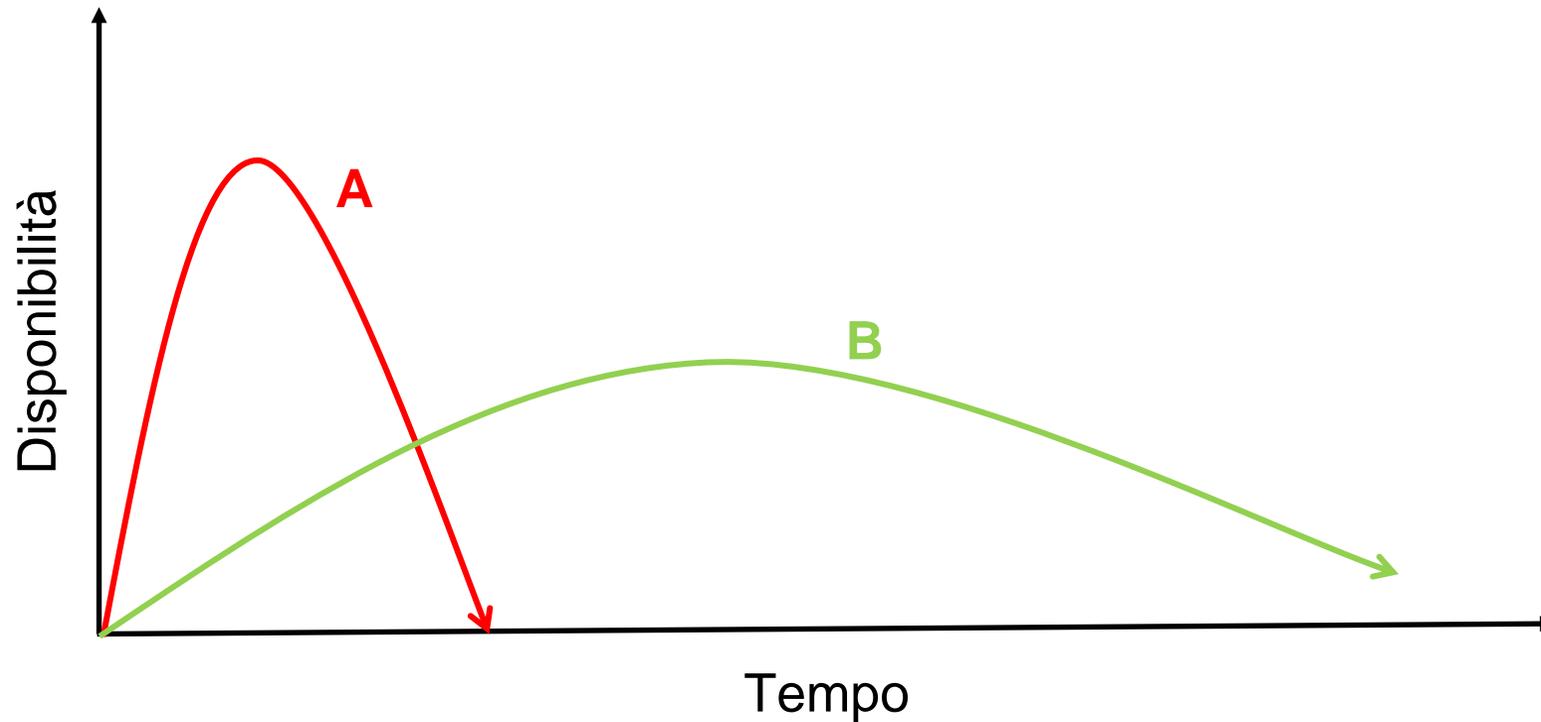
- Distribuzione **uniforme**: rappresenta la modalità più diffusa. Deve tenere conto della velocità di avanzamento (DPA) e di eventuali sovrapposizioni delle passate (diagramma di distribuzione)
- Distribuzione **sito-specifica**: l'appezzamento è trattato secondo sotto-aree omogenee al cui interno le diverse dosi di prodotto sono applicate uniformemente.
- **Distribuzione a rateo variabile**: variando in continuo la dose per ciascun punto dell'appezzamento in funzione delle esigenze rilevate (*i.* con mappe realizzate con diverse fonti di informazioni numeriche o *ii.* con sensori *on-the-go* a bordo).



# Pro e contro

Critério applicativo	Vantaggi	Svantaggi
Uniforme	<ul style="list-style-type: none"><li>■ Tecnologie convenzionali già esistenti</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>■ Sovra- o sotto-dosaggi indesiderati</li><li>■ Tempi e costi di distribuzione</li></ul>
Sito-specifico	<ul style="list-style-type: none"><li>■ Distribuzione uniforme all'interno della sotto-area omogenea, potenzialmente realizzabile con macchine convenzionali</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>■ E' necessario individuare periodicamente le sotto-aree omogenee. Non esiste un metodo universalmente valido.</li><li>■ Devo ricalibrare ogni volta la macchina.</li><li>■ Con che criterio si stabiliscono le diverse dosi da distribuire?</li></ul>
Rateo variabile	<ul style="list-style-type: none"><li>■ Considera l'effettiva variabilità delle caratteristiche del suolo o della coltura</li><li>■ Con sensori <i>on-the-go</i> non servono mappe e GPS</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>■ Senza sensori <i>on-the-go</i> servono mappe di prescrizione: non esiste un metodo universalmente valido</li><li>■ E' difficile determinare la dose da apportare in base alle informazioni di un solo tipo di sensore (suolo? produzione? vigore?)</li><li>■ Necessarie macchine con VRT e sensori specifici</li></ul>

# Distribuzione «nel tempo»



**A. Concimi a pronto effetto:** rendono subito disponibili i nutrienti, ma **non «accompagnano»** la coltura

**B. Concimi a lenta cessione:** rendono **disponibili gradualmente** i nutrienti in funzione delle esigenze della coltura, ma anche delle possibilità logistiche

# Evoluzione delle agrotecniche

## Tradizionale

- Distribuzione di concimi (spesso a pronto effetto) in dosi uniformi (possibili eccessi/carenze).
- Poche epoche (1-3) di distribuzione, già prestabilite «a calendario».
- Forte influenza degli andamenti meteo sulla reale disponibilità di nutrienti in funzione delle asportazioni.
- Forte influenza di alcune modalità irrigue tradizionali (ad esempio per scorrimento) sulla disponibilità di nutrienti

## A rateo variabile

- Distribuzione di concimi a rateo variabile in funzione delle esigenze (ad esempio: con mappe di prescrizione).
- Monitoraggio dello stato fisiologico delle colture (ad esempio: con sensori NDVI su drone o sensori on-the-go imbarcati sulle macchine).
- Utilizzo di concimi a pronto effetto o a lenta cessione in funzione delle esigenze o delle possibilità logistiche.

# Esempi di sensori disponibili

- A prevalente funzione **ammendante** (letami, compost)

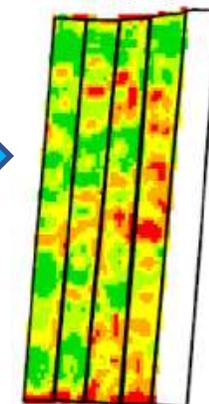
Sensore



Mappa



- A prevalente funzione **concimante** (concimi minerali, liquami zootecnici, digestati, pollina)



# Sensori di vigore (NDVI)

Forniscono un  
indice  
da 0 a 1

(almeno 110  
algoritmi diversi!)  
a cui bisogna  
abbinare una dose  
(con che criterio  
abbino la dose?)

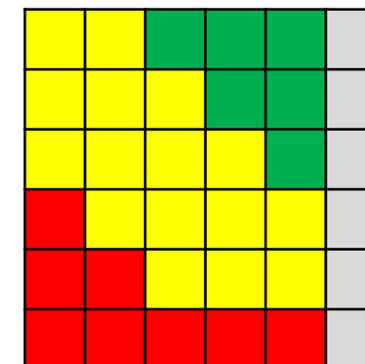
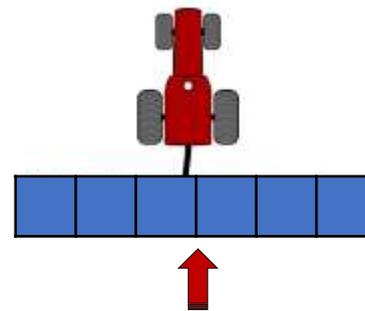
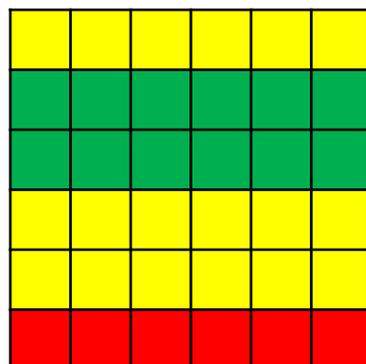
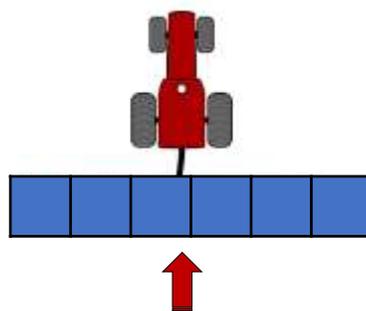


# Controllo delle sezioni e VRT

Senza controllo delle sezioni  
(distribuzione sito-specifica)

Con controllo delle sezioni  
(distribuzione VRT)

-  Dose A
-  Dose B
-  Dose C
-  Dose 0



# Criteri basati su sensori

- Monitoraggio *on-the-go* su coltura in atto
- Solo per concimazioni in copertura



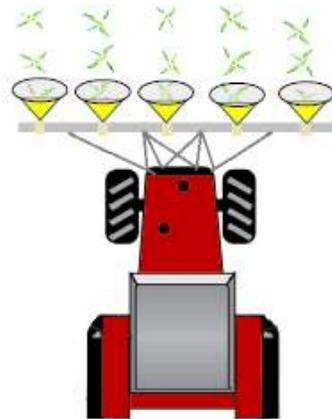
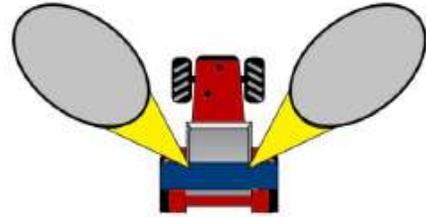
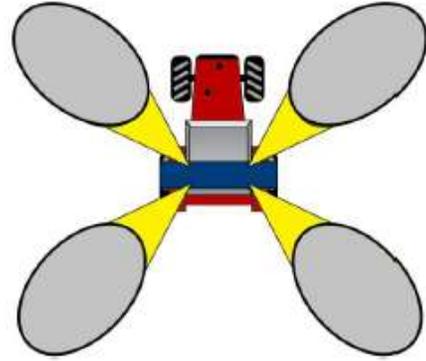
Foto: CNH Industrial



Foto: ESA

# Diversi tipi di sensori di vigore

Importanza dell'angolo d'incidenza e del controllo dei «rumori» (inquadratura di porzioni di terreno, diversi colori del terreno, acqua nel caso del riso, ecc., vedi slide successiva)



Yara N-sensor



Topcon CropSpec



Trimble GreenSeeker



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



# Attenzione a interferenze ambientali



Fonte: Jensen 2014

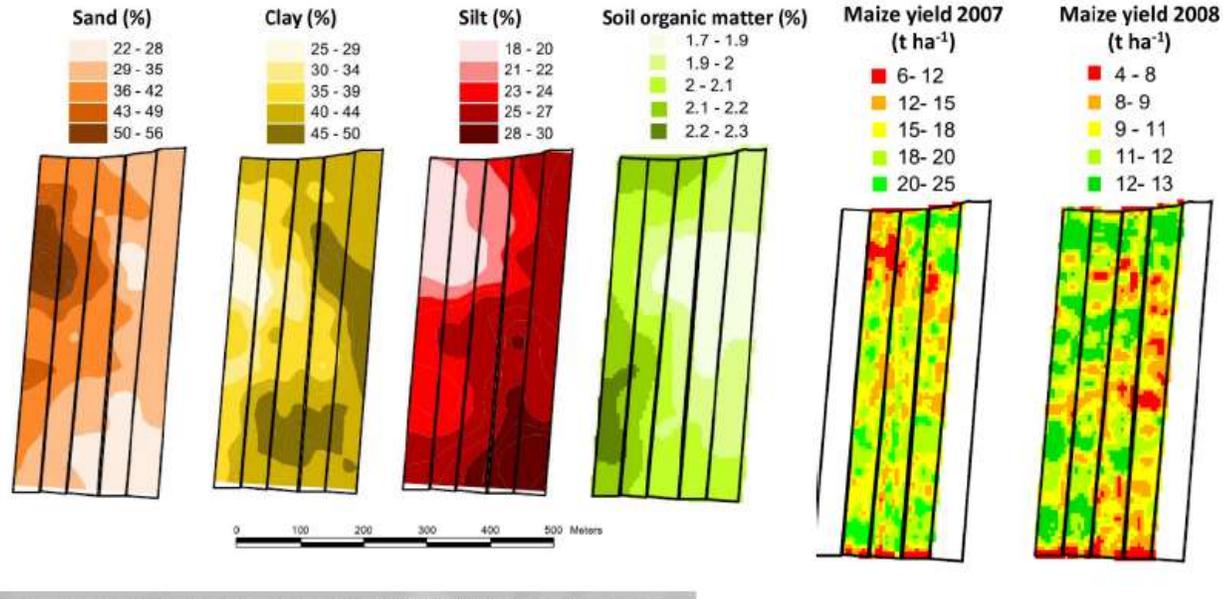
# Sensori *on-the-go* commerciali



Produttore/Sensore	Risultato
Claas, Fritzmeier «Isaria»	Indici di vegetazione
Yara «N-Sensor»	Indici di vegetazione
Trimble «GreenSeeker»	Indici di vegetazione
Topcon «CropSpec»	Indici di vegetazione
AgLeader «OptRx»	Indici di vegetazione
Holland Scientific «Crop Circle»	Indici di vegetazione Fonti: siti web costruttori

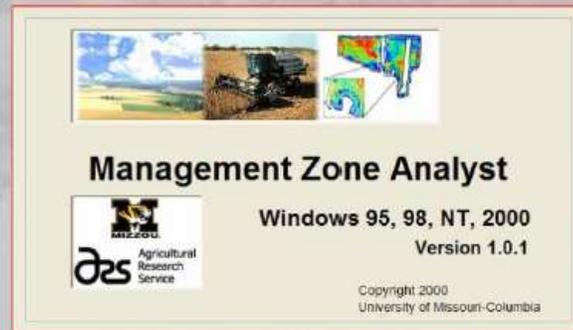
# VRT con mappe di prescrizione

1. Raccolta informazioni

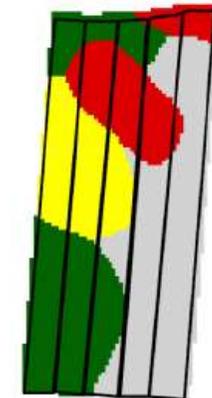


2. Individuazione aree omogenee

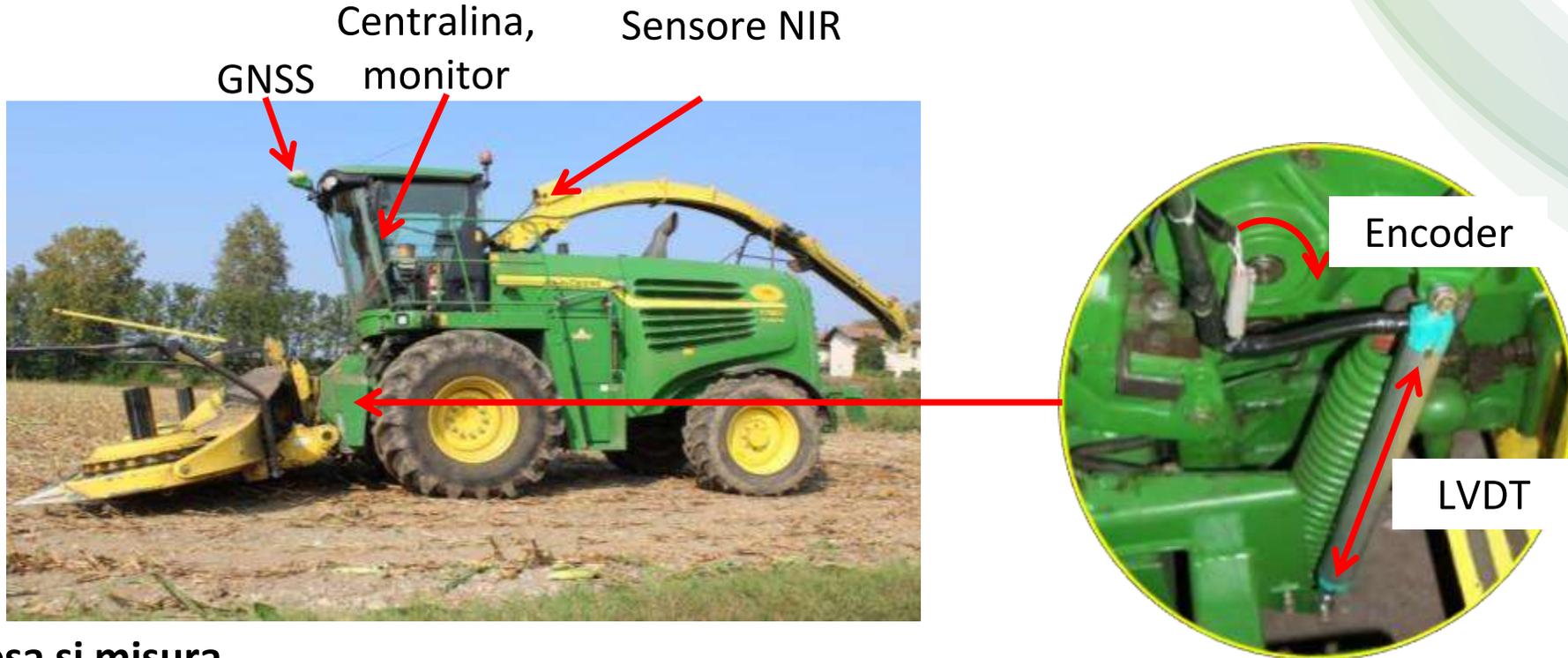
Management zone analyst (MZA): software for subfield management zone delineation



3. Abbinamento dosi



# Fonti di info: le produzioni (trinciati)

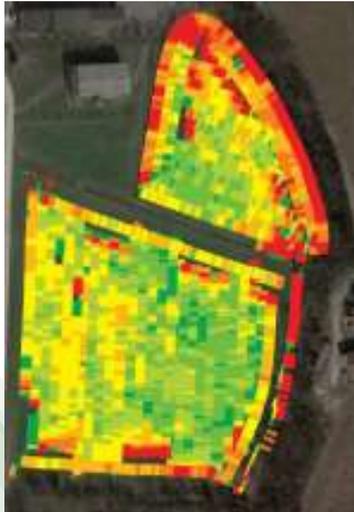


## Cosa si misura

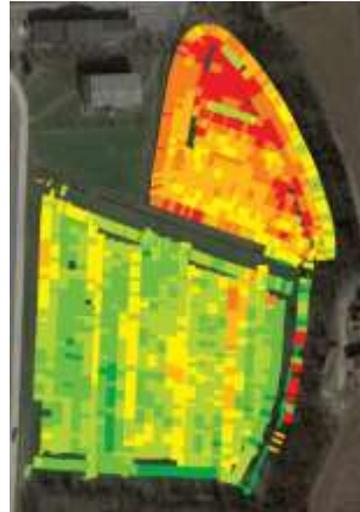
- posizione geografica
- entità del flusso di prodotto (kg/s o t/h) in ogni posizione geografica
- velocità di avanzamento (m/s o km/h) in ogni posizione geografica
- larghezza di lavoro della testata (m o n. di file) in ogni posizione
- umidità, amido, fibra, ecc., in ogni posizione geografica

