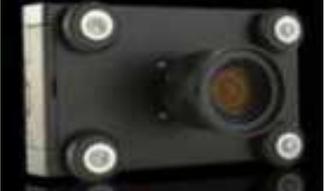
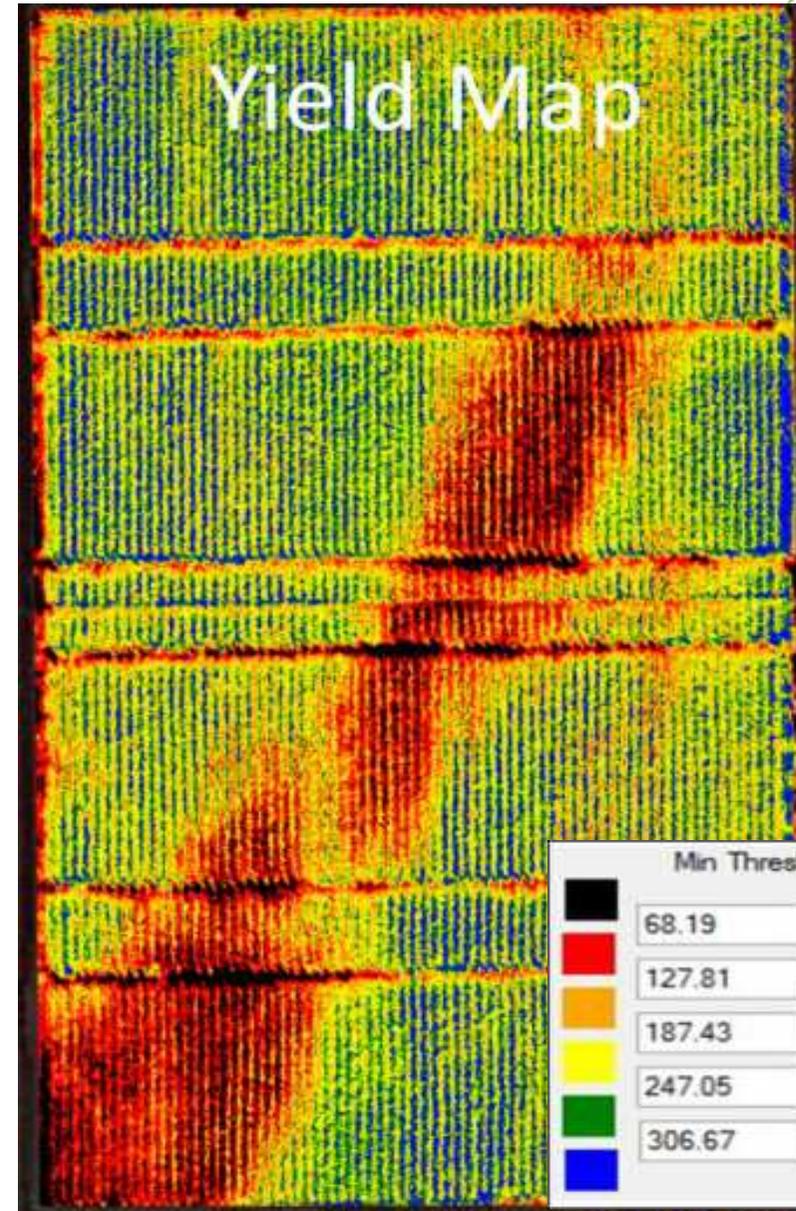


Quale sensore e per fare cosa?

Tipo di sensore	Banda spettrale	Applicazioni	Strumentazione + stabilizzatore
RGB	Red, Green, Blu 400 – 700 nm	Immagini nel campo del visibile (ortofoto, modelli 3D)	
NIR	Near Infra-Red 700 – 1500 nm	Agricole e forestali	
Multi o iperspettrale	Diverse bande	Telerilevamento, agricoltura di precisione	
Termico	Infrarosso 700 – 10 ⁶ nm	Agricoltura di precisione	
LIDAR	Light Detection And Ranging Diverse bande	Telerilevamento, forestali e agricole	

Fonte: Pinto e Sona, 2015



Esempi di applicazioni: stress idrico e immagini termiche



Immagine nel campo del visibile

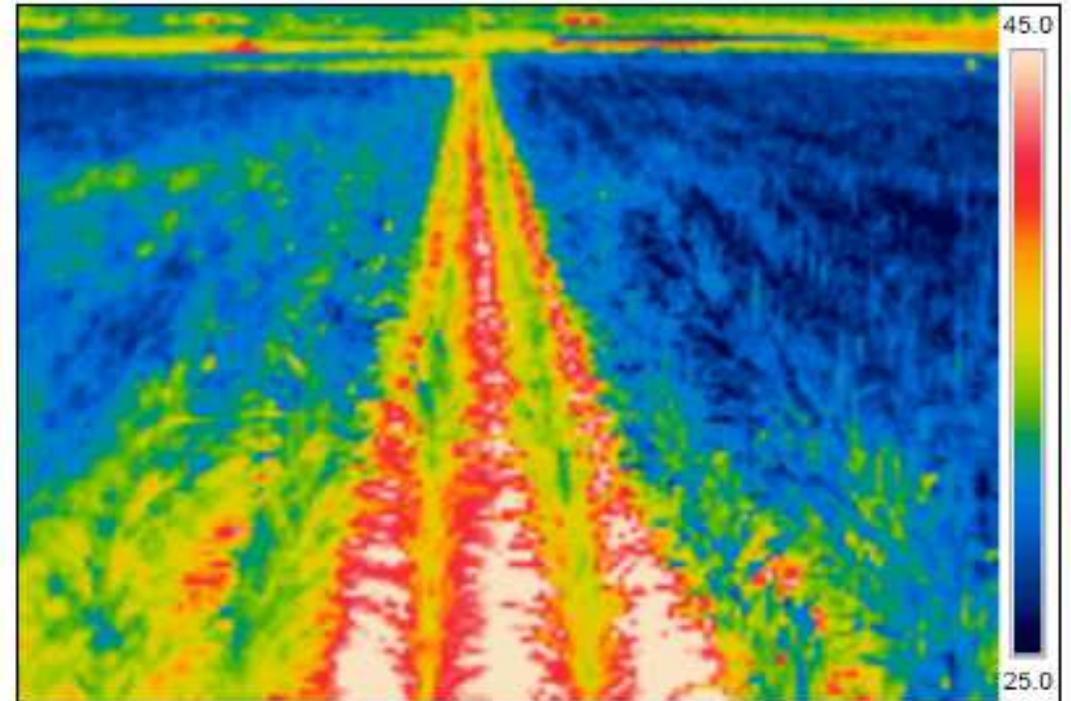


Immagine termica

Fonte: Taghvaeian et al., 2013

Esempi di applicazioni: feedback dopo diserbo



Fonte: Price, 2013

Esempi di applicazioni: sviluppo colturale



Fonte: SpectroFly, 2015

Esempi di applicazioni: aree non facilmente accessibili



Valutazione di danni in aree non facilmente accessibili

Fonte: Marinello e Sartori, 2016

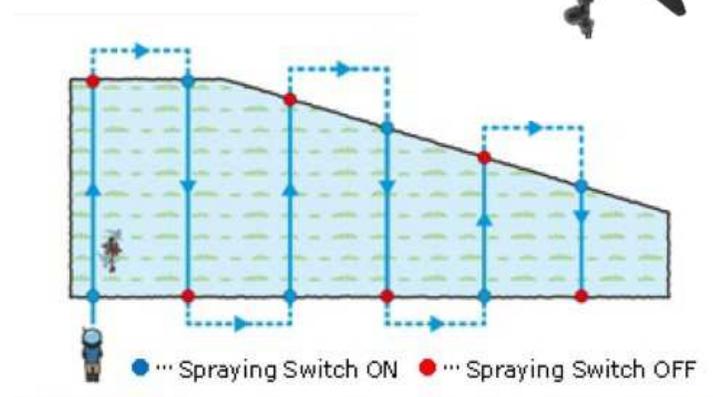
Distribuzione di precisione in aree non facilmente accessibili