# Info quantitative e qualitative

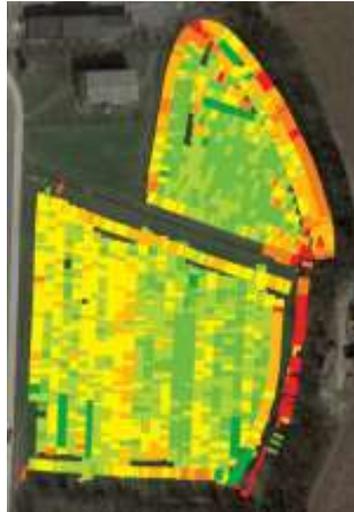
- Ogni «rettangolo» rappresenta un campionamento (larghezza di lavoro x spazio percorso x misura).
- Informazioni su vari aspetti della produzione per poterne migliorare l'efficienza



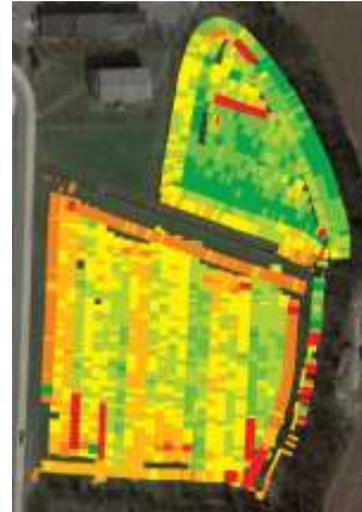
produzione



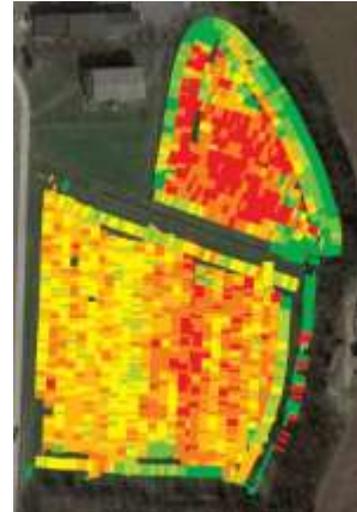
umidità



amido



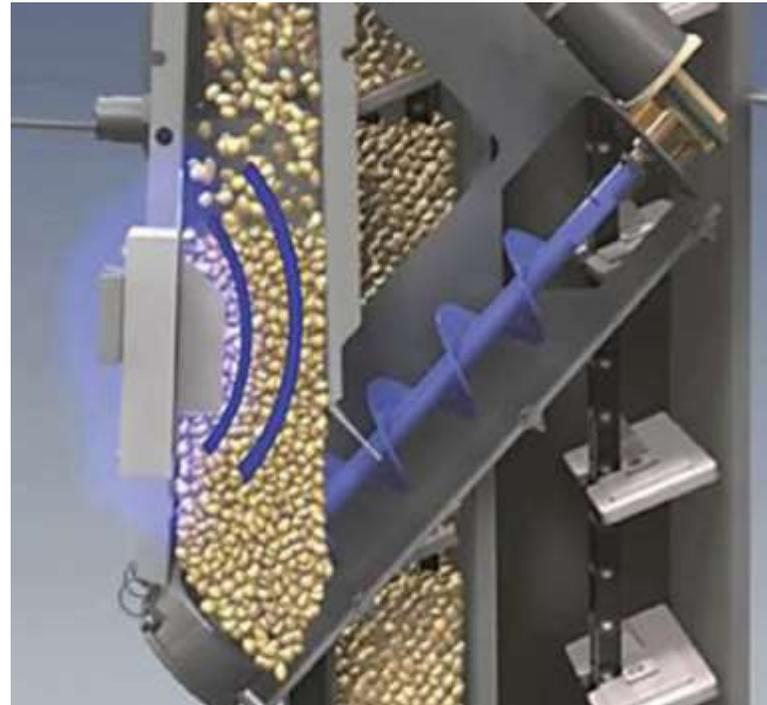
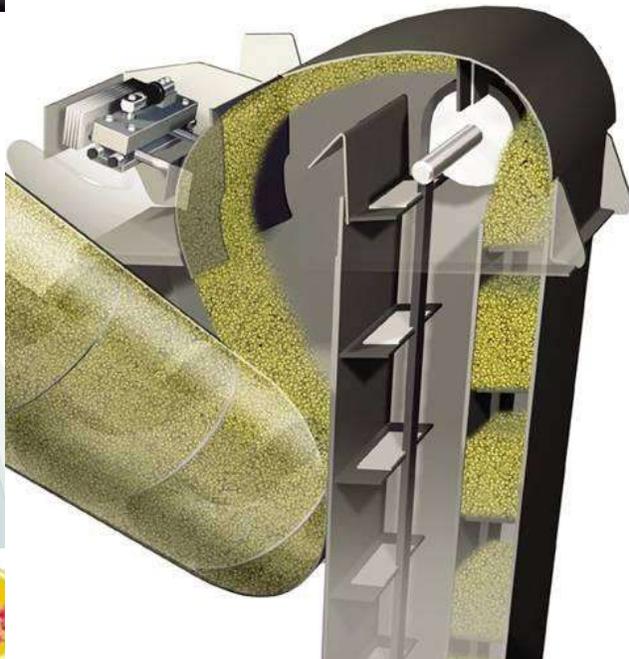
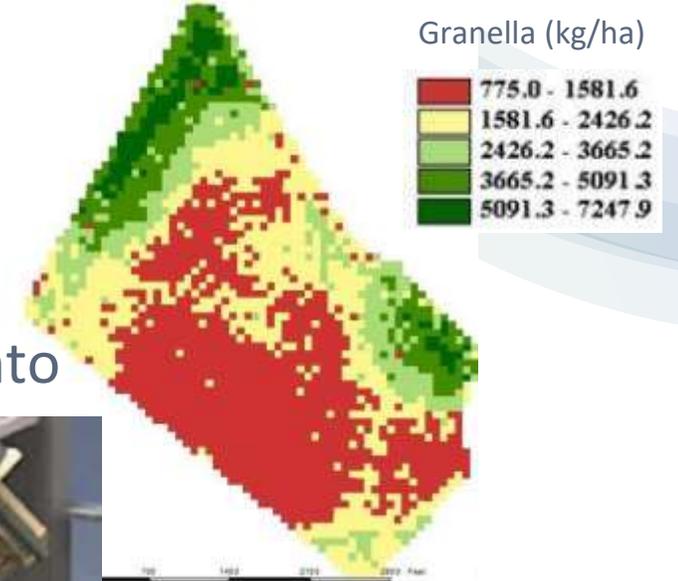
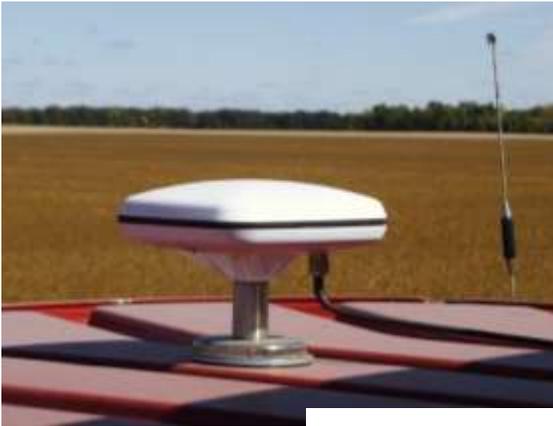
proteine



NDF

# Fonti di info: le produzioni (granelle)

- Ricevitore GNSS
- Sensori di flusso a impatto
- Sensori di umidità
- PC imbarcato
- Sistema cartografico GIS
- Ogni «rettangolo» è un campionamento



# Come distribuisco i concimi con VRT

Controllo delle sezioni: necessaria comunicazione ISOBUS!

CT [%] 8,3  
Max. [%] 116,3

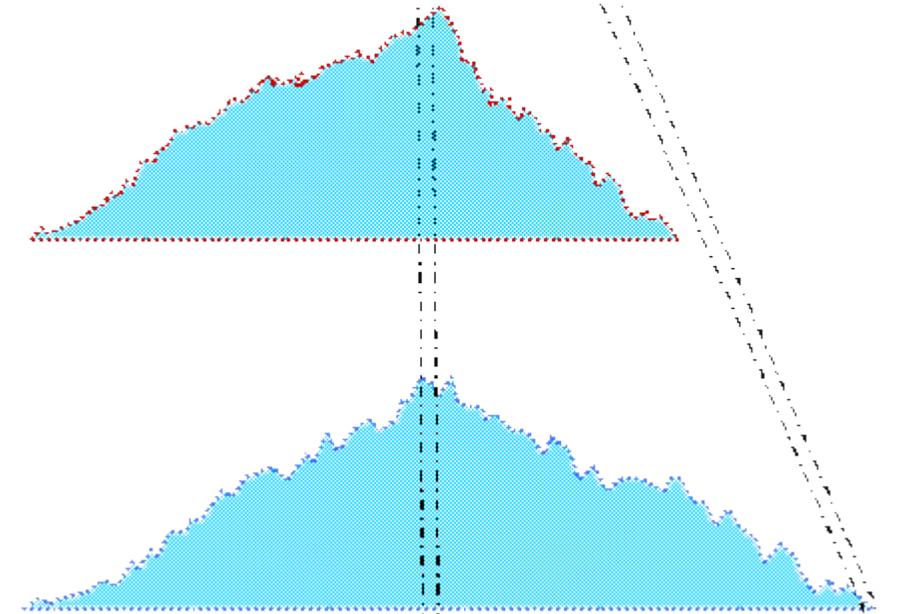
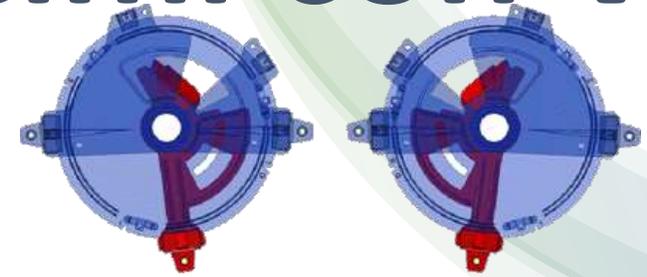
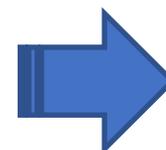
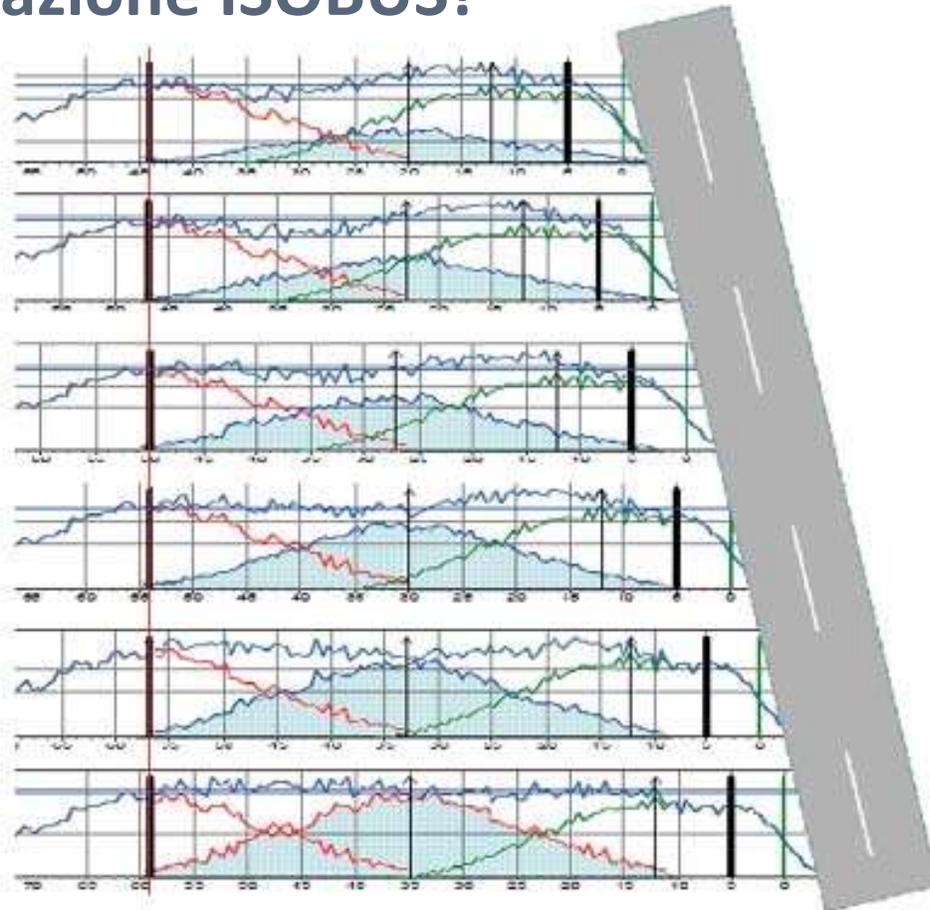
CT [%] 12,9  
Max. [%] 117,4

CT [%] 9,5  
Max. [%] 115,3

CT [%] 9,2  
Max. [%] 109,0

CT [%] 8,2  
Max. [%] 107,5

CT [%] 9,4  
Max. [%] 111,9



Fonte: KMR



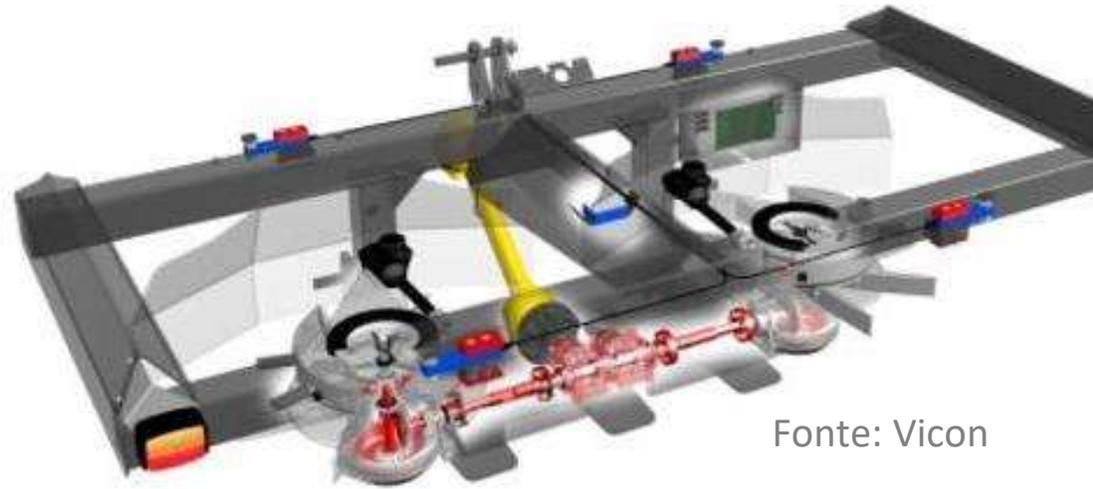
Progetto realizzato con finanziamento della Regione Puglia - Legge regionale n. 55/2018  
"Avviso pubblico per la presentazione di Progetti pilota per la promozione e lo sviluppo dell'Agricoltura di Precisione"



Partner di progetto



# Pesatura elettronica tramoggia



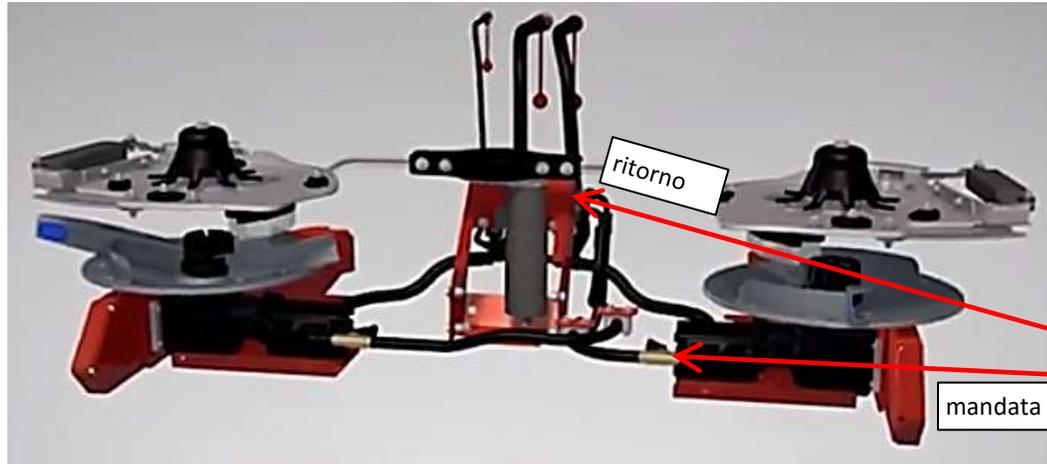
Fonte: Vicon



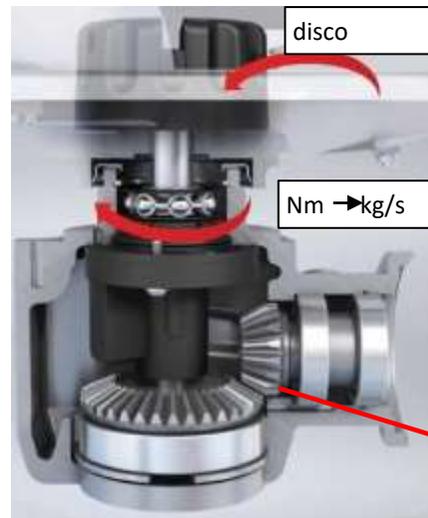
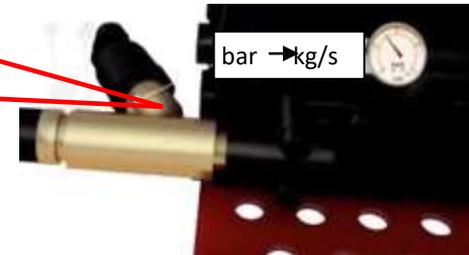
Cella di carico

- Basato su celle di carico.
- Le celle pesano la quantità di concime presente nella tramoggia.
- Una centralina elettronica risale alla quantità in uscita e la confronta con quella prestabilita dall'operatore.
- In caso di eventuali divergenze, attuatori intervengono automaticamente sul sistema di alimentazione per correggere il flusso.
- Facilità e rapidità di regolazione.
- Pesano tutta la tramoggia (non rilevano ciò che accade sul singolo disco)

# Misura dello sforzo su ogni disco

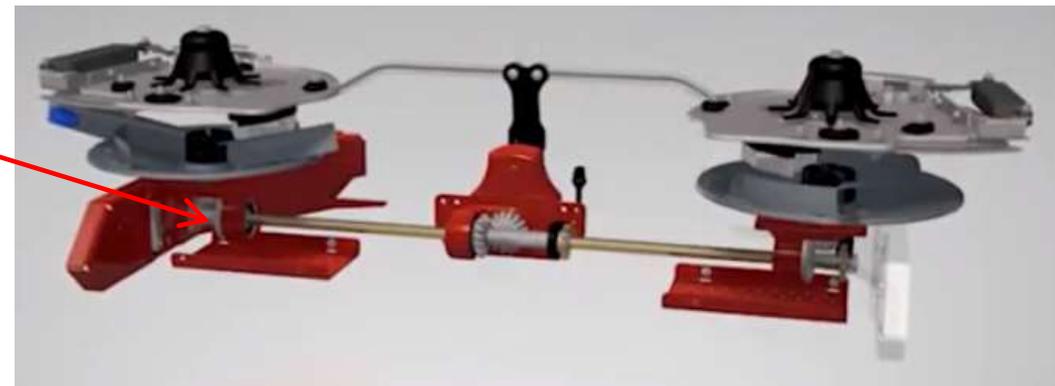


Trasmissione idraulica



Si basano sulla relazione diretta tra quantità di prodotto distribuito e coppia (o pressione) sul disco

Trasmissione  
meccanica



# Concimazione in copertura



QUOTA TARGET



APPLIED RATE



# Concimazione VRT su riso

## Abbinamento dosi

Indice di vegetazione		kg/ha fertilizzante
da	a	
0	0,2	400
0,2	0,22	360
0,22	0,24	320
0,24	0,26	280
0,26	0,28	240
0,28	0,3	200
0,3	0,32	160
0,32	1,0	140



Parametro	Camera 1 fisso	Camera 2 fisso	Camera 3 variabile	Camera 4 accest fisso pi var	Camera 5 accest var pi fisso	Camera 6 accest fisso pi var	Camera 7 accest var pi fisso	Camera 8 accest var pi var	Camera 9 accest var pi fisso
Dose prescritta accestimento	108	108		108		108			
Dose applicata accestimento			81		107		100	94	88
Dose prescritta 23- 0-30 iniz pann.	310	310			310		310		310
Dose media applicata 23-0-30 i.p.			218	226		203		195	

Obiettivi: migliorare la produzione e risparmiare concime



Fonte: Lazzari, (modificato)



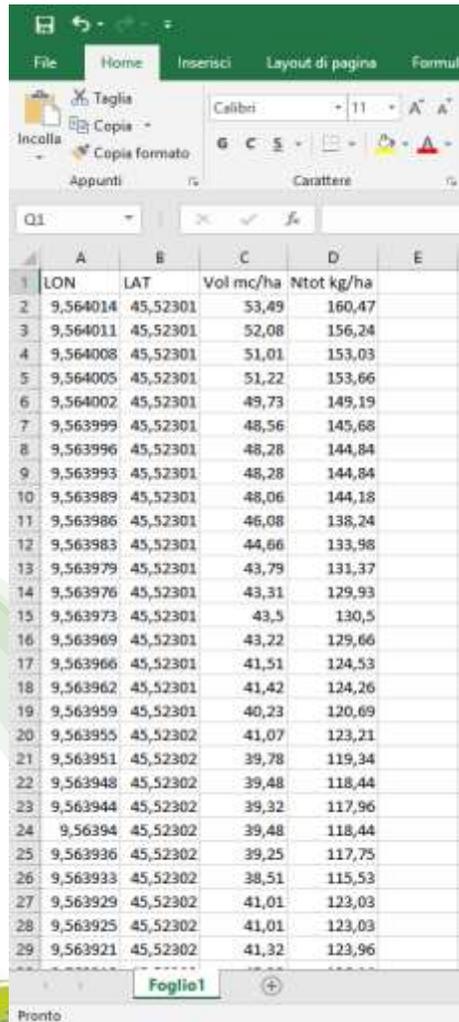
Progetto realizzato con finanziamento della Regione Puglia - Legge regionale n. 55/2018  
"Avviso pubblico per la presentazione di Progetti pilota per la promozione e lo sviluppo dell'Agricoltura di Precisione"



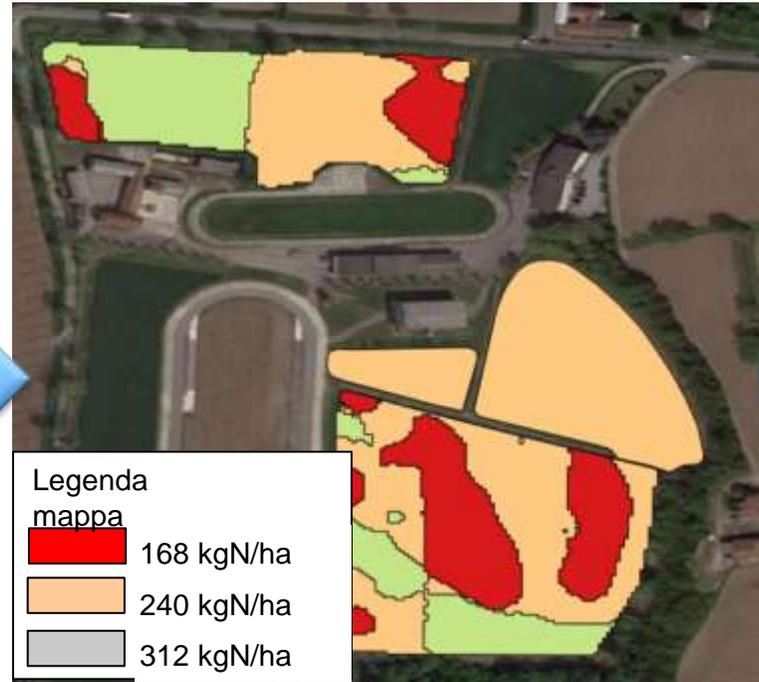
Partner di progetto



# Uso di una mappa di prescrizione



	A	B	C	D	E
1	LON	LAT	Vol mc/ha	Ntot kg/ha	
2	9,564014	45,52301	53,49	160,47	
3	9,564011	45,52301	52,08	156,24	
4	9,564008	45,52301	51,01	153,03	
5	9,564005	45,52301	51,22	153,66	
6	9,564002	45,52301	49,73	149,19	
7	9,563999	45,52301	48,56	145,68	
8	9,563996	45,52301	48,28	144,84	
9	9,563993	45,52301	48,28	144,84	
10	9,563989	45,52301	48,06	144,18	
11	9,563986	45,52301	46,08	138,24	
12	9,563983	45,52301	44,66	133,98	
13	9,563979	45,52301	43,79	131,37	
14	9,563976	45,52301	43,31	129,93	
15	9,563973	45,52301	43,5	130,5	
16	9,563969	45,52301	43,22	129,66	
17	9,563966	45,52301	41,51	124,53	
18	9,563962	45,52301	41,42	124,26	
19	9,563959	45,52301	40,23	120,69	
20	9,563955	45,52302	41,07	123,21	
21	9,563951	45,52302	39,78	119,34	
22	9,563948	45,52302	39,48	118,44	
23	9,563944	45,52302	39,32	117,96	
24	9,56394	45,52302	39,48	118,44	
25	9,563936	45,52302	39,25	117,75	
26	9,563933	45,52302	38,51	115,53	
27	9,563929	45,52302	41,01	123,03	
28	9,563925	45,52302	41,01	123,03	
29	9,563921	45,52302	41,32	123,96	



Fonte: Progetto MeNTAL

# Spandiliquame VRT e interrattore



- Pompa volumetrica a regime variabile
- Larghezza di lavoro dell'interrattore: 4,5 m senza controllo delle sezioni
- Uniforme distribuzione delle masse su tre ruote
- Controllo on-the-go della pressione degli pneumatici
- Analizzatore NIR imbarcato, on-the-go

# Sensori NIR per reflui



Produttore/Sensore	Tecnologia
Zunhammer «VAN Control 2.0»	NIR imbarcato, in continuo
John Deere «HarvestLab»	NIR imbarcato, in continuo
Garant/Kotte «NCL-Mobile»	NIR su laboratorio mobile, in continuo
D-Tec NIR	NIR imbarcato, a campione
New Holland e Dinamica Generale «Evo NIR»	NIR imbarcato, in continuo
Veenhuis «Nutriflow/Nutriject»	NIR imbarcato, in continuo
Gruppo Bauer (Bauer, Eckart, BSA) «Signo ID»	NIR imbarcato, in continuo

Fonti: siti web costruttori

# Monitoraggio in campo

Due aspetti da monitorare:

- la navigazione;
- la distribuzione sito-specifica.



# La navigazione

- Guida automatica
- Correzione RTK



Minima sovrapposizione delle passate

# La distribuzione sito-specifica

- Disporre delle **informazioni sito-specifiche** necessarie
- Realizzare una **mappa sufficientemente «gestibile»** (es.: poche zone omogenee, ampie e rappresentative, con differenze significative)
- Disporre di un **cantiere** in grado di **ricevere** e di **eseguire** le istruzioni contenute nella mappa
- Molto interessante in caso esistano norme ambientali da rispettare (es.: Direttiva nitrati)



Fonte: Progetto MeNTAL

# L'applicazione delle macchine a rateo variabile

## LE IRRIGAZIONI



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@

CAIONE

CON.CER



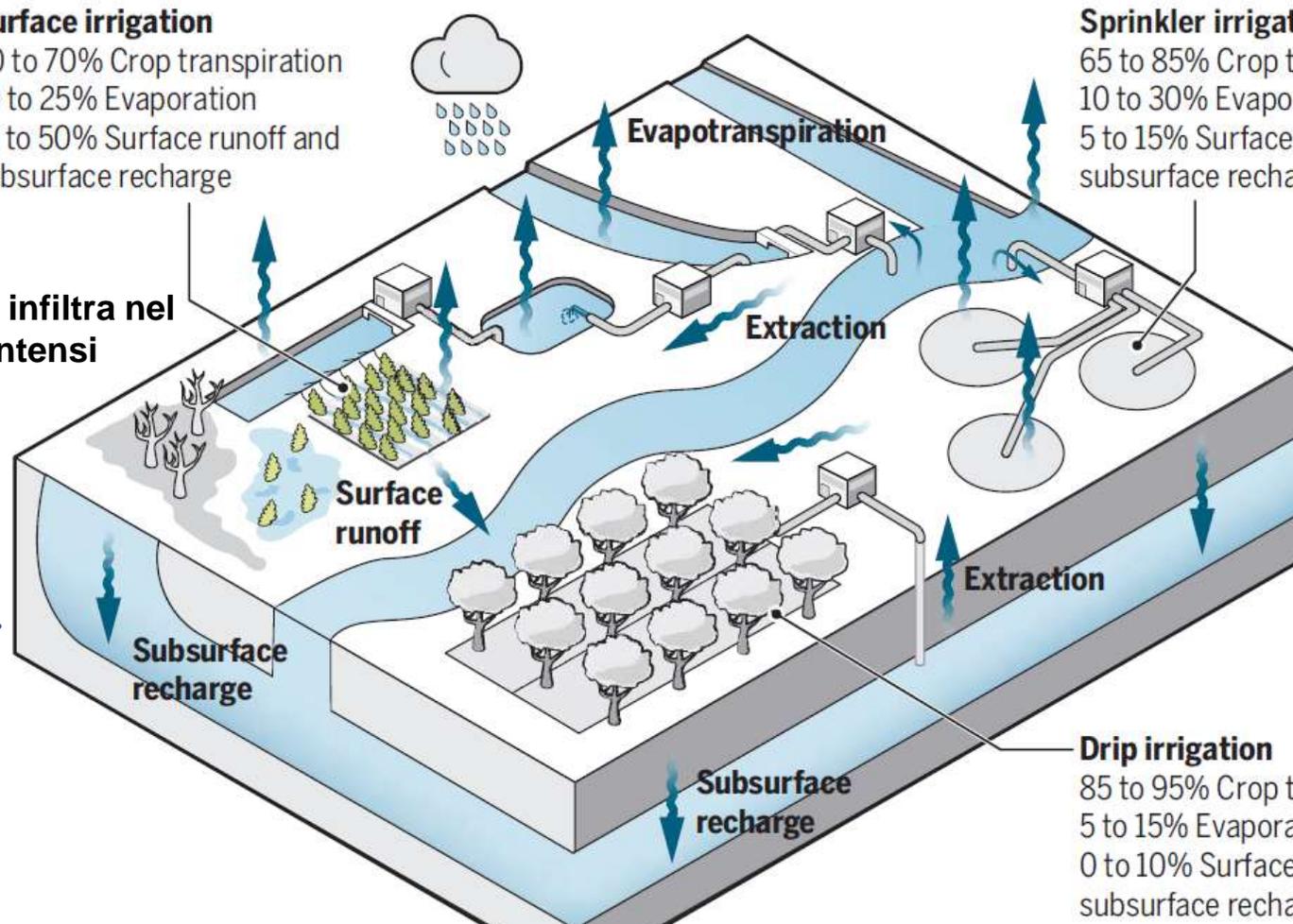
# Molte le variabili in gioco

**Surface irrigation**  
40 to 70% Crop transpiration  
10 to 25% Evaporation  
15 to 50% Surface runoff and subsurface recharge

**Sprinkler irrigation**  
65 to 85% Crop transpiration  
10 to 30% Evaporation  
5 to 15% Surface runoff and subsurface recharge

89% dell'acqua piovana non si infiltra nel terreno durante gli eventi più intensi

in funzione della permeabilità del terreno e delle lavorazioni



Fonte: Science, 2018

**Drip irrigation**  
85 to 95% Crop transpiration  
5 to 15% Evaporation  
0 to 10% Surface runoff and subsurface recharge



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



# Efficienza pianta-suolo-ambiente

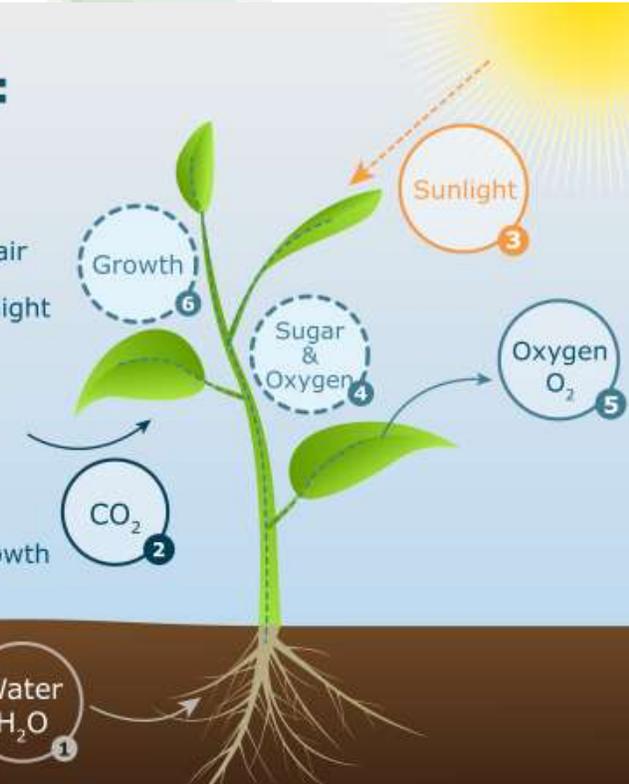
Maggior efficienza di utilizzo dell'acqua a livello della pianta:

- attività fotosintetica;
- LAI ottimale;
- assenza di patologie (radici, fusto, foglie);
- temperatura e UR di aria e terreno
- l'elevata efficienza del sistema irriguo NON può ridurre il consumo di acqua per traspirazione!!



## Photosynthesis:

1. The plant draws up water ( $H_2O$ ) through its roots
2. The leaves take in  $CO_2$  from the air
3. The leaves trap energy from sunlight
4. The plant uses the energy of sunlight to turn water ( $H_2O$ ) and  $CO_2$  into sugars and oxygen ( $O_2$ )
5. The plant releases oxygen ( $O_2$ ) into the air
6. The plant uses the sugars for growth



WAGENINGEN  
UNIVERSITY & RESEARCH

- Esempio di sensore della pressione di vapore all'interno della pianta.
- “Avvitato” su esemplari rappresentativi.
- Indicatore di stress idrico, gestione dell'irrigazione.



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@

CAIONE

CON.CER



# Individuazione stress idrico



Immagine nel campo del visibile

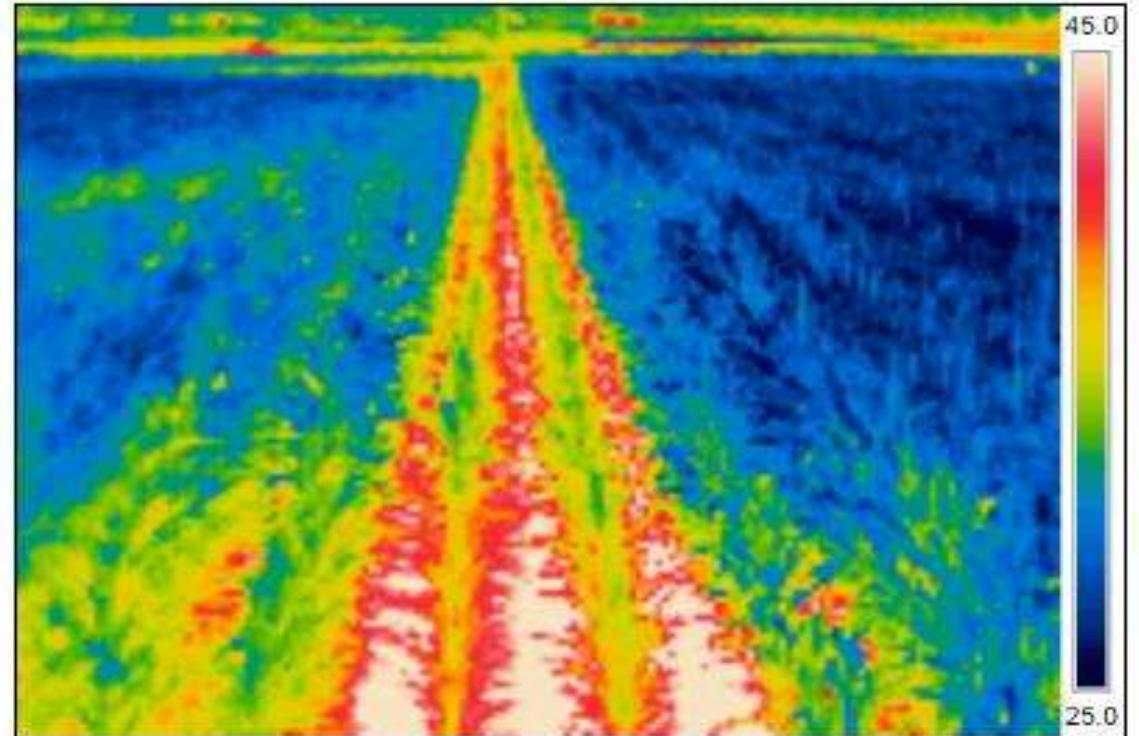
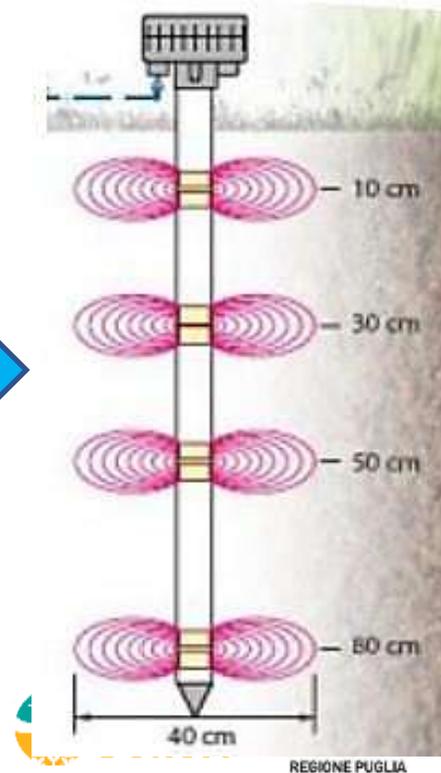


Immagine termica

Fonte: Taghvaeian et al.