Attualmente l'unica soluzione sono i distributori portatili a spalla



Caratteristiche: 10 kg di portata
1.0 -1.5 ha autonomia per ogni volo



FutureFarming, 2018

Applicazione diretta di fertilizzanti



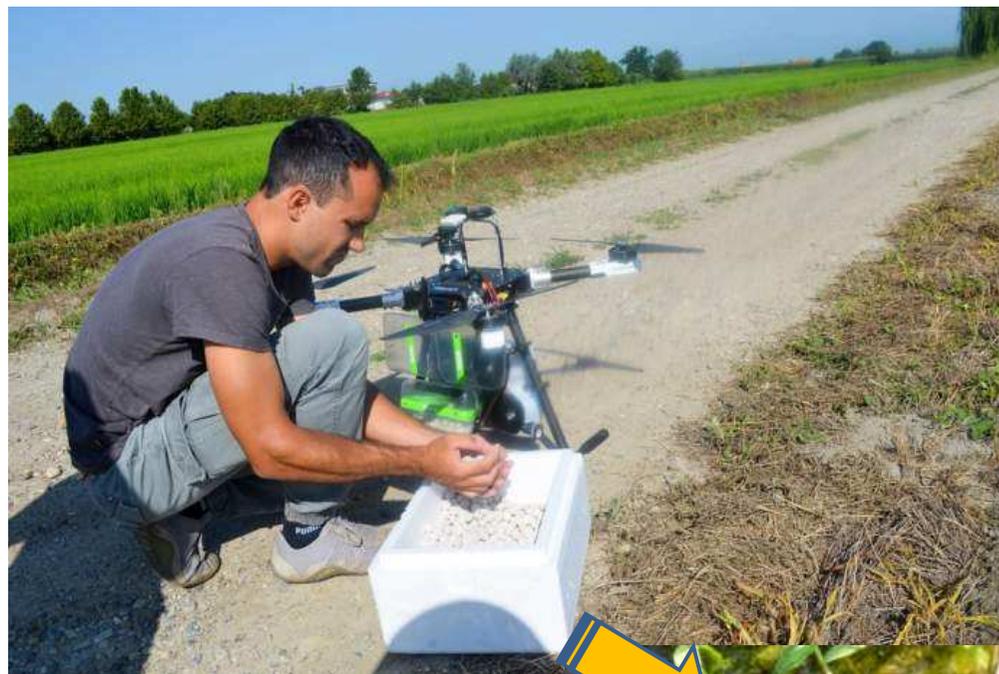
Rotore
singolo

Caratteristiche: 8 rotori, 80 kg peso, 4 m diametro, 30 kg portata (ca.)
40 min autonomia per ogni volo, 20 min tempo di ricarica

Fonte: Rauch, 2017

Esempi di applicazioni: agricoltura biologica

Capsule di cellulosa contenenti predatori di fitofagi (es. *Bacillus thuringiensis* spp., *Trichogramma brassicae*, *Phytoseiulus persimilis*, ecc.)



In futuro anche polline?

Piattaforma	Costo (€/ha)	Risoluzione spaziale (m)	Risoluzione temporale (gg)	Risoluzione spettrale	Risoluzione radiometrica
	Gratis ~ 0,01 ~ 0,3	10-20 5 2	1-30 (dipende dalle nuvole) + elaborazione ~ 1-10	4-10 bande ampiezza 15-70 nm	*
	~ 60 ~ 70-120	0,05-0,15	A richiesta + elaborazione ~ 2-7	2-4 bande ampiezza 50-200 nm	**
	~ 4-15	0,5-5	A richiesta, dati immediati	2-4 bande ampiezza 3-20 nm	***

Interferenze ambientali sui sensori: l'importanza della taratura



Fonte: Jensen 2014

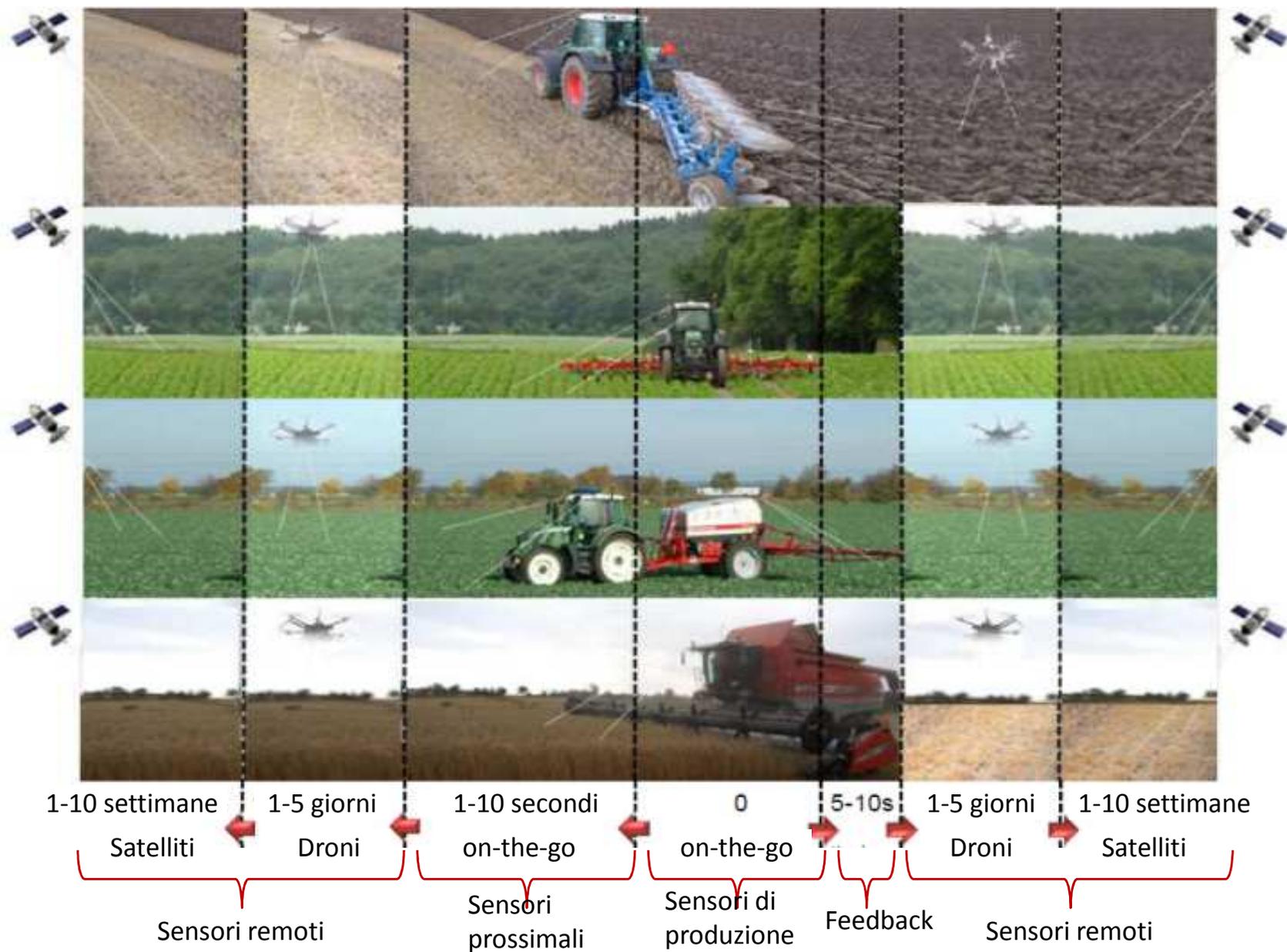
Esempi di epoche di sorvolo e integrazione dati