# Sensori commerciali ambiente

- Sensori **multilivello** es.: ogni 15 – 20 cm per avere informazioni sulle **dinamiche verticali** (con GSM o altra modalità di trasmissione) per monitorare in tempo reale vari parametri (es.: umidità e tensione matriciale del terreno)
- Protezione delle colture
- Gestione dei nutrienti
- Gestione dell'irrigazione



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



Partner di progetto

HORT@

CAIONE

CON.CER



# Scorrimento: sensori low-cost



Surface irrigation system



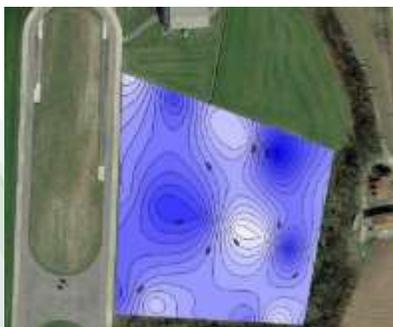
Time-energy-water demanding system



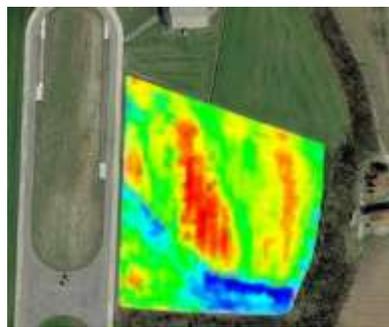
Soil moisture/air and air temperature measurement sensors based on Arduino Mega 2560 card



Measurement grid; two depths (15-30 cm)



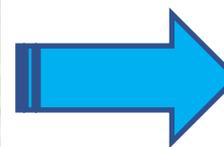
Soil moisture level curves



Soil electrical resistivity map

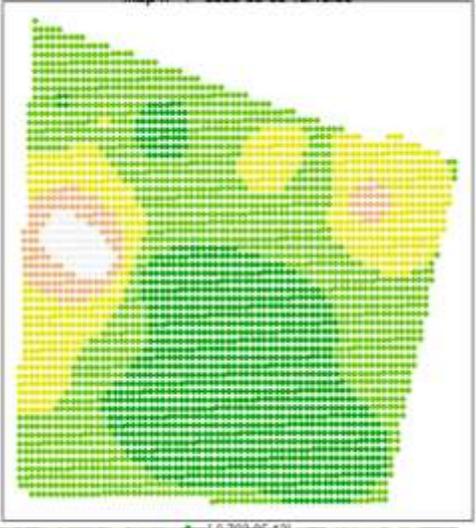


Crop yield map



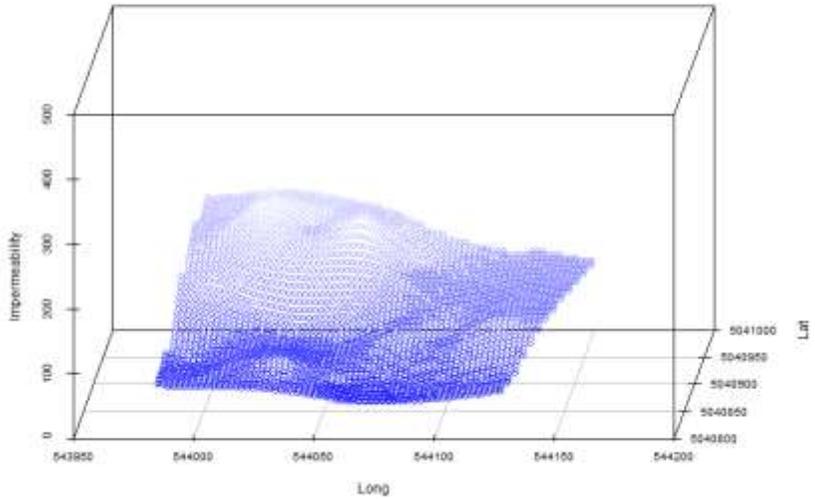
Improvements in managing surface irrigation (i.e. flooding time, interval between flooding, etc.)

Progetto AgriDigit

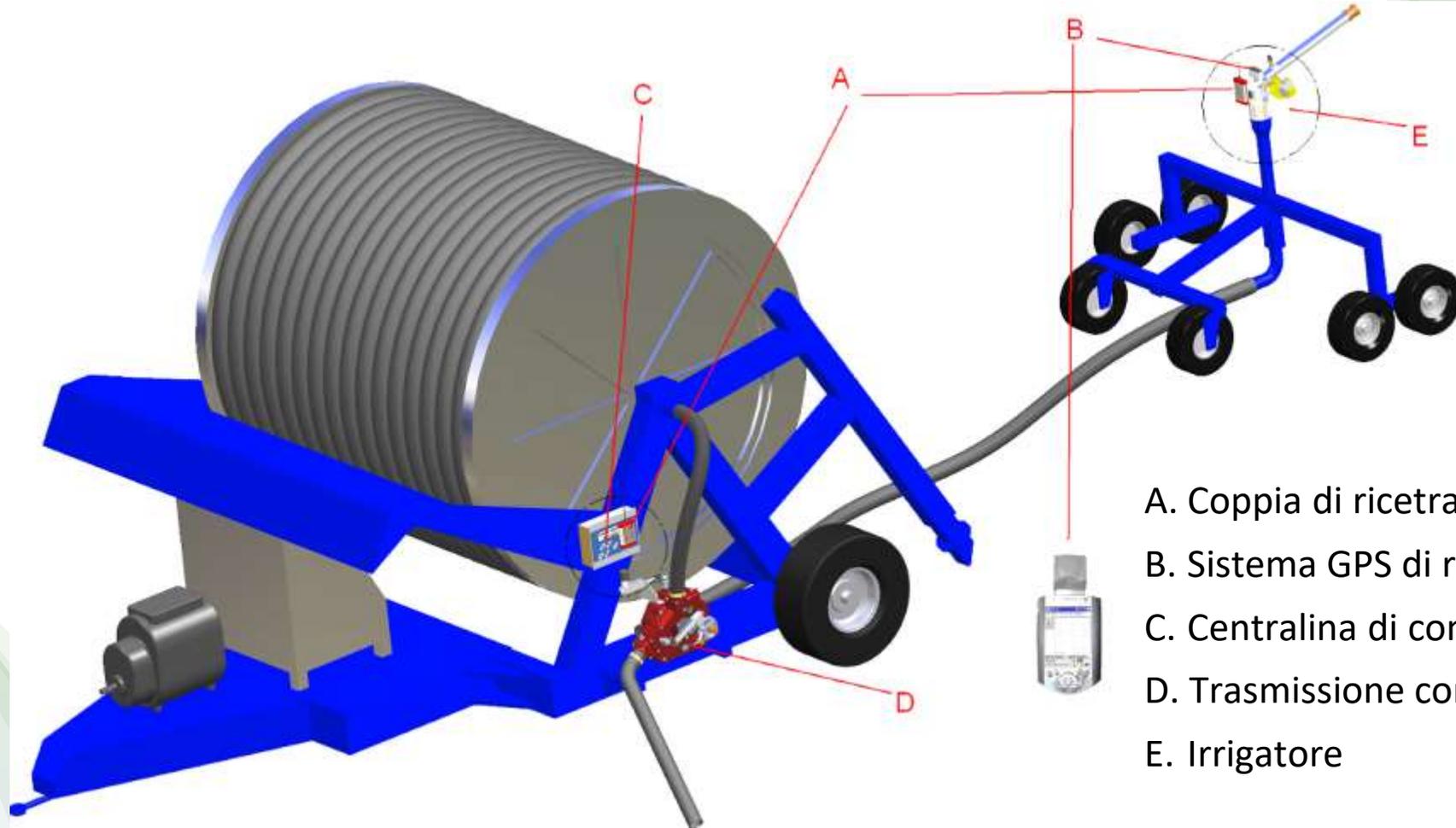


# Dinamica verticale

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



# Pioggia: irrigazione di precisione



- A. Coppia di ricetrasmittitori radio
- B. Sistema GPS di rilevazione della posizione
- C. Centralina di controllo
- D. Trasmissione con sensori e attuatori
- E. Irrigatore

# Miglioramenti nella navigazione

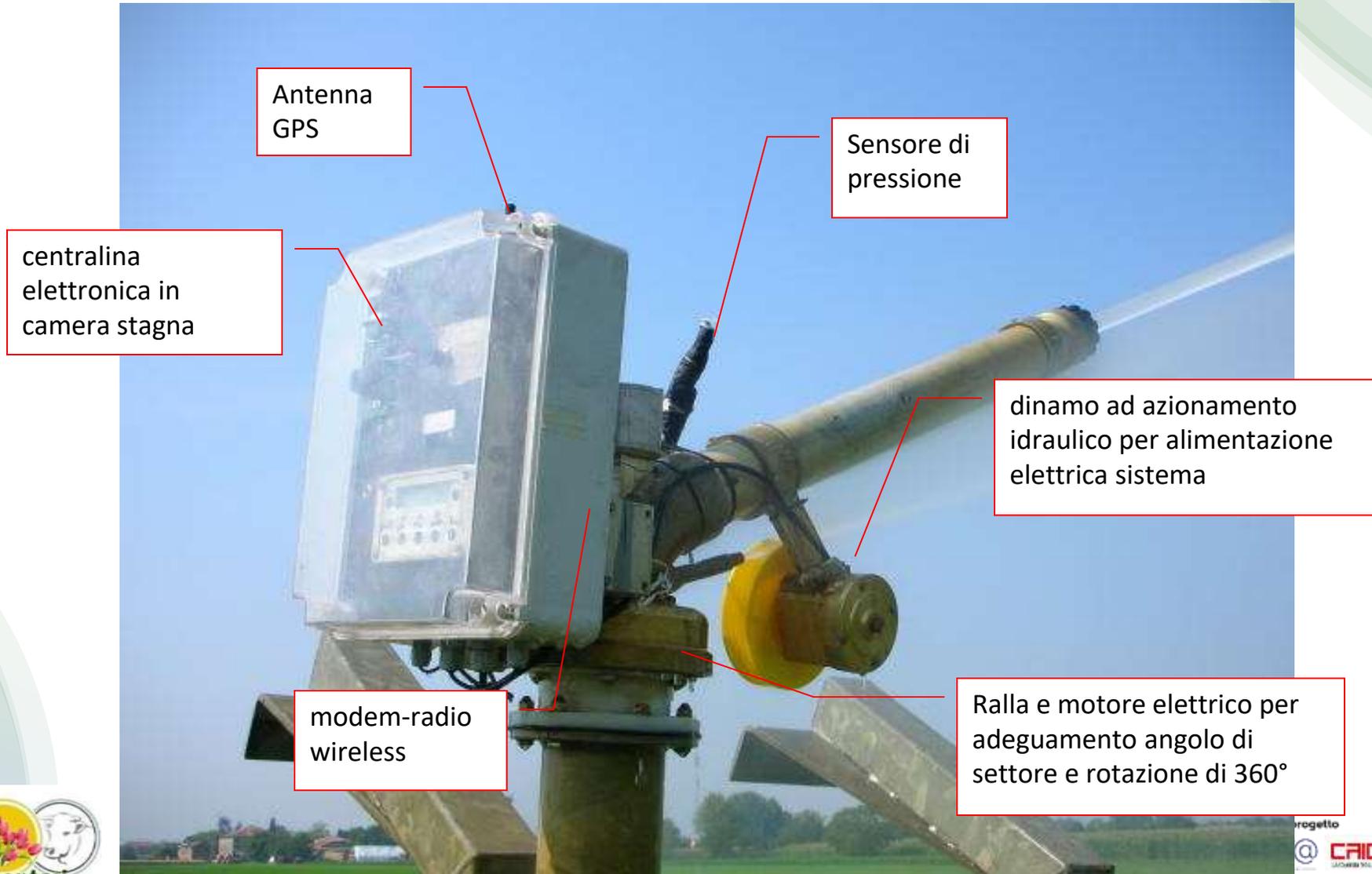
centralina elettronica principale e modem-radio in camera stagna

Motore idraulico a turbina e by-pass, con cambio innovativo a 4 rapporti sincronizzati

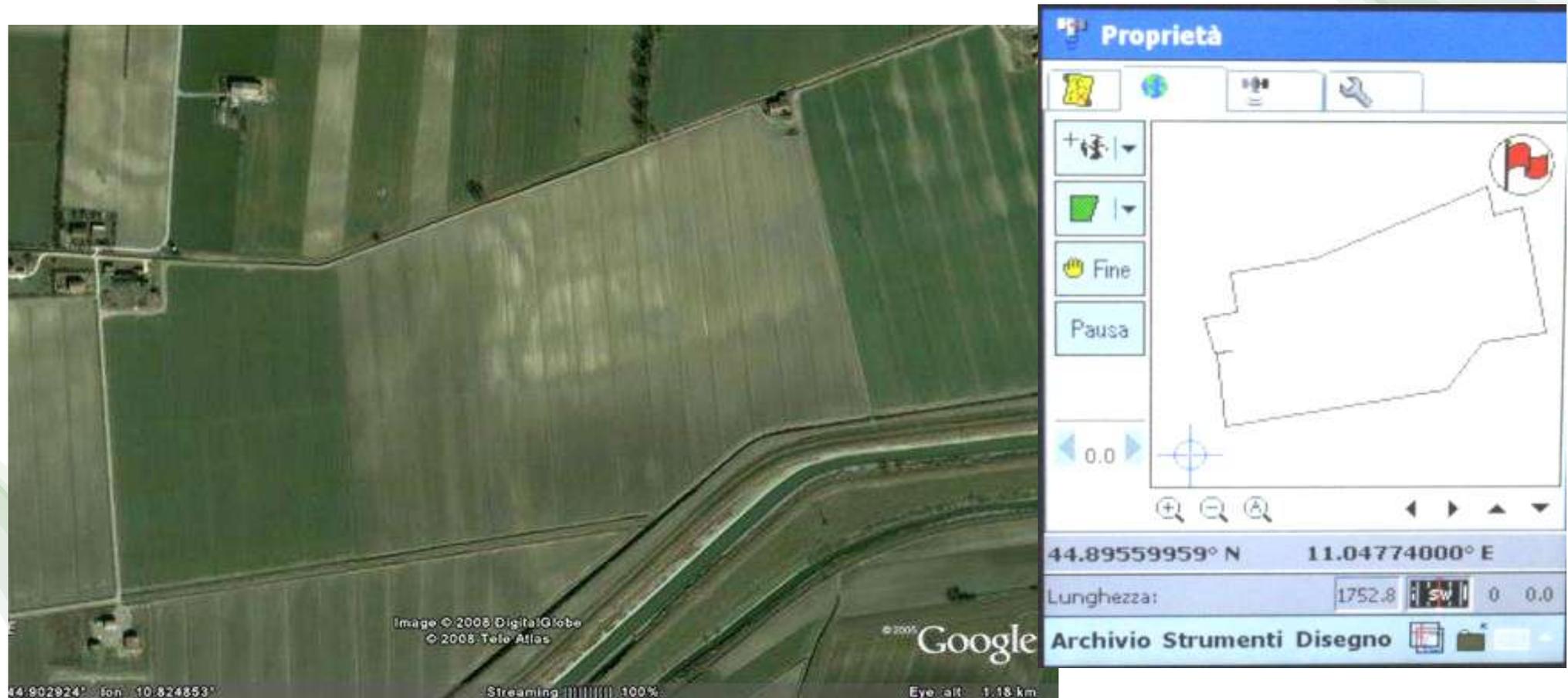


pannello fotovoltaico per alimentazione elettrica della centralina

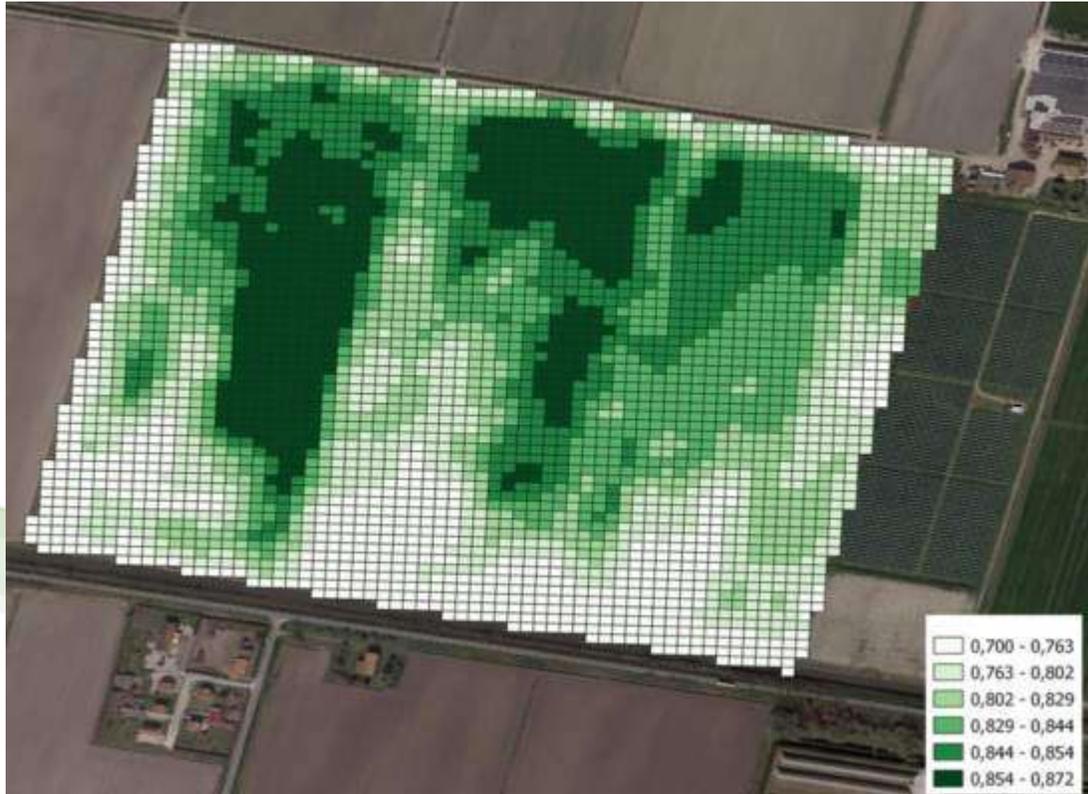
# Irrigatori pilotabili



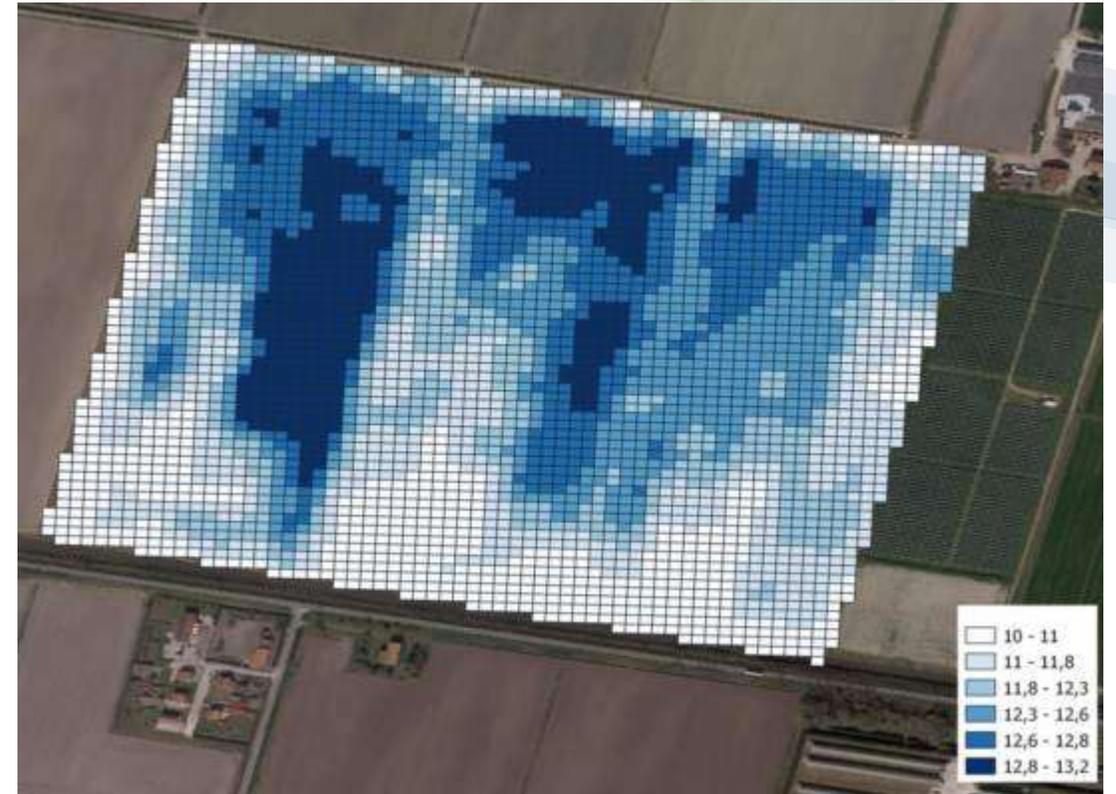
# Configurazione superfici



# Mappe di prescrizione per VRT



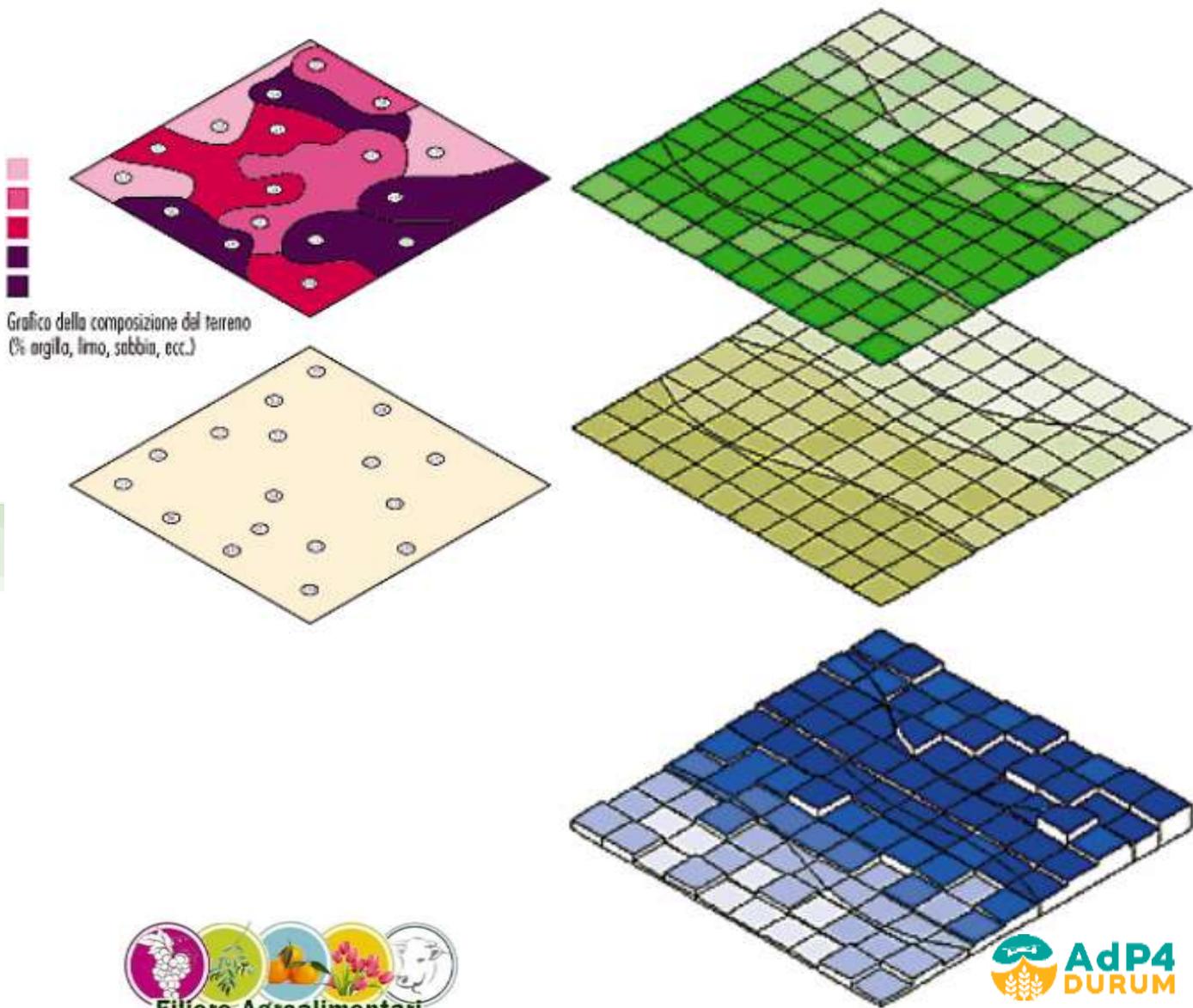
Mappatura NDVI coltura in atto  
da satellite Sentinel 2



Mapa di prescrizione irrigazione VRT

Fonte: Cavazza et al., 2022

# Irrigazione VRT e suolo



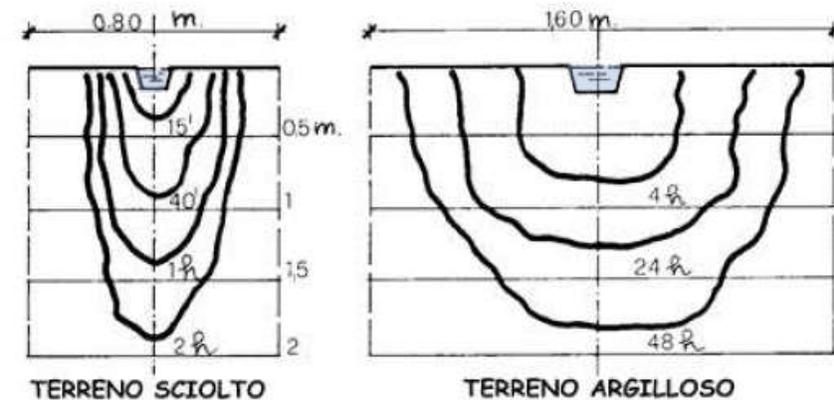
Esigenza idrica

+

Analisi del suolo

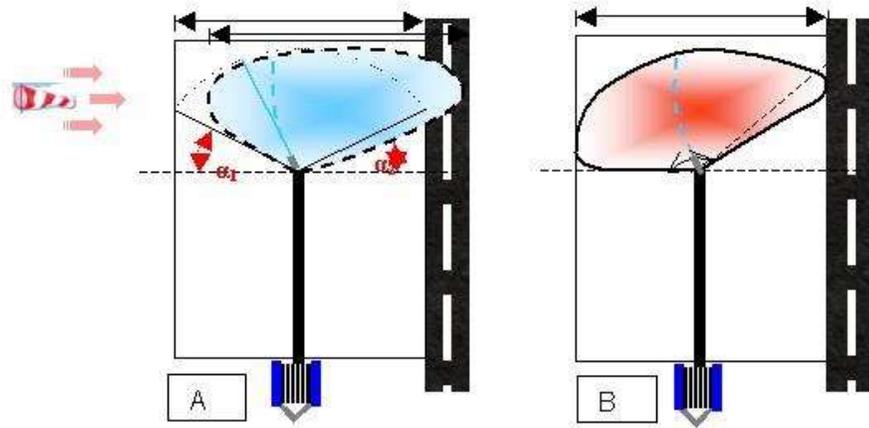
=

Mappa irrigazione



**Intensità oraria di irrigazione (mm/h) non > a indice di permeabilità terreno (ristagni o ruscellamenti)**

# Gestione automatica

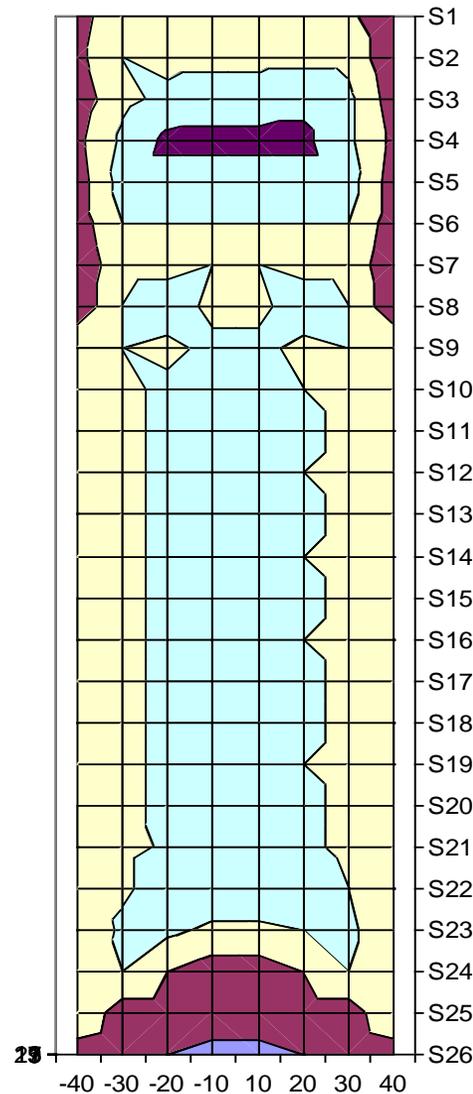
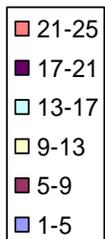
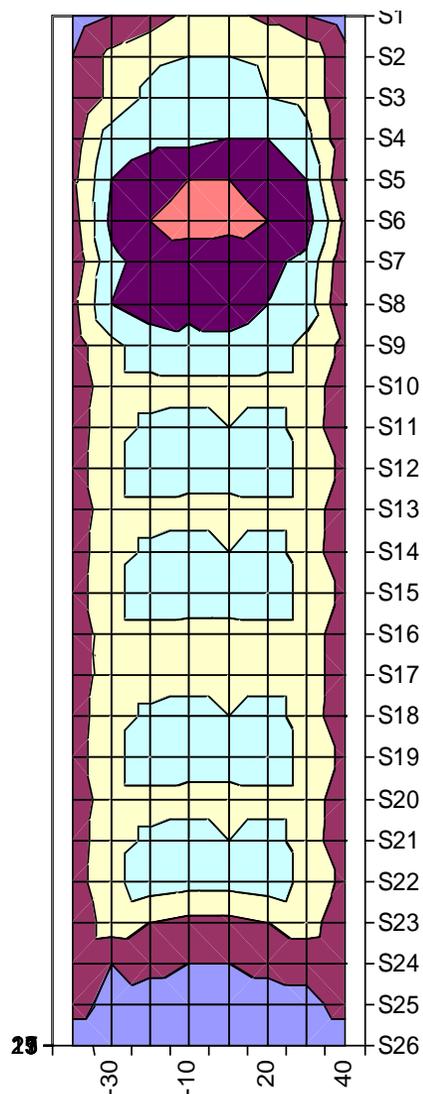


- Regularizzazione della pluviometria
- Compensazione degli effetti causati da perdite di pressione
- Inversione della direzione del getto
- Impostazione di angoli specifici (confini, ostacoli)
- Compensazione della deriva causata dal vento

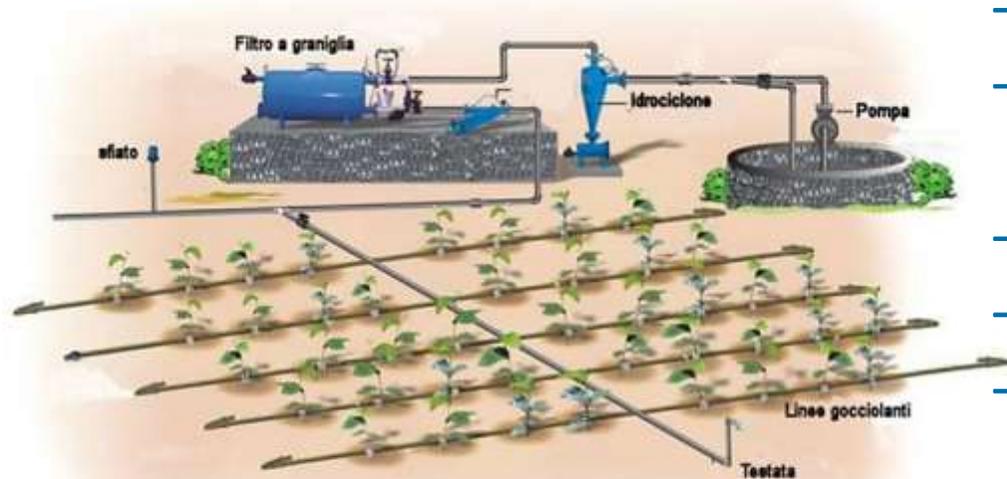
# Dinamica di riavvolgimento

ST

NW



# Irrigazione a goccia



- Efficienza: 90% - 97%
- Applicabile a moltissime colture (orto-floro-vivaistiche, erbacee, arboree, viticoltura)
- Abbinabile alla concimazione (fertirrigazione)
- Possibile irrigazione di precisione
- Ma ... **ci vuole un «cervello»** (gestione digitale, telemetria)



# Il vertical farming avanza



Seoul, Corea del Sud



Prodotto con il finanziamento della  
Legge regionale n. 55/2018  
per la presentazione di Progetti  
promozionali e lo sviluppo  
della coltura di Precisione



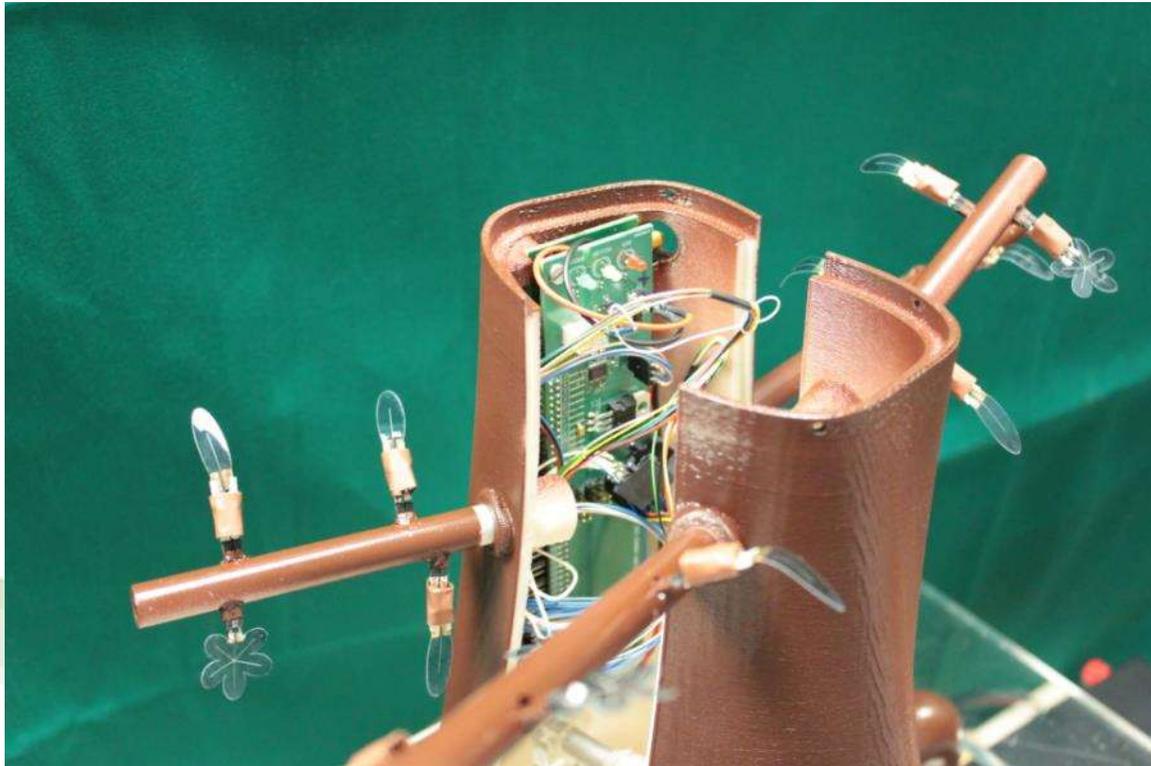
Partner di progetto

HORTO

Foto: Pisaclia  
CNR-CCP-CRCA



# Piante più efficienti



Plantoidi (robot vegetali): l'obiettivo è di riprodurre modelli sulla **capacità di esplorazione, adattamento ambientale e coordinazione delle piante** per valutarne efficienza (anche idrica) e sostenibilità.

Costituiti da:

- rete di apici radicali con sensori, attuatori e unità di controllo collegati meccanicamente tra loro;
- tronco robotico, foglie elettroniche.



Fonte: <https://plantoidproject.eu/>

# L'applicazione delle macchine a rateo variabile

## I TRATTAMENTI DI PRECISIONE



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@

CAIONE

CON.CER



# Consumo annuo fitofarmaci



## TOP TEN CONSUMERS

CHINA	1,806*
U.S.	386
ARGENTINA	265
THAILAND	87
BRAZIL	76
ITALY	63
FRANCE	62
CANADA	54
JAPAN	52
INDIA	40

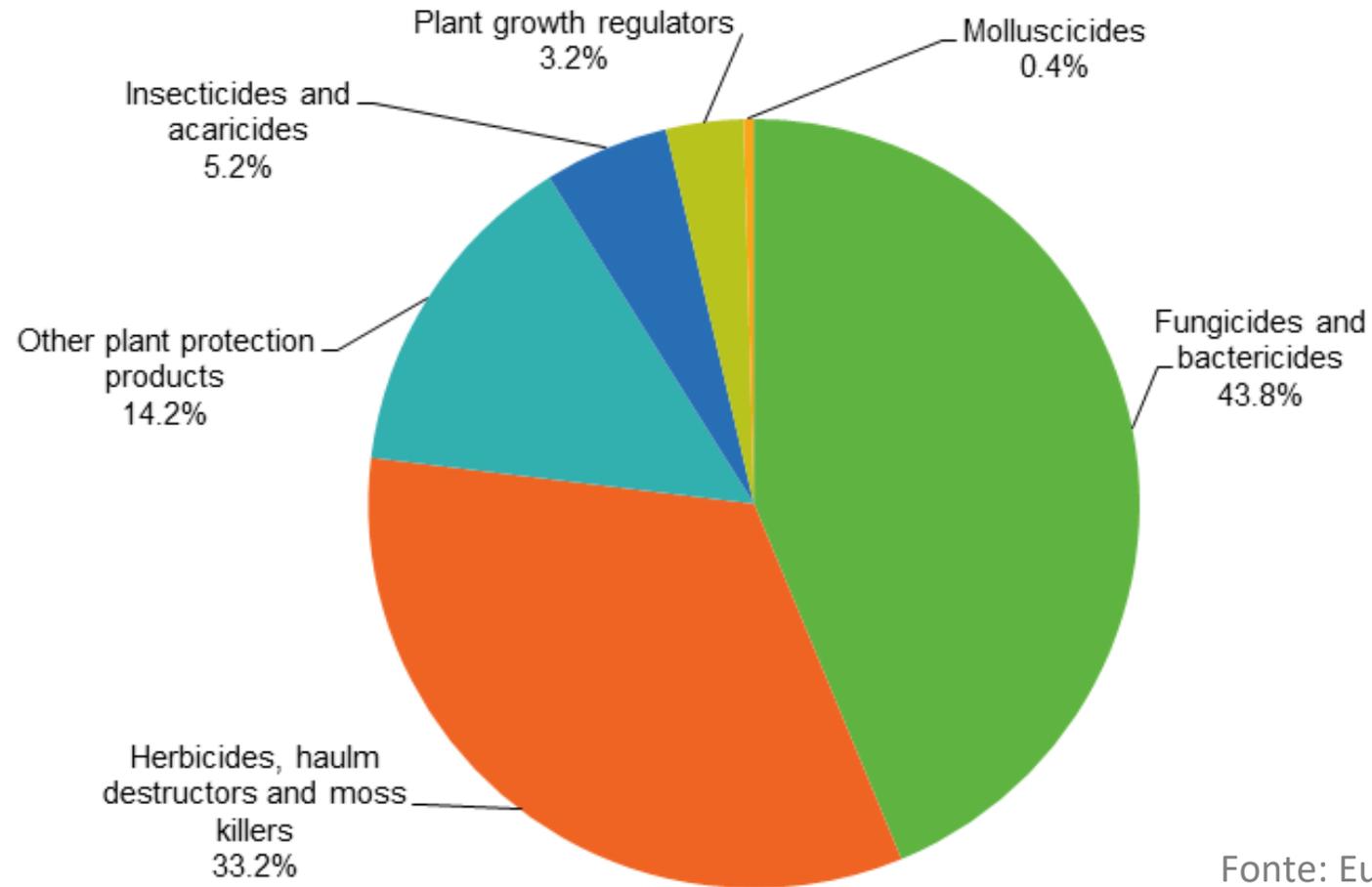
\*millions of kilograms

Fonte: Pretty and Bharucha, *Insects*, FAOSTAT, OECD

Total: 2.890.000 t

~ 50-70% perso?