Lavorazioni e semina

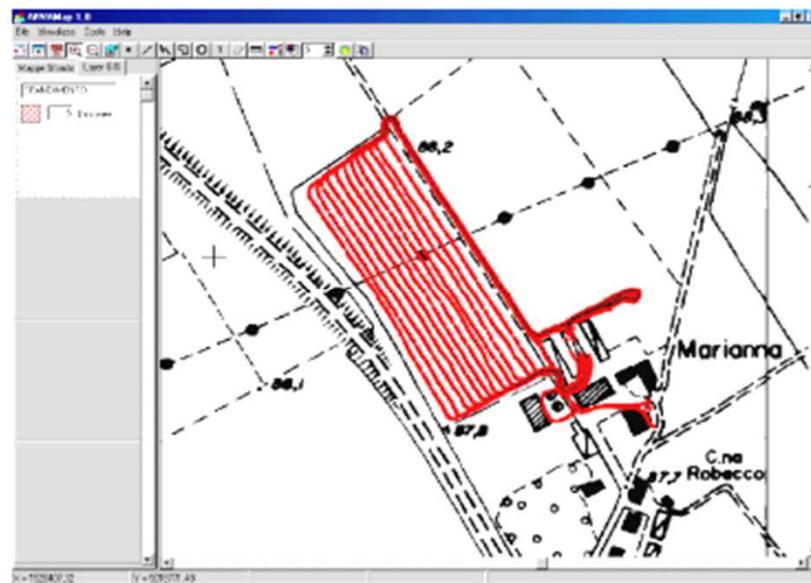
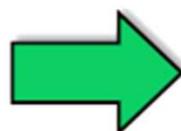
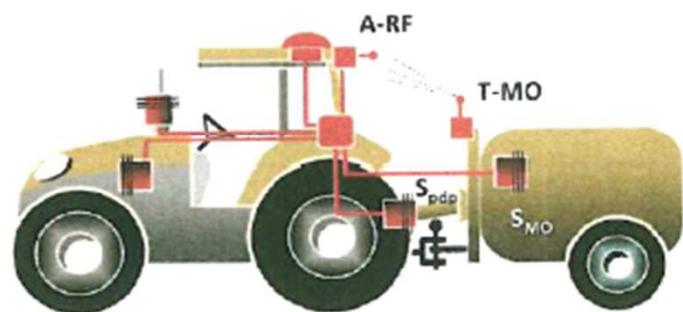
Trattamenti fitosanitari/diserbo

Fertilizzazione

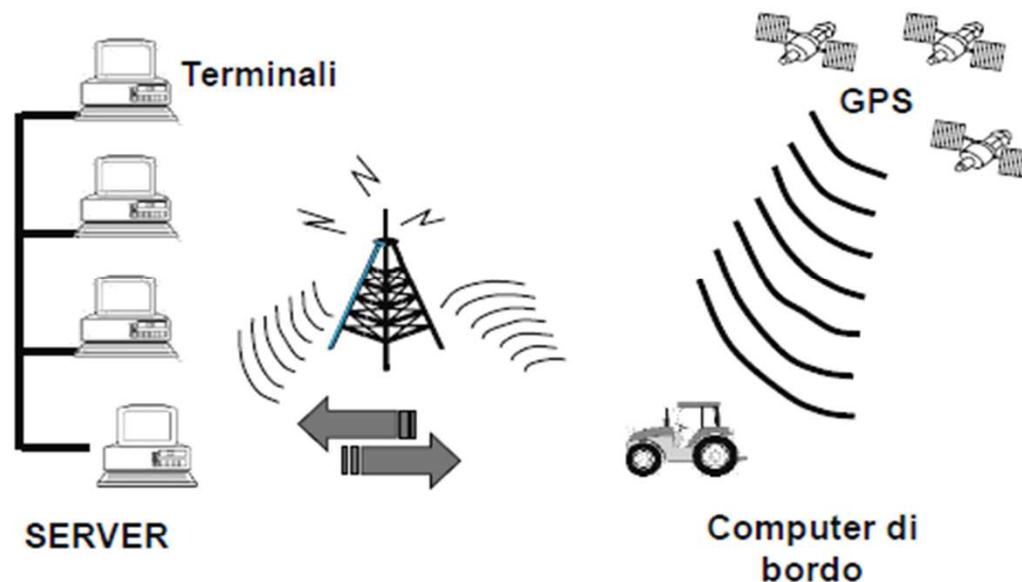
Raccolta

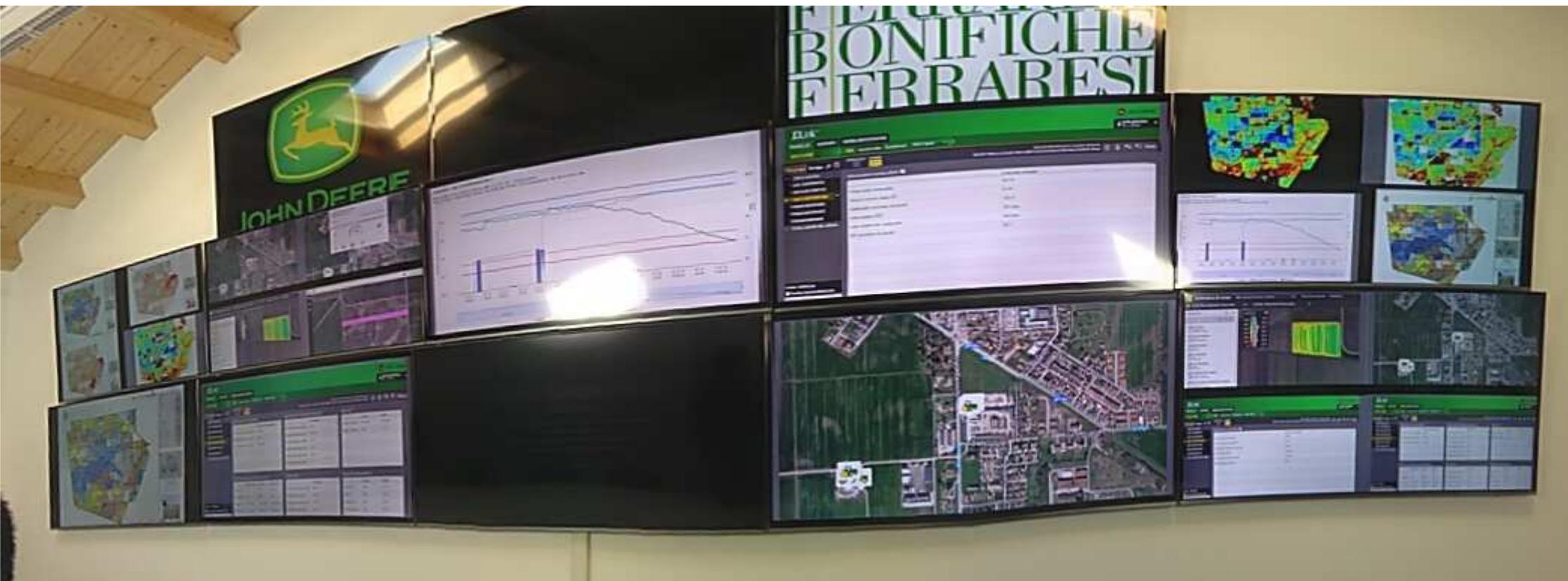


Fonte: Christensen, 2015



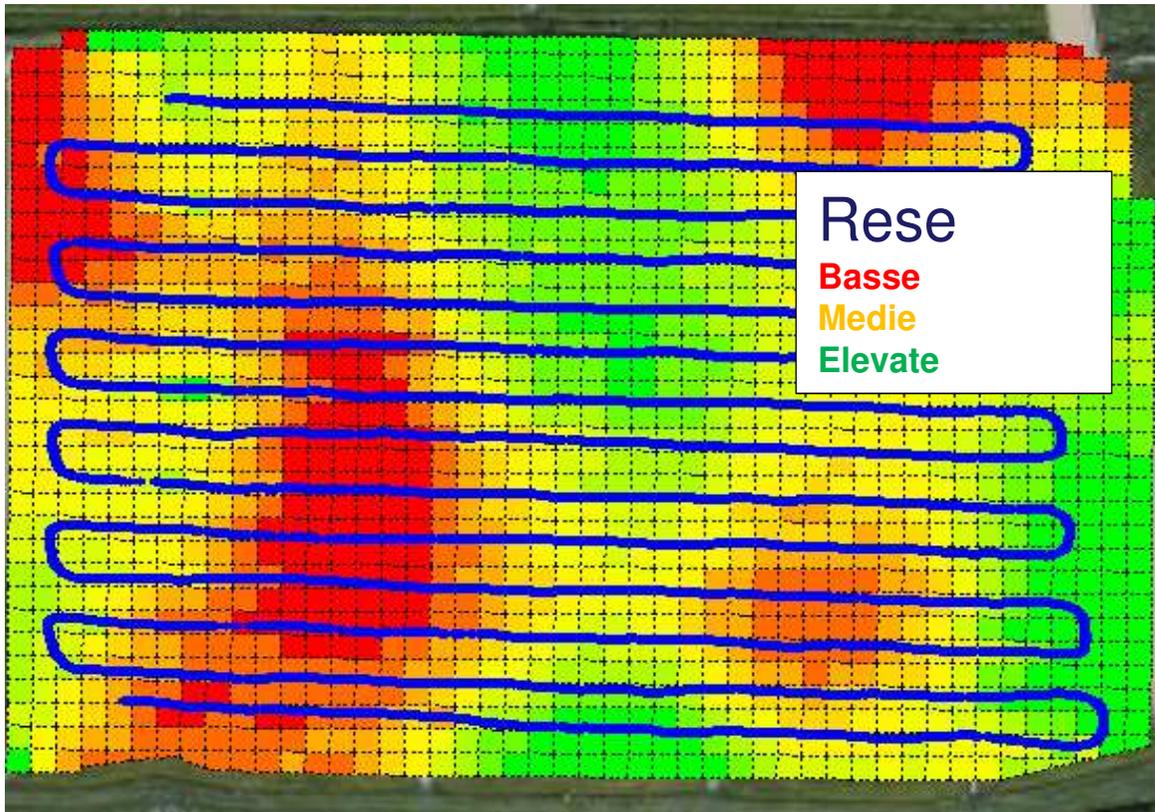
- Sistemi di telemetria
- Gestione flotte
- Quaderno di campagna
- PUA
- Verifiche SAU





Esempio di un'azienda agricola di 5.500 ha

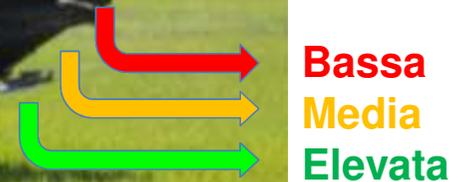
Applicazioni a **dosi variabili** basate su mappe di prescrizione



Mappa di prescrizione

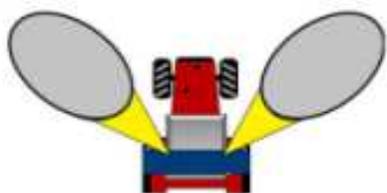
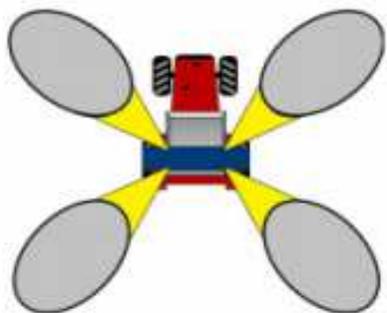


Dosi



Trattamenti specifici riducendo costi, sprechi e impatto ambientale

Applicazioni a dosi variabili a controllo diretto



Yara N-sensor



Topcon CropSpec



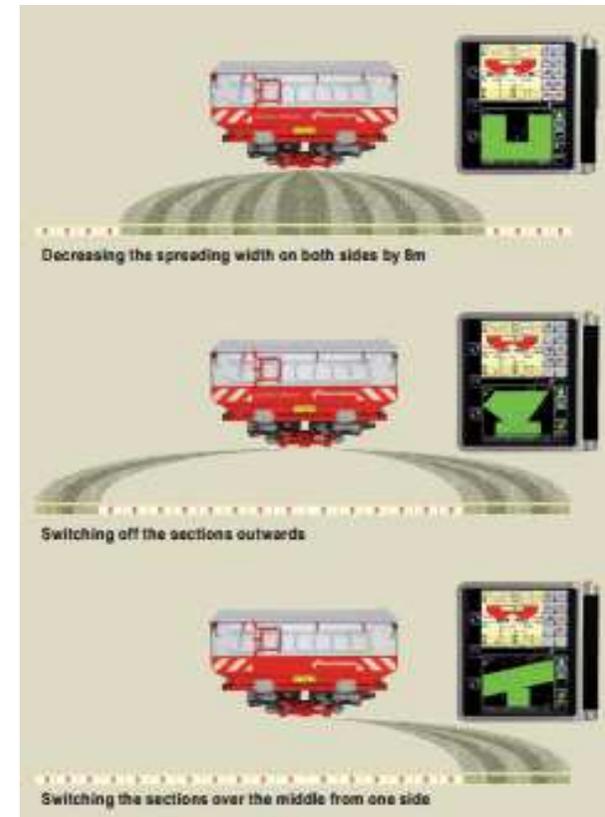
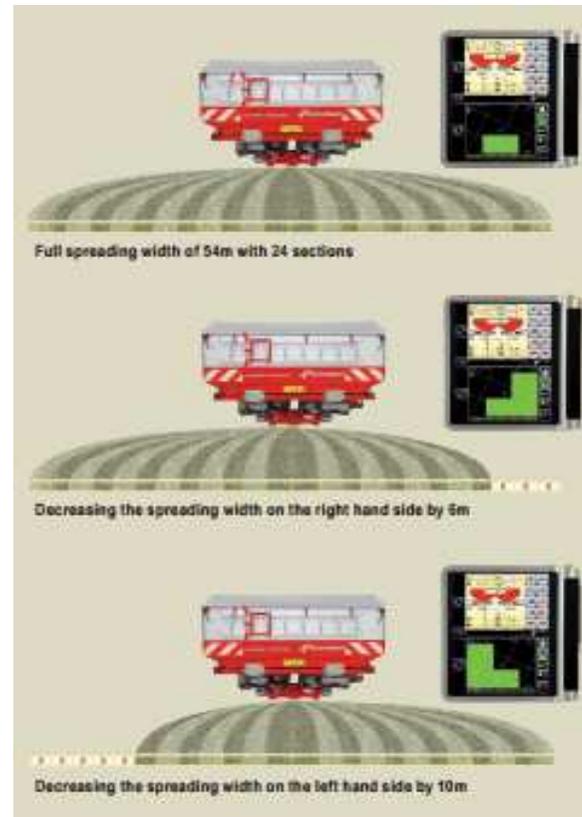
Trimble GreenSeeker