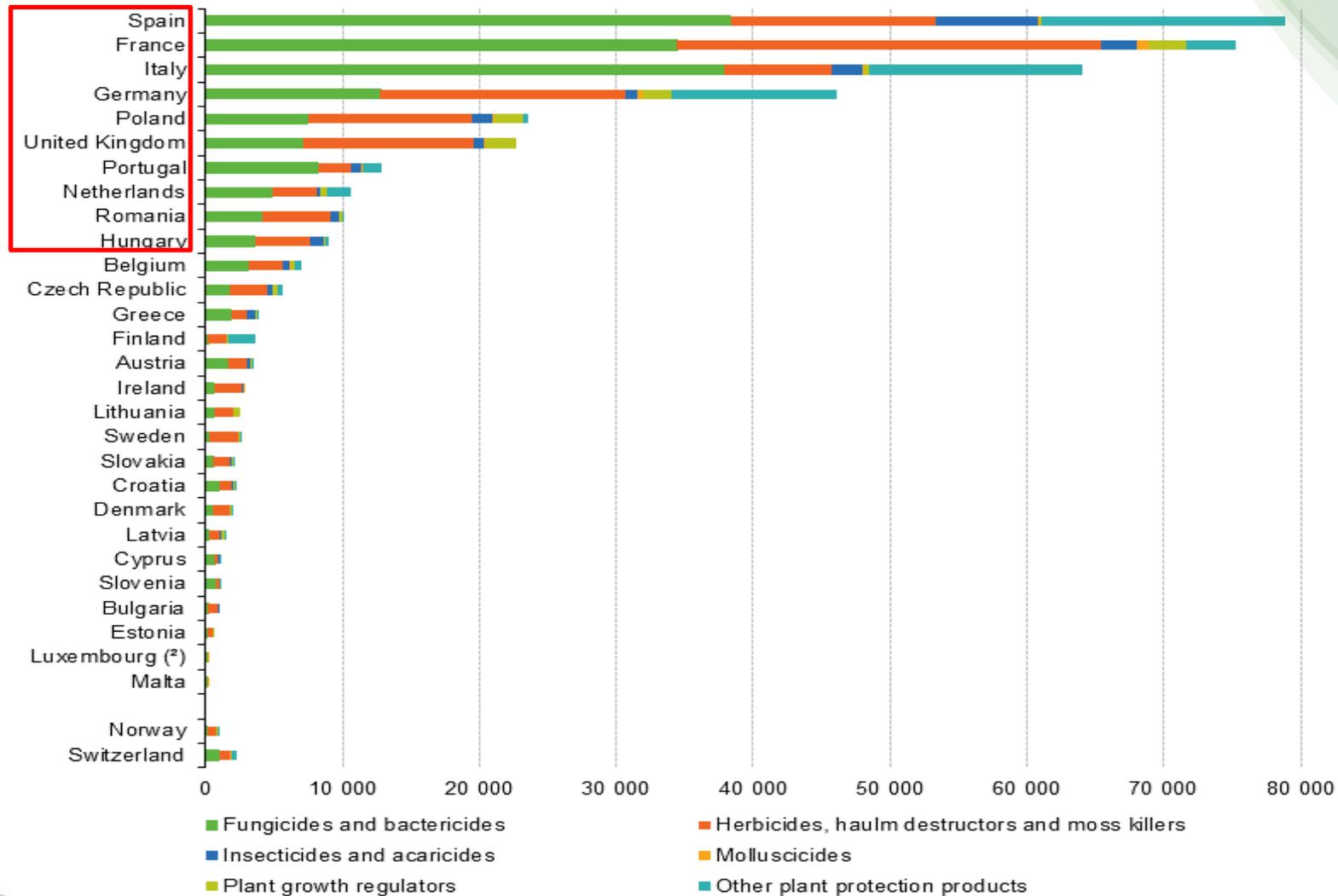
# Vendita di fitofarmaci in EU



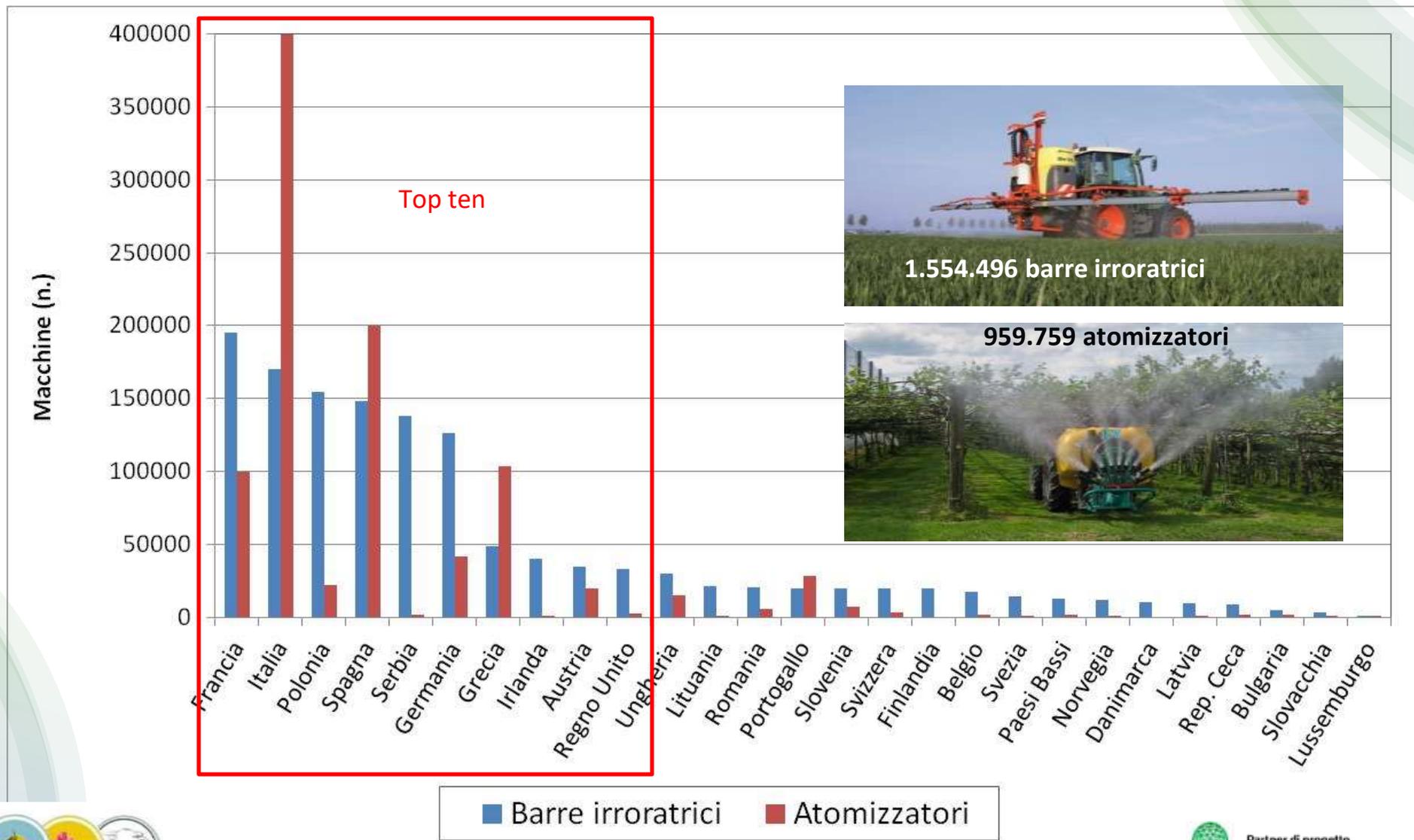
Fonte: Eurostat

# Vendita fitofarmaci per Paese

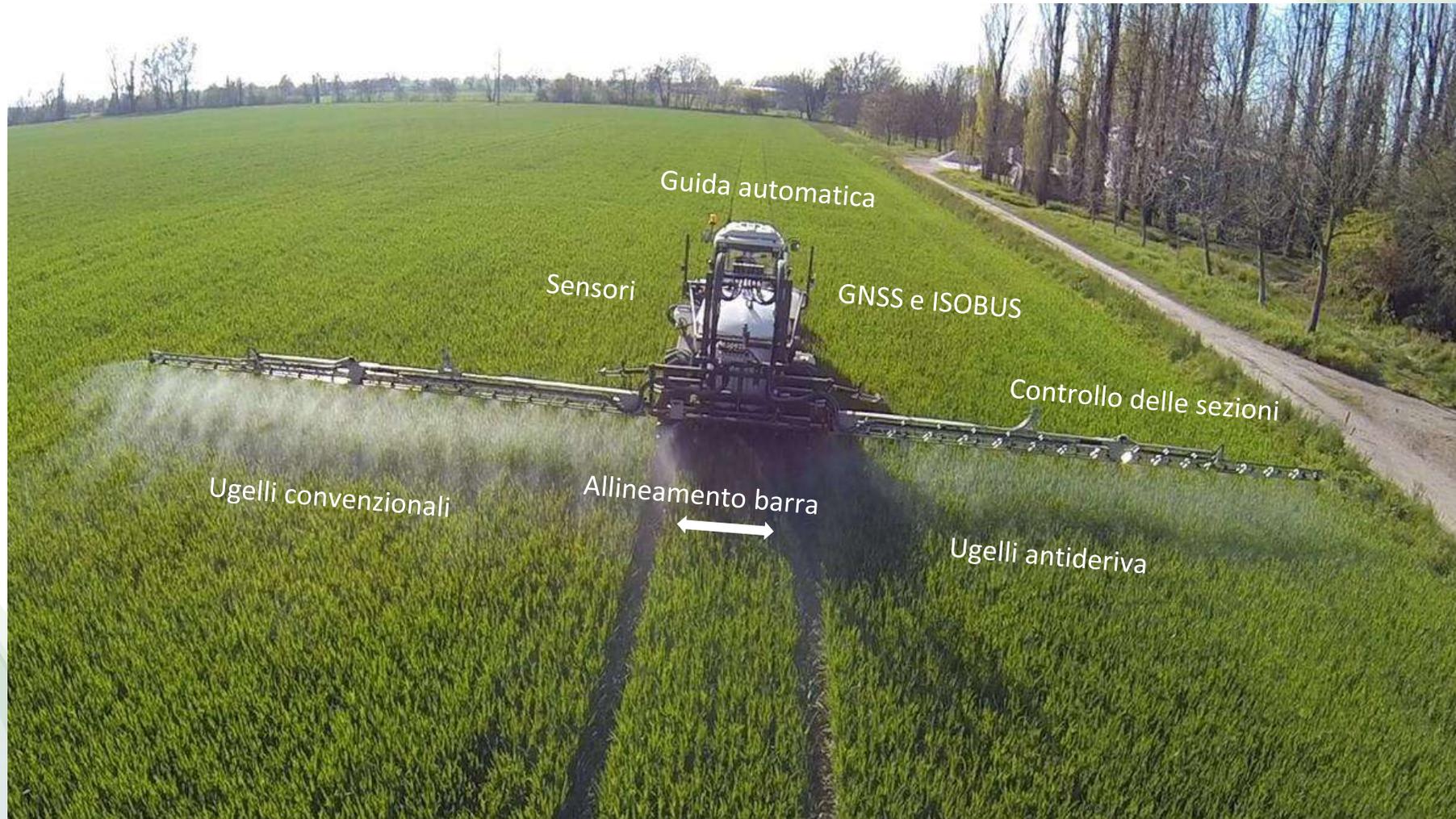
Top ten



# Parco macchine agricole



# Tecnologie disponibili per VRT



# Riconoscimento del bersaglio

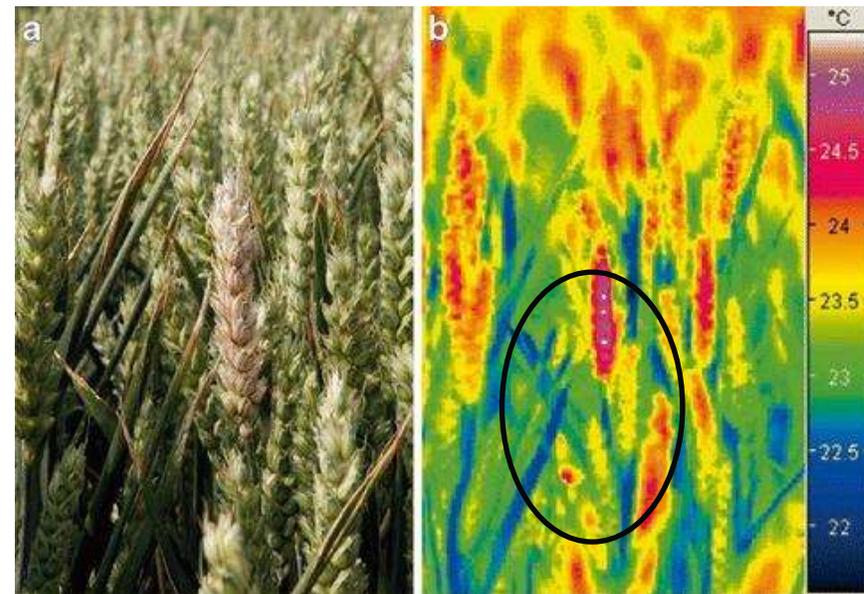
- Soluzioni già sul mercato (anche se ancora poco diffuse) per le **infestanti**.
- Ricerche in corso per i **patogeni** (insetti, funghi, batteri).

Diserbo mirato su immagini



Fone: McIntosh&Son; BlueRiver

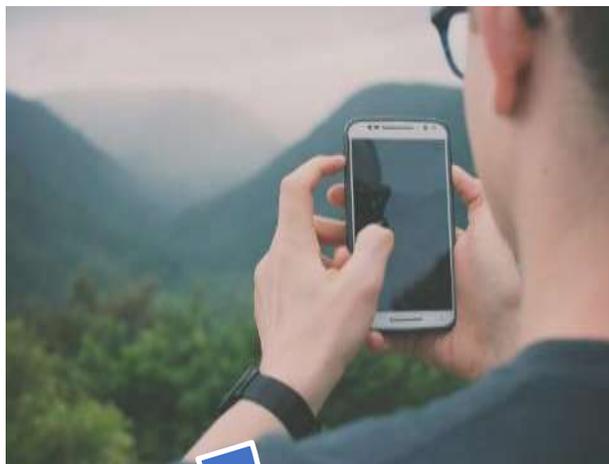
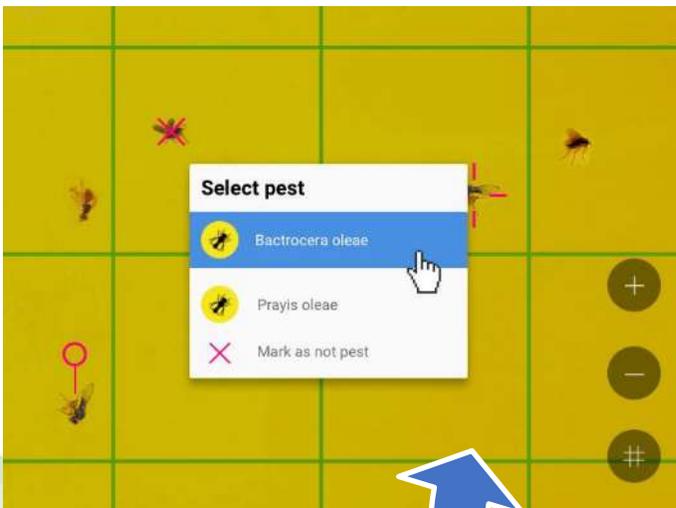
Individuazione di *fusarium* su frumento



Fonte: Mahlein et al., 2012

# Individuazione soglia d'intervento

- Molte soluzioni digitali disponibili sul mercato (qui solo alcuni esempi)
- Basate su intelligenza artificiale e data mining



Fonte: Olivia Trap srl.

Fonte: FarmSense



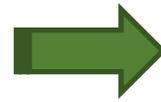
Progetto realizzato con il finanziamento delle Filiere agroalimentari pugliesi e del Piano pubblico per la promozione e lo sviluppo pilota per la promozione e lo sviluppo dell'Agricoltura di Precisione



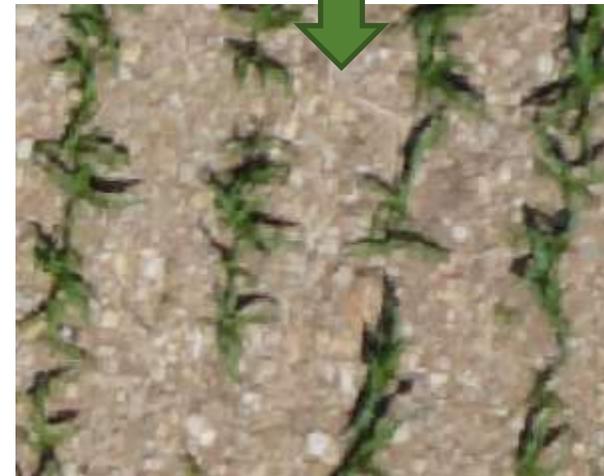
Partner di progetto



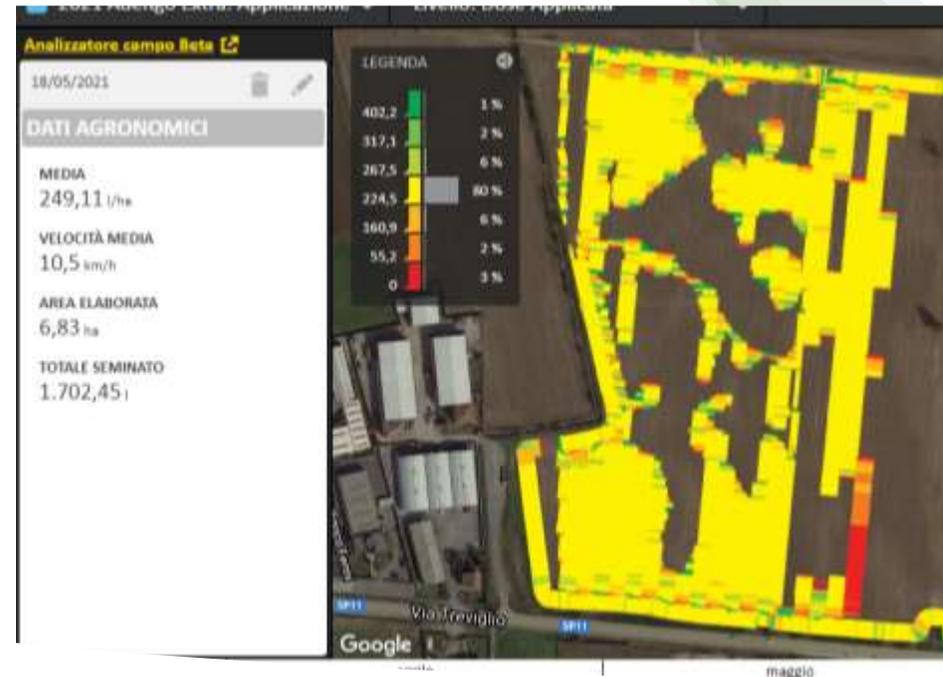
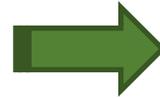
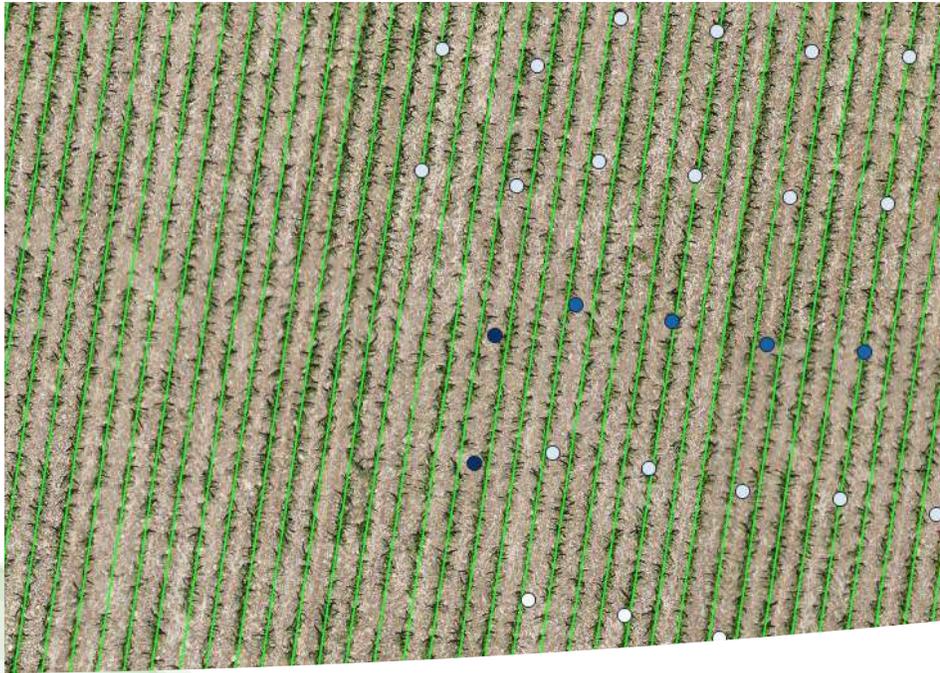
# Diserbo VRT di mais, con mappe