**Trattamenti specifici
riducendo costi,
sprechi e impatto ambientale**

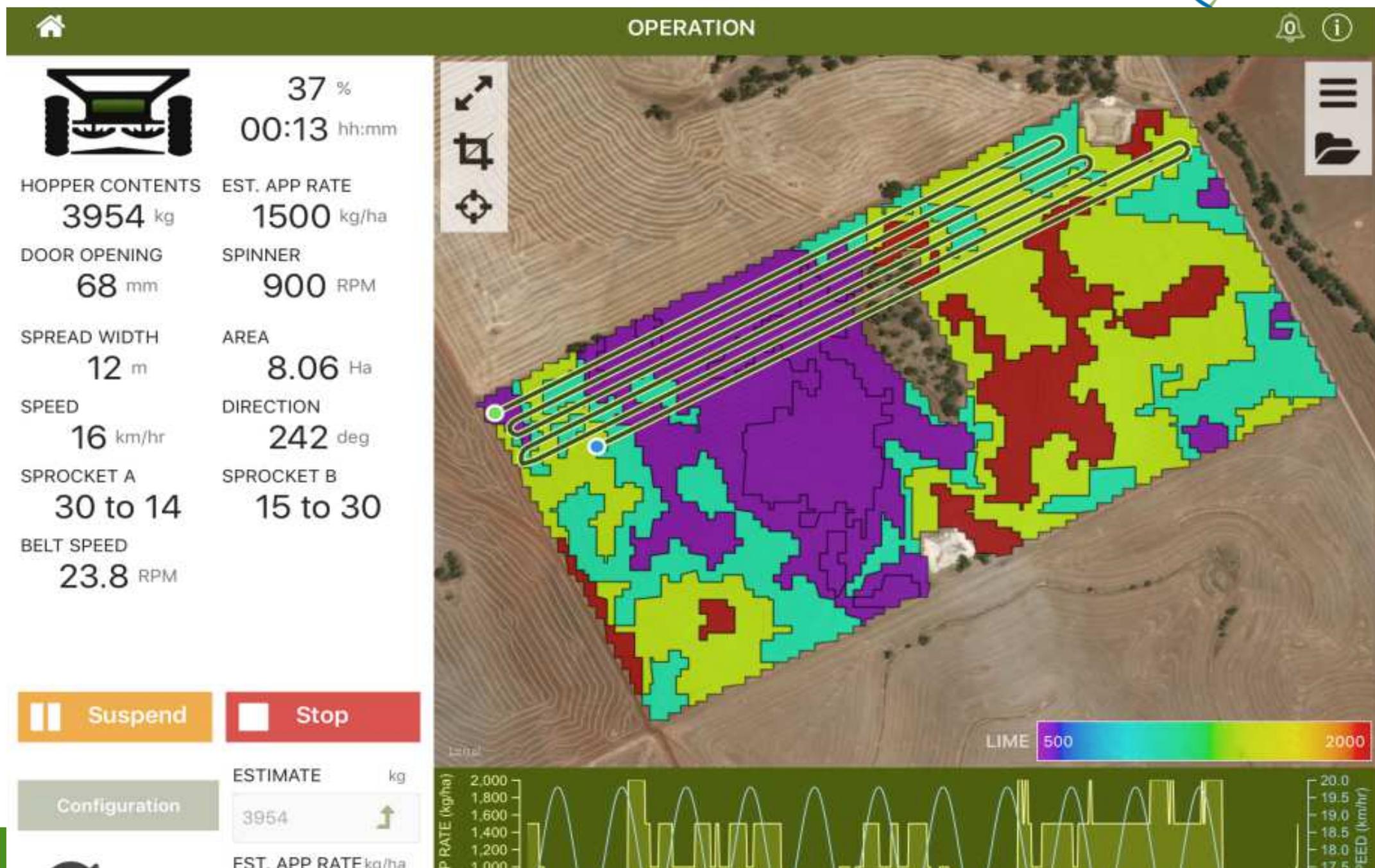


Esempio di macchine a rateo variabile: gli spandiconcime centrifughi

- Macchine di larghissima diffusione
- Fondamentali le caratteristiche balistiche dei fertilizzanti (forma, massa volumica) nel determinare la larghezza di distribuzione e, quindi, la taratura del sistema
- Introdotti notevoli innovazioni per variare lo schema di distribuzione
- Gestione ISOBUS (SC, TC, TC-SC, TC-GEO)

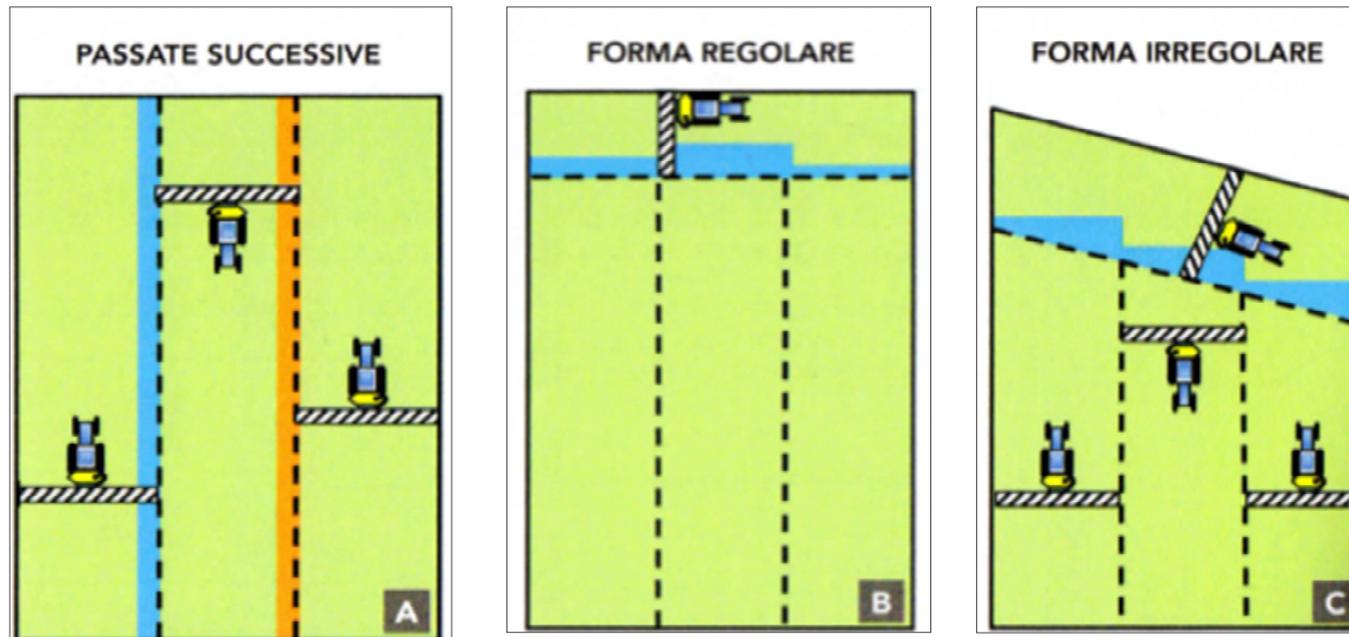


Esempio di interfaccia uomo-macchina

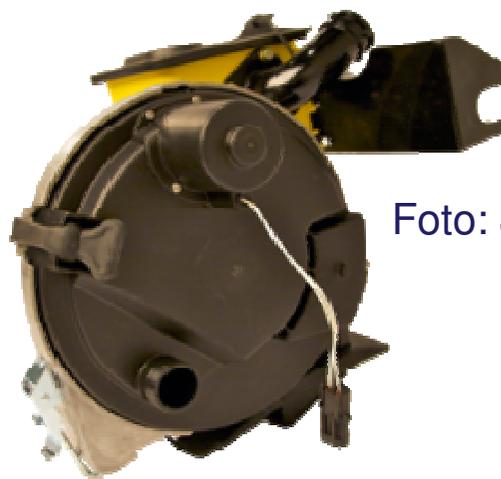
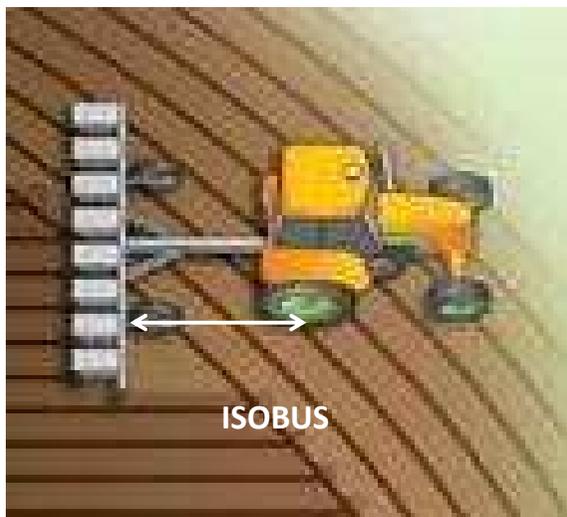


Situazioni possibili

- Forme irregolari degli appezzamenti
- Bordi inclinati
- Sovrapposizioni tra passate successive
- Sovrapposizioni in testata



Semina a sezioni variabili

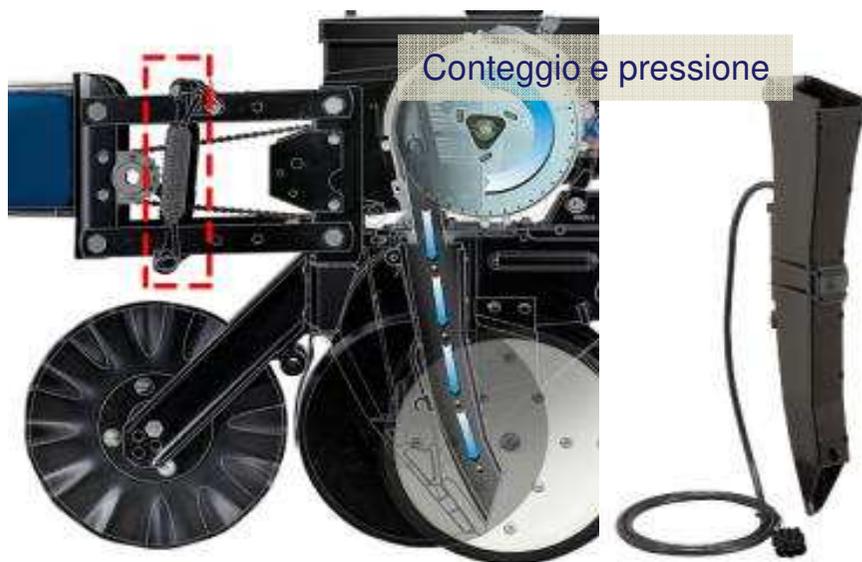


Pneumatici
Foto: John Deere

Elettrici
Foto: AgLeader



Diffusione di attuatori specifici



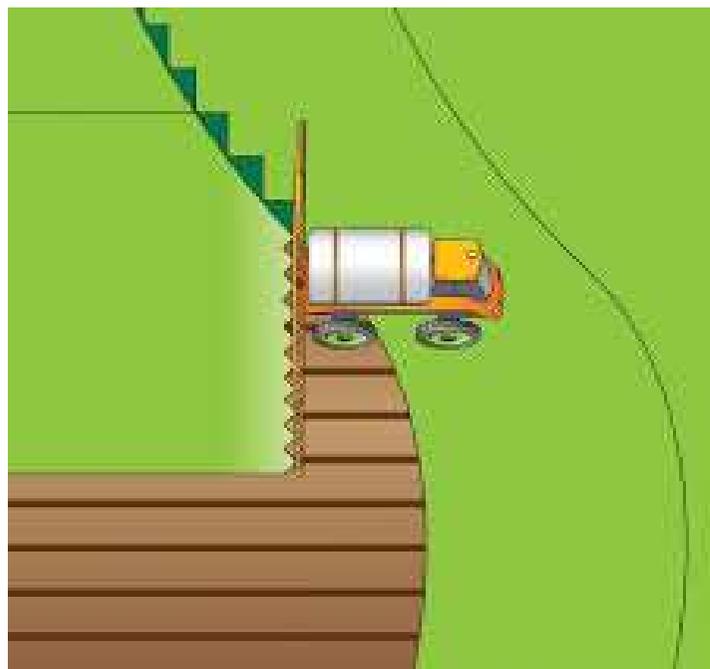
Fonte delle immagini: Kinze



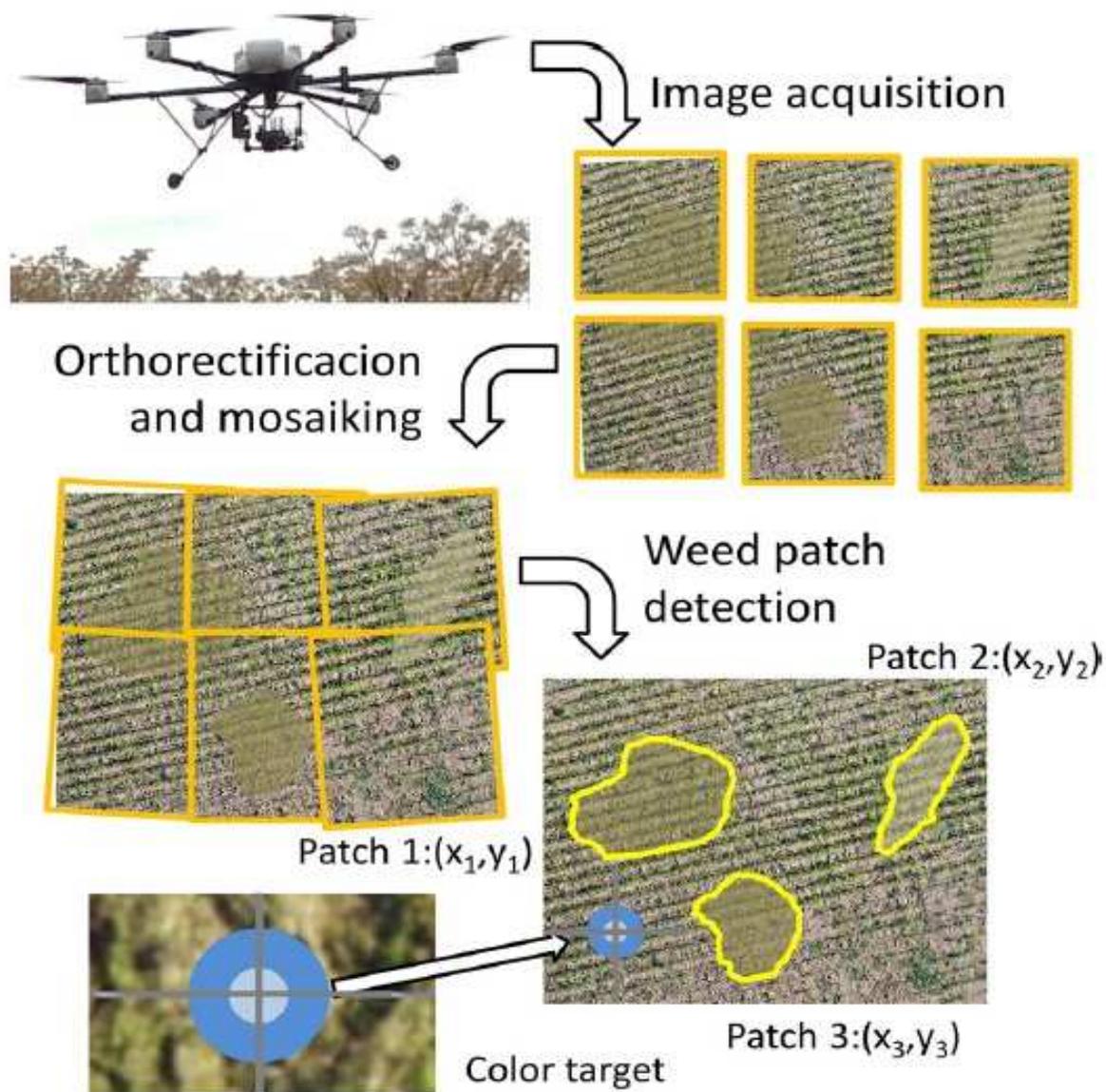
Trattamenti con barre a sezioni variabili