- In **pre-emergenza** si tratta tutta la superficie: il vantaggio è solo nella navigazione e nella gestione dei bordi grazie alle sezioni variabili via ISOBUS (< 15-20%)
- In **post-emergenza** la superficie varia in funzione della diffusione dell'infestazione e delle specie da contenere (mono, dicotiledoni o entrambe) con la relativa scelta del p.a. o di eventuali miscele



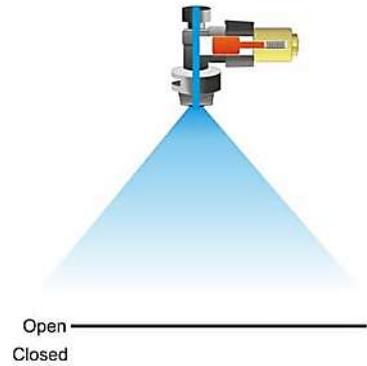
# Distribuzione con irroratrice VRT



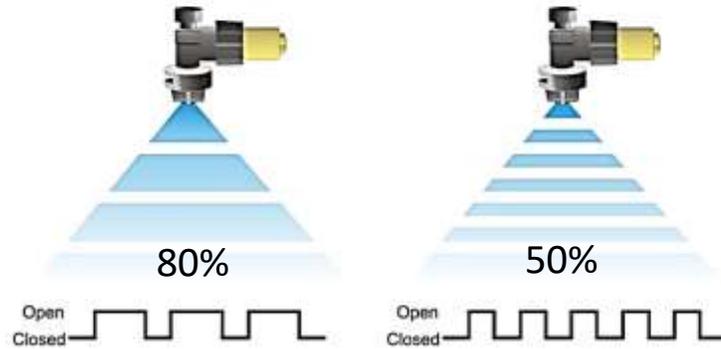
- Determinazione «visiva» dell'infestazione e realizzazione della mappa di prescrizione
- Importazione della mappa nella macchina
- Ricalcolo del reticolo ottimale (**5x5m per la macchina, 3x3m per un risultato accurato**)
- Obiettivo: automatizzare queste funzioni (attività in corso)

# Ugelli a pulsazione modulata

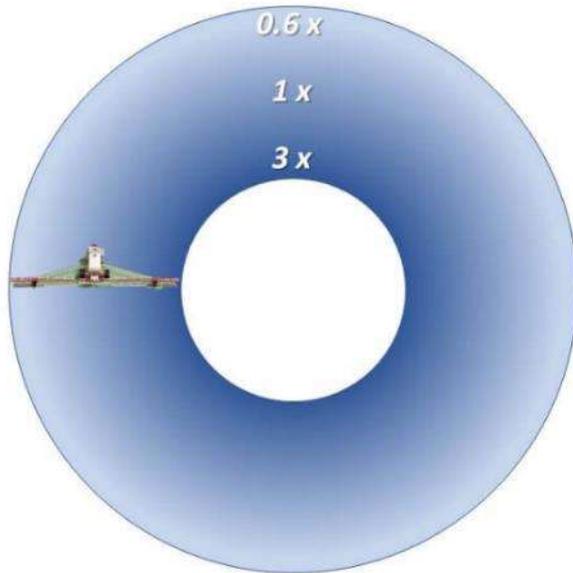
convenzionale



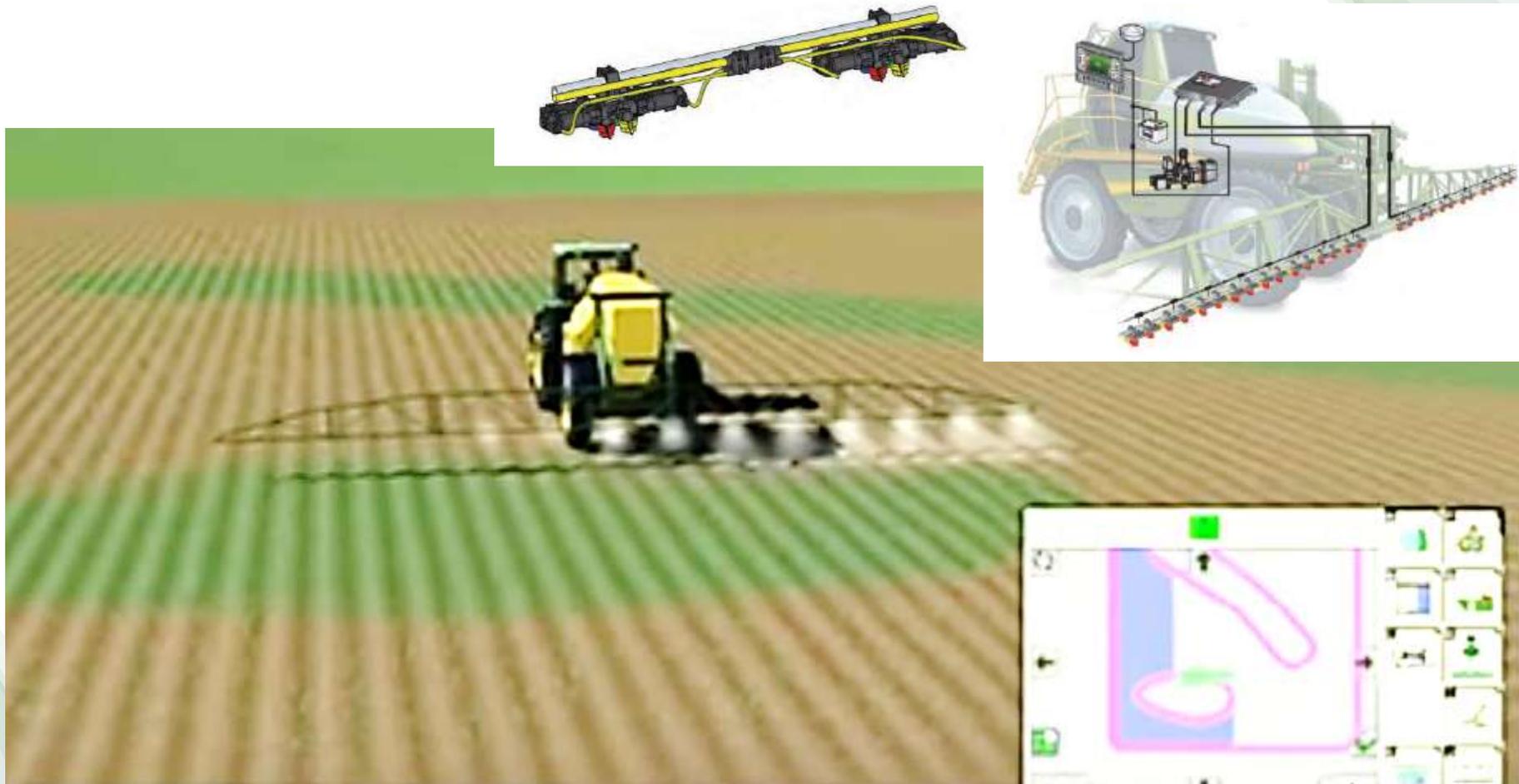
a pulsazione modulata



- fino a 10 Hz
- simultanea
- alternata
- sfasata
- soluzione relativamente economica
- migliore distribuzione

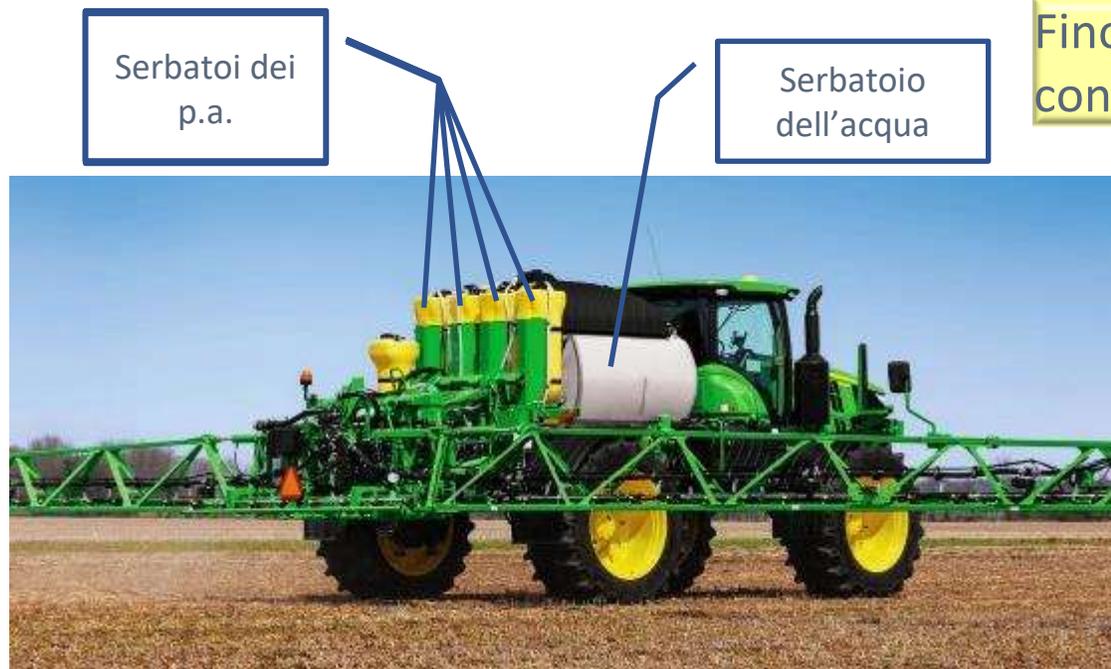


# GNSS, ISOBUS e controllo sezioni



Fonte delle immagini: John Deere

# Iniezione diretta



Fino a 6 p.a.  
contemporaneamente



- + Acqua e p.a. separati
- + Non serve risciacquare
- + No residui di miscela da smaltire
- + Scelta del p.a. da display
- + Spot spraying e VRT possibili
- + Rotazione p.a. contro resistenza

- Costo elevato
- Scarsa diffusione e assistenza
- Problemi se cambia formulazione (es. viscosità)
- P.a. puri e più contenitori da smaltire
- Mancanza di standard nel packaging

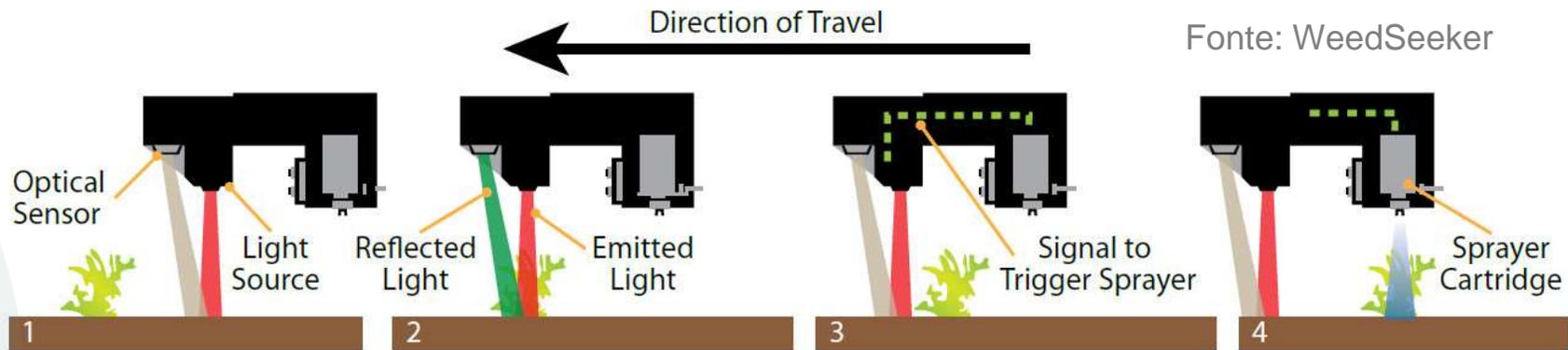
# Spot spraying (see&spray) su sodo



- Il sistema adotta un sensore NIR per ogni ugello per individuare la presenza di infestanti
- Utilizza idraulica, pompe e serbatoi standard potendo essere installato anche su barre esistenti
- Può operare fino a 16 km/h

Fonte: Trimble agriculture

# Funzionamento



# Spot spraying su coltura a file



Il sistema adotta un sistema di visione (es.: video-camera) per ogni interfila per individuare la presenza di infestanti



Diserbo su cotone

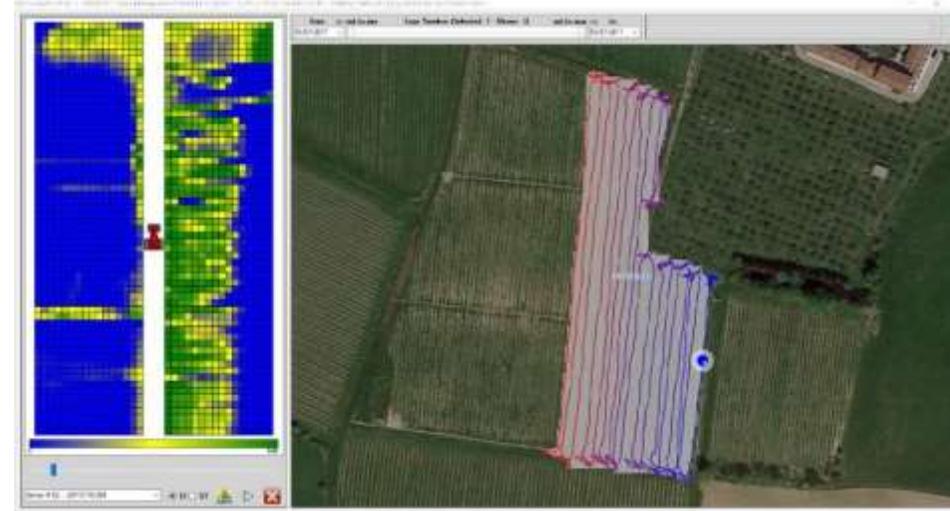


Fonte: BlueRiver Technology

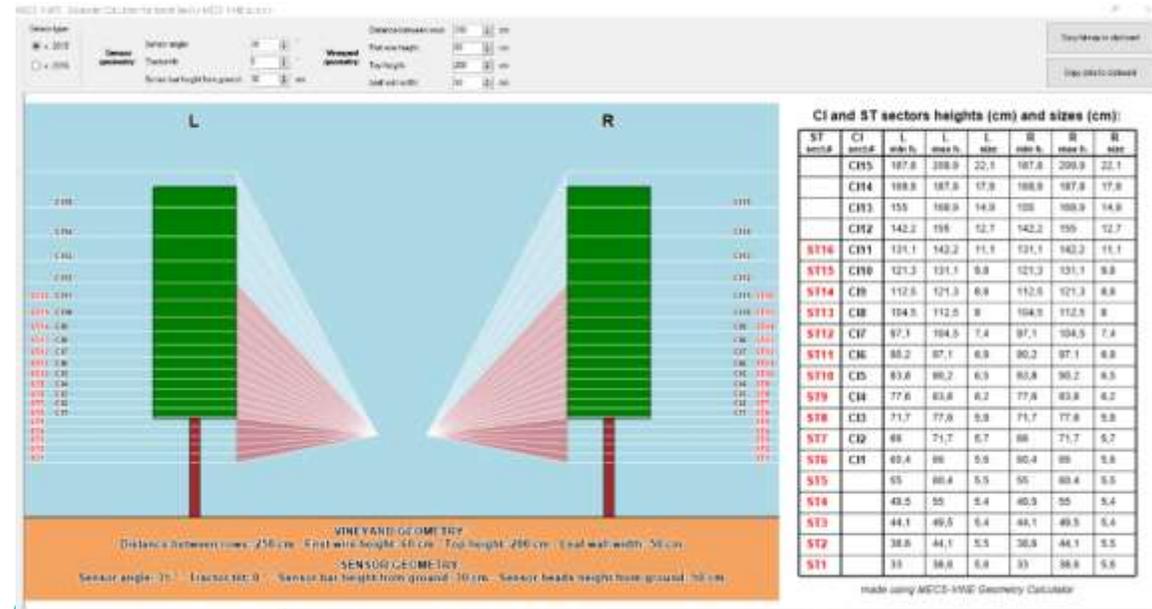
# Automazione e ultra-precisione



# Mappe su colture arboree



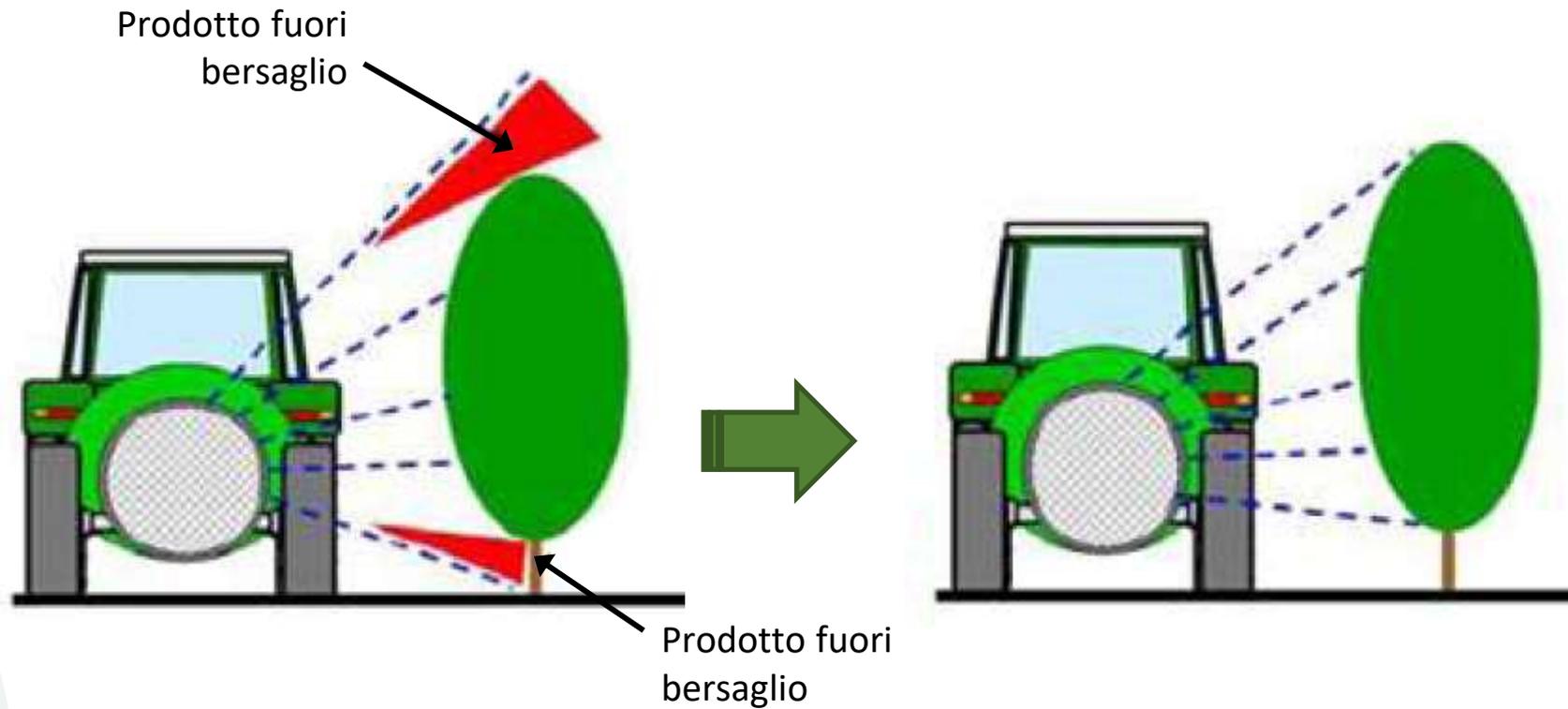
Presenza di sensori sul mercato con varie finalità (vigore, volume, presenza di frutti, ecc.)