- Distribuzione **proporzionale** alla velocità di avanzamento.
- Controllo automatico delle **sezioni** (elettrovalvole, ISOBUS TC).
- Controllo **altezza** e **parallelismo** barra.
- Controllo degli **ugelli**

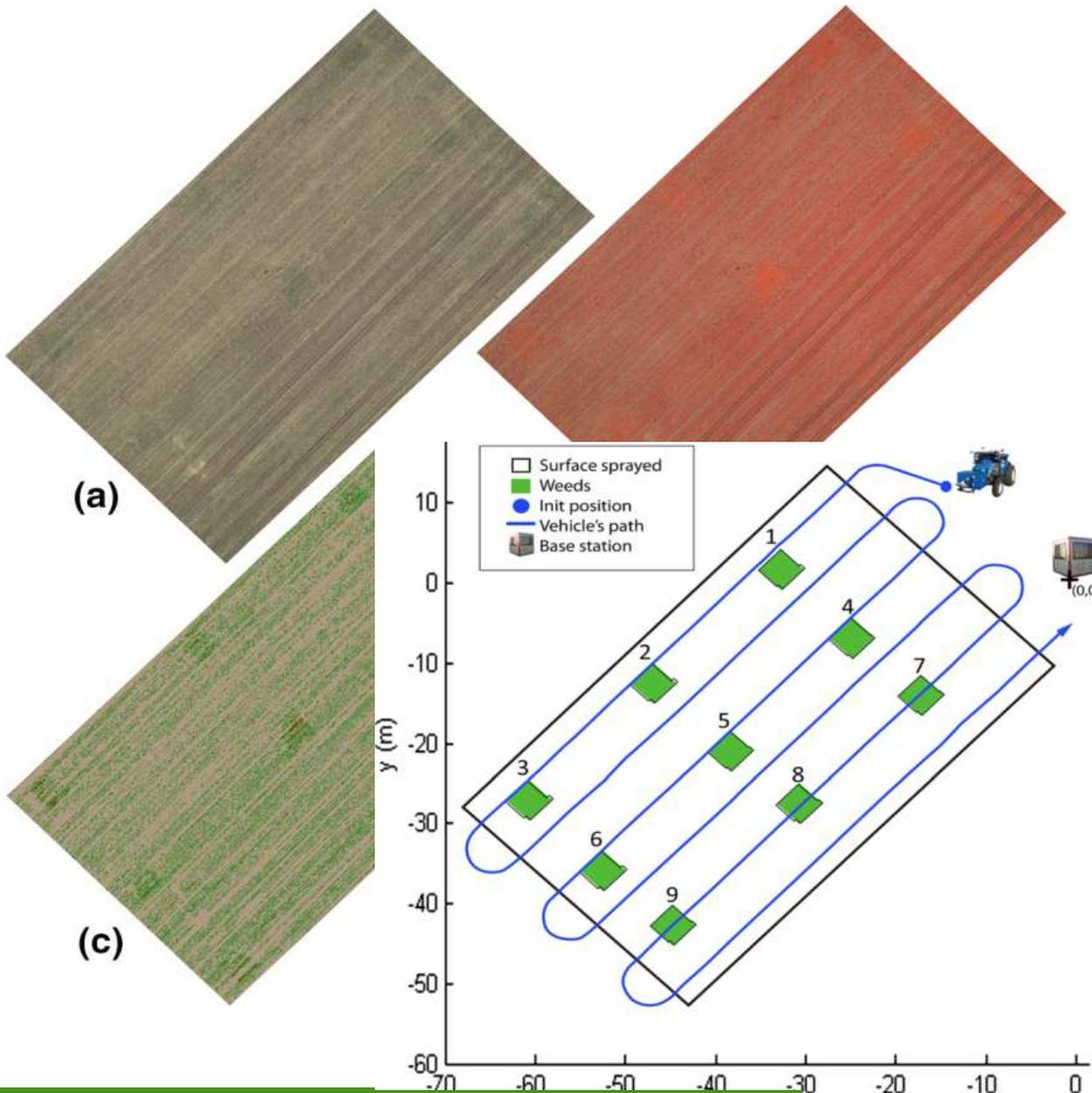


Esempi di applicazioni: mappatura malerbe



Fonte: Gonzalez-de-Santos et al., 2016

Mappe di prescrizione per trattamenti “spot”



- a) RGB image of the crop
- b) NIR image of the crop
- c) Weeds map (crop in green, soil in brown, weed in red)
- d) Prescription map (0,5 x 0,5 m) for spot sprayers

Fonte: Gonzalez-de-Santos et al., 2016

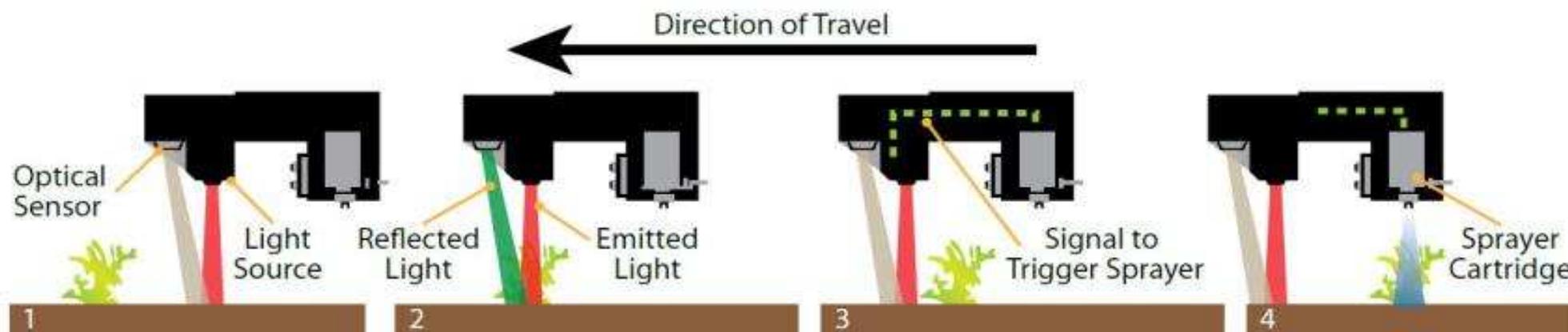
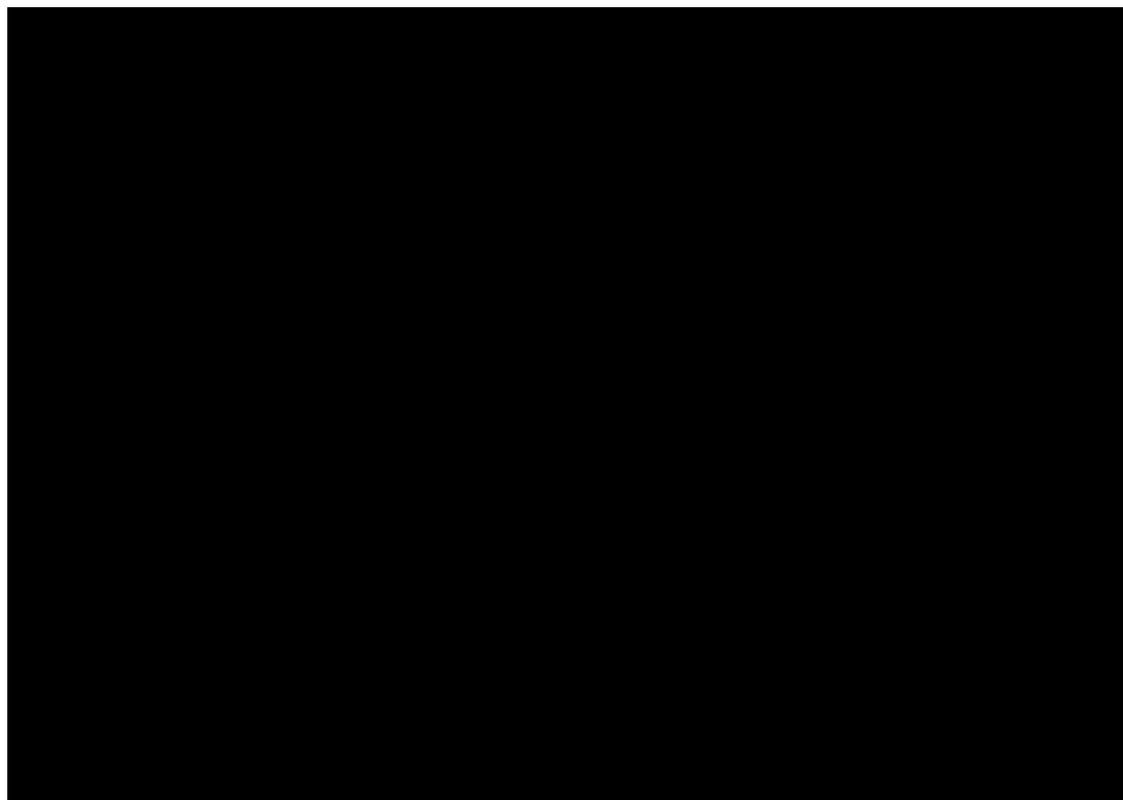
Un caso estremo di barra a sezioni variabili: i trattamenti mirati (spot spraying)