Avviso pubblico per la presentazione di Progetti pilota per la promozione e lo sviluppo dell'Agricoltura di Precisione

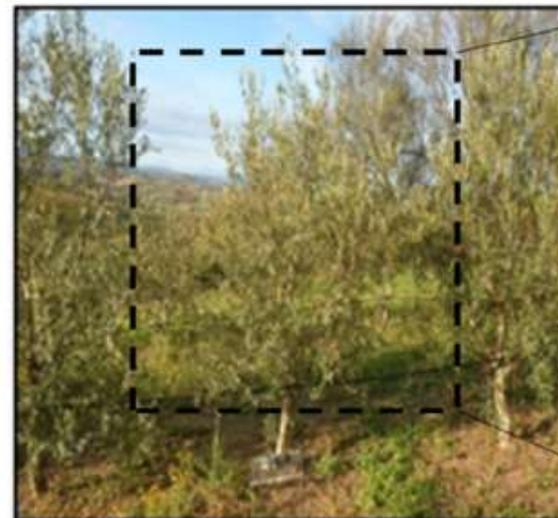


# Controllo del volume distribuito



# Determinazione volume chioma

- Molti metodi
- E' un parametro che può cambiare anche nel corso della stagione colturale
- La sua determinazione consente di applicare le dosi corrette di p.a. o fare altri interventi mirati



	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	
	195	195	235	235	235	235	241	254	253	253	238	R 16
	158	195	195	195	222	235	254	254	253	242	231	R 15
	150	158	195	228	235	245	254	253	240	240	230	R 14
	158	195	195	228	248	254	249	240	240	233	228	R 13
	202	235	254	253	253	247	240	240	231	231	231	R 12
	253	253	253	242	240	240	240	240	240	240	240	R 11
	251	240	240	240	240	240	240	240	240	240	251	R 10
	240	240	240	240	240	247	253	253	253	253	251	R 9
	253	253	253	253	254	254	254	254	254	238	228	R 8
	254	254	254	238	235	215	195	195	150	150	140	R 7
	251	238	235	235	208	173	150	150	88	88	47	R 6
	235	235	235	202	195	173	129	88	26	26	26	R 5
	150	150	150	98	88	57	26	26	26	26	26	R 4
	188	150	150	98	88	88	26	26	26	26	26	R 3
	253	254	235	235	208	173	129	88	88	36	26	R 2
	215	218	231	231	237	240	254	254	235	202	137	R 1

# Irroratrici a flussi orientabili



- Adattabili a piante di dimensioni variabili
- Limitazioni nei volumi delle chiome
- Costi elevati



# La visione di un sistema integrato



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



# Diffusione irroratrici di precisione

## In crescita:

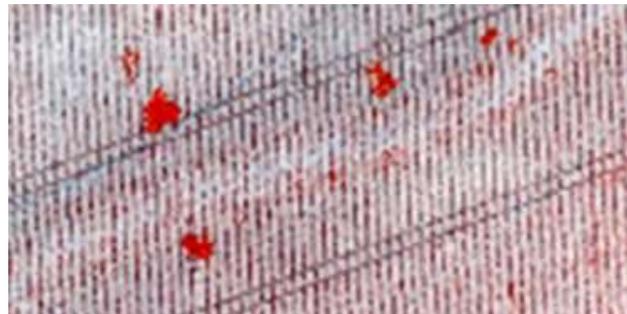
- 6% **barre irroratrici** con monitor di guida e controllo delle sezioni venduti *after market* (circa 200)
- 4-5% **barre irroratrici** portate (40%) o trainate (50%) con controllo delle sezioni
- 10% **atomizzatori a getto mirato** per vigneti con chiusura delle sezioni e controllo del ventilatore elettroidraulico



## Poco diffuse:

dose variabile con mappe o sensori

Fonte: Sartori



Tecniche see&spray: 0,5% area interessata; 87% erbicida risparmiato.

Fonte: Price, 2015



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



Partner di progetto

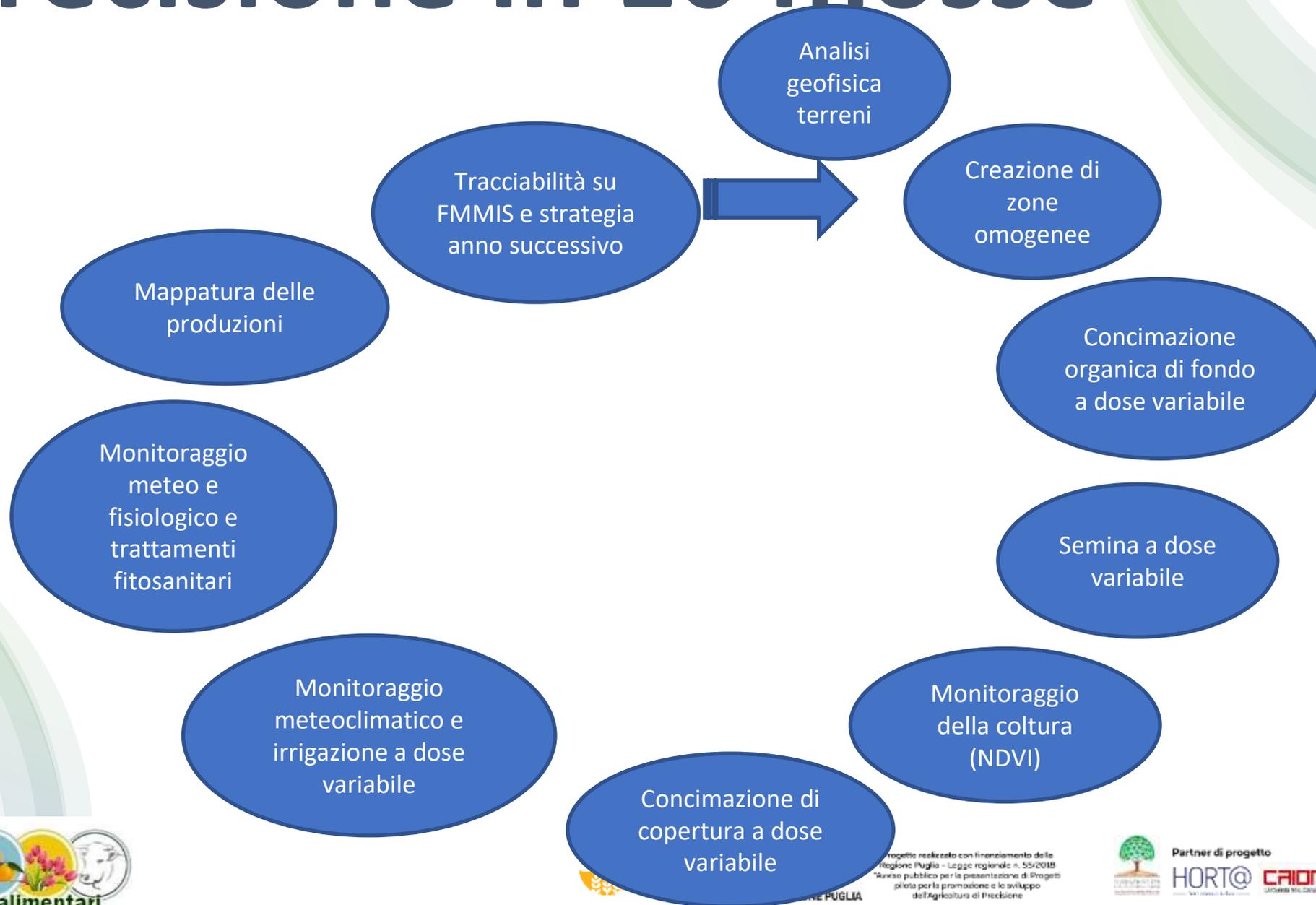
HORT@

CAIONE

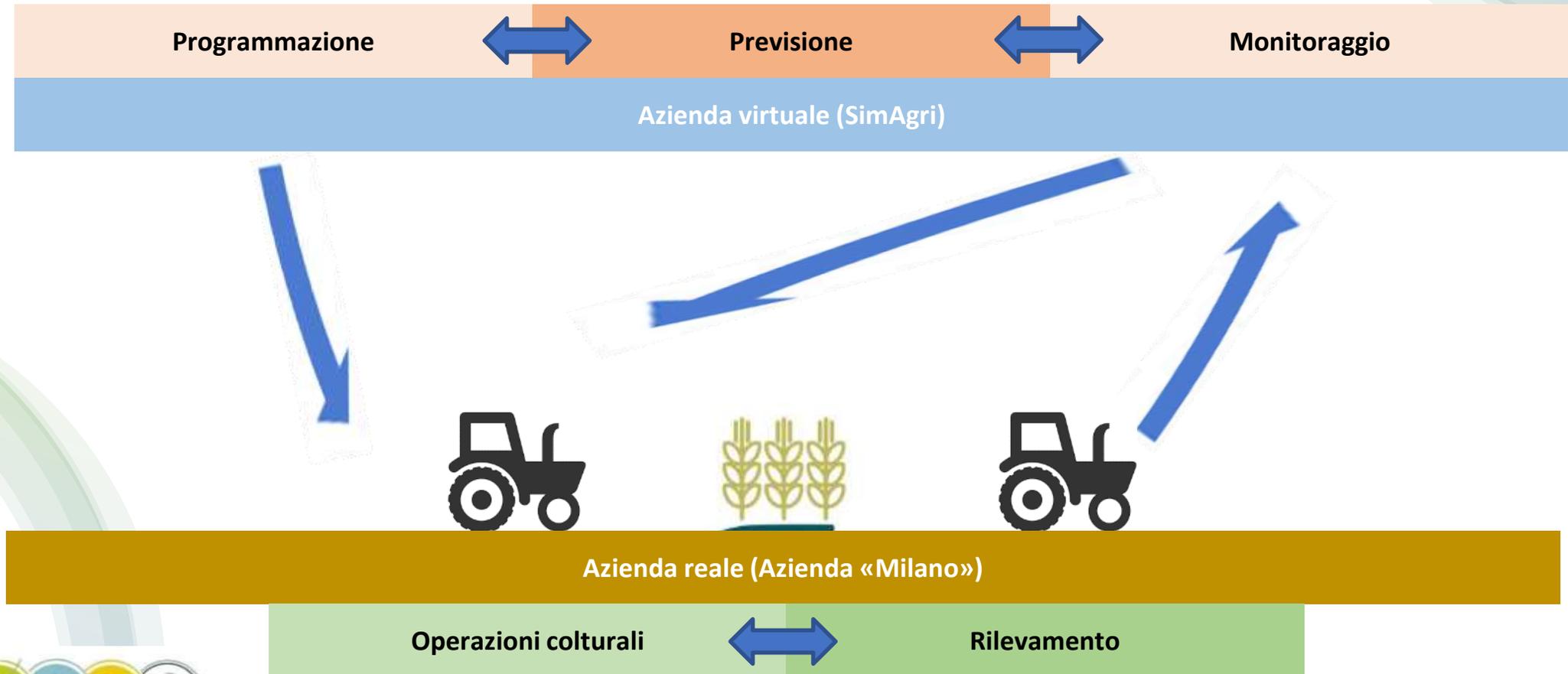
CON.CER

crea

# La precisione in 10 mosse



# Verso ultra-precisione e digital twin



# Il simulatore del CREA

- Strumentazione fisco-virtuale
- Configurabile a seconda delle esigenze
- Indipendente dalla stagionalità e dalle dimensioni aziendali

Visuale anteriore-laterale



Visuale posteriore



# Ricerca e formazione

L'agricoltura di precisione presenta **un'enorme articolazione applicativa** date le **variabili in gioco** (es.: tecnologiche, culturali, ambientali, economiche, meteo-climatiche) e le **prospettive a medio raggio** (es.: cambiamenti climatici, diminuzione delle risorse, crescita demografica, mutazioni sociali, transizione ecologica) **difficili da valutare tutti in stagioni sperimentali reali.**



# Cosa può fare

- Riproduce la funzionalità di un trattore completo di alcune macchine operatrici
- concepito sulla realtà virtuale/immersiva
- sistema “driver in the loop” in cui il guidatore:
  - è immerso nel sistema trattore/ambiente di lavoro/operatrice,
  - controlla i comandi,
  - riceve i relativi feedback.
- Modelli realistici con la possibilità di creare eventi ricostruiti da scenari reali.



Spandiconcime reale



# Principali obiettivi

- Verifica delle scelte progettuali senza ricorrere a sistemi fisici, tranne che per le interfacce con l'operatore (postazione di guida e comandi)
- Indipendenza dalle dimensioni aziendali e da fattori stagionali
- Valutazione dell'influenza e della messa a punto di logiche (es.: tecniche, ambientali, economiche) di operazioni agricole, sia di sistemi già esistenti sia da implementare.

Barra irroratrice reale

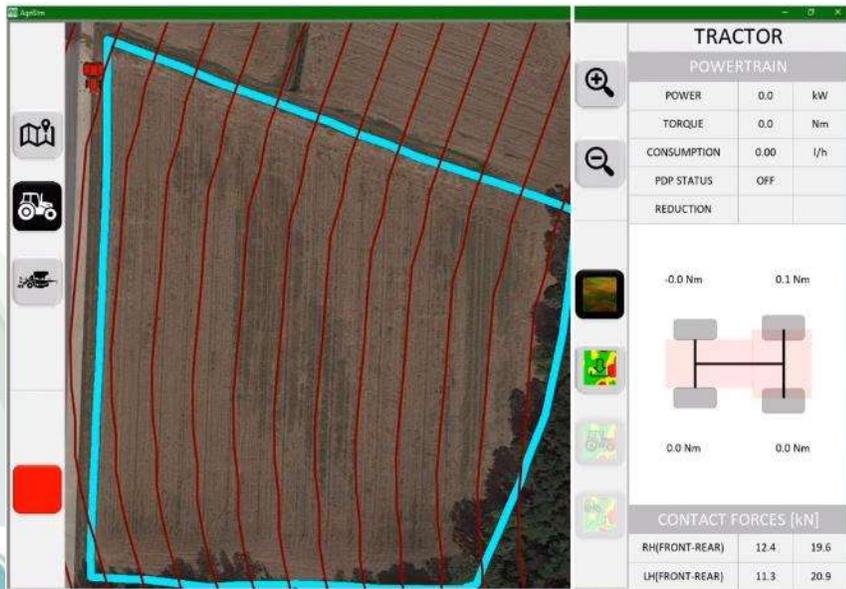


Barra irroratrice simulata



# Strategie di utilizzo

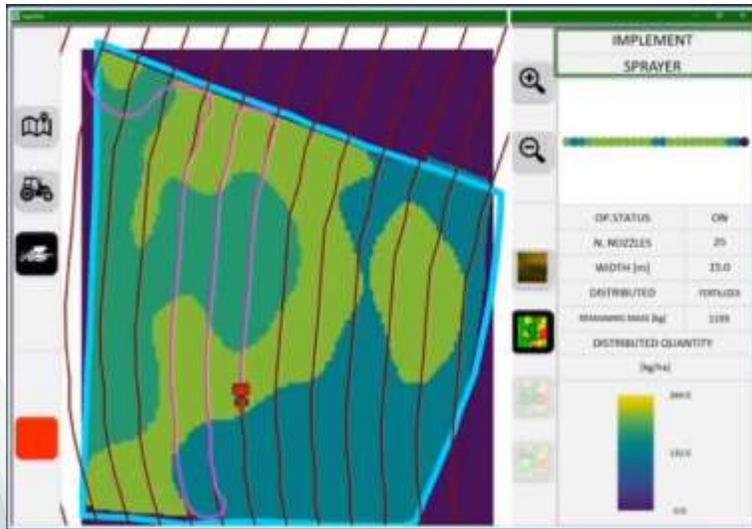
- confrontare strategie di guida al fine di minimizzare sovrapposizioni, compattamento, perditempo nelle svolte, affaticamento dell'operatore, consumo di carburante e spreco di input agronomici
- **uploading di mappe di prescrizione per valutazioni VRT** (quante zone omogenee, quanto grandi, quante variabili considerare, ecc...)
- **utilizzo di sensori *on-the-go* per applicazioni VRT**
- confronto di diverse strategie agronomiche per scegliere quella ottimale



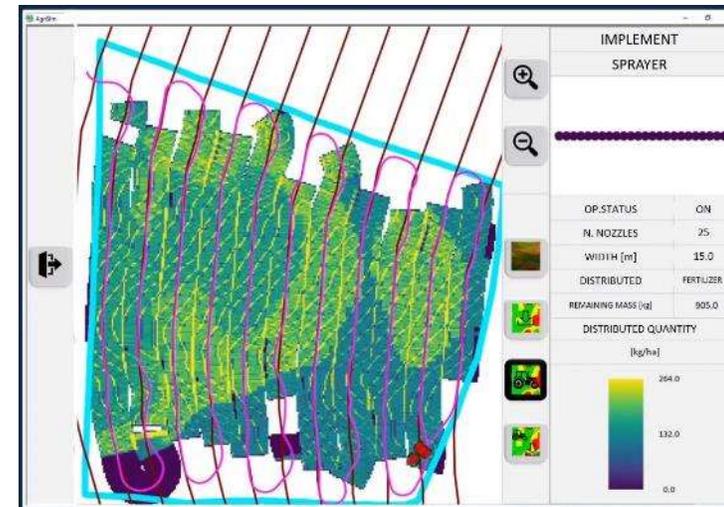
# Comunicazioni M2M

E' possibile simulare:

- la prescrizione agronomica secondo mappe;
- la gestione di operatrici ISOBUS;
- la gestione delle distribuzioni a rateo variabile (VRT);
- la georeferenziazione delle dosi;
- **il monitoraggio dell'errore**



Dose target



Dose distribuita



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@

CAIONE

CON.CER



# Feedback

Nell'ambito dell'agricoltura di precisione il simulatore consente di:

- variare il grado di precisione dell'operatrice (es.: controllo delle sezioni di lavoro);
- variare la larghezza di lavoro dell'operatrice;
- variare il grado di dettaglio delle mappe di prescrizione;
- confrontare forme e dimensioni diverse degli appezzamenti;
- **definire strategie e traiettorie di guida.**

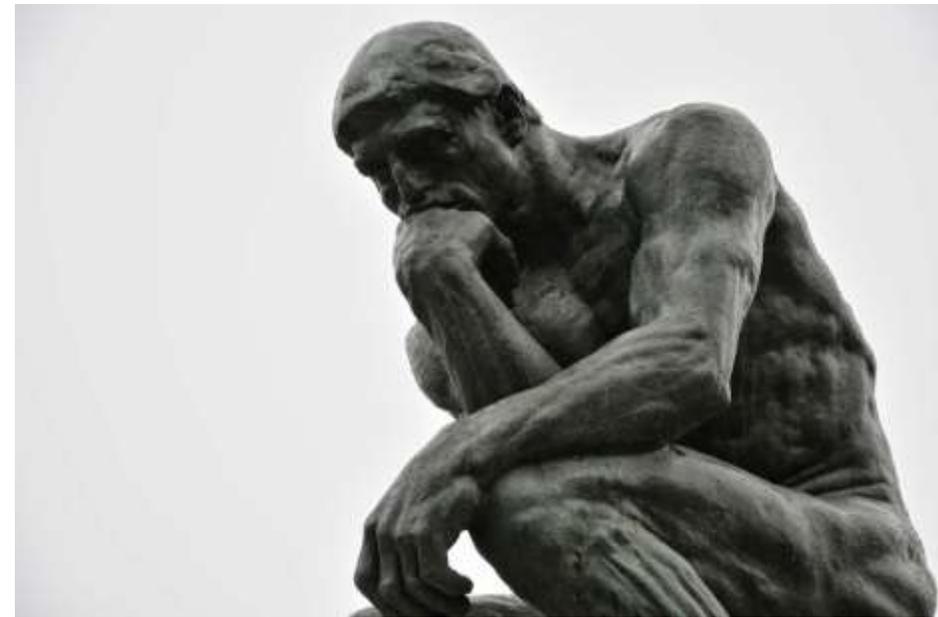


# Ripensare il futuro

"Vi è ancora molto da fare, ma per costruire un futuro più certo è necessario aprire la mente all'innovazione non dando per scontata una scelta solo perché la stessa ci giunge dal passato"

L. Benvenuti, *Stimolare l'innovazione*, Editoriale, *Macchine agricole*, marzo 2017

- Nuovi prodotti
- Nuovo valore aggiunto
- Nuovi modelli di sviluppo
- Nuovi processi produttivi
- Formazione a tutti i livelli
- Sostegno pubblico per i benefici di tutti



# *Grazie per l'attenzione*



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