(Fonte dell'immagine: Trimble agriculture)

- 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

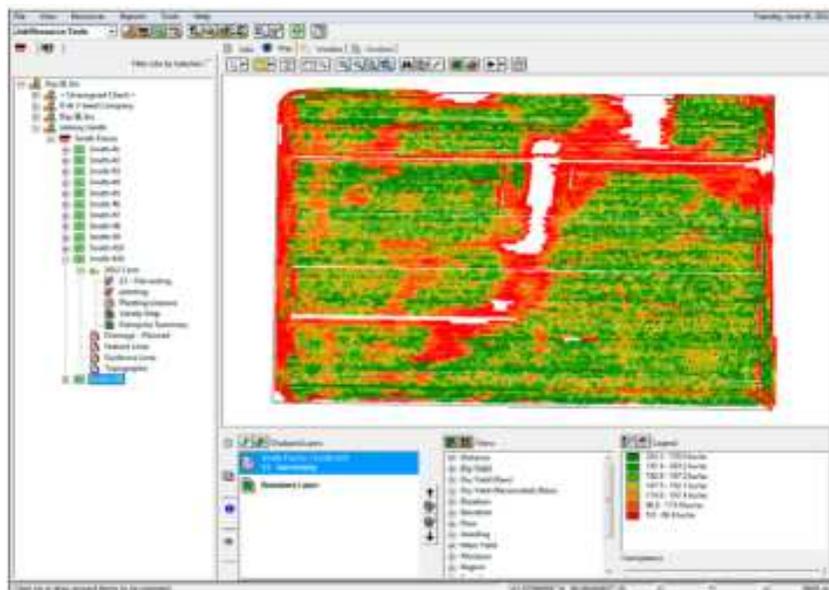
Principio di funzionamento



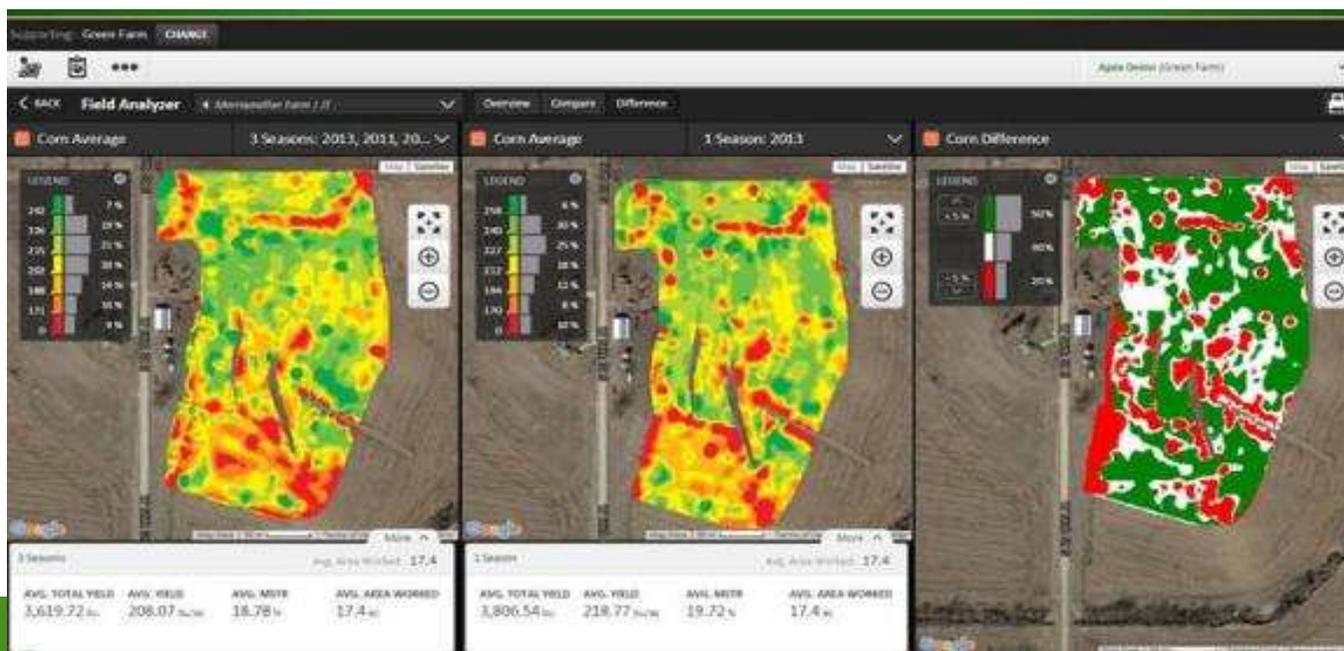
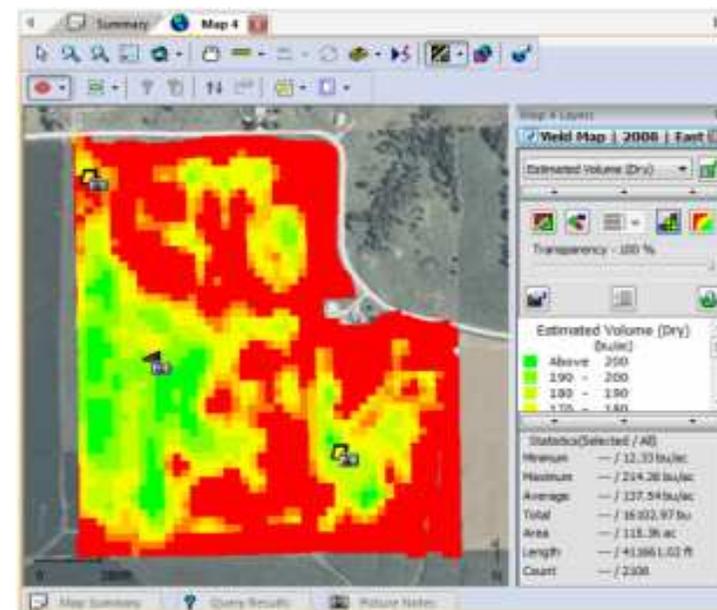
(Fonte dell'immagine: WeedSeeker)

Sistemi di supporto alle decisioni (SSD)

Trimble Farmworks®



Ag Leader SMS®



John Deere Operation Center®

Rappresentano la vera sfida dell'immediato futuro: usare i dati generati dalle macchine e dai sensori per fornire suggerimenti gestionali (meteo, mercati, trattamenti, ecc.)

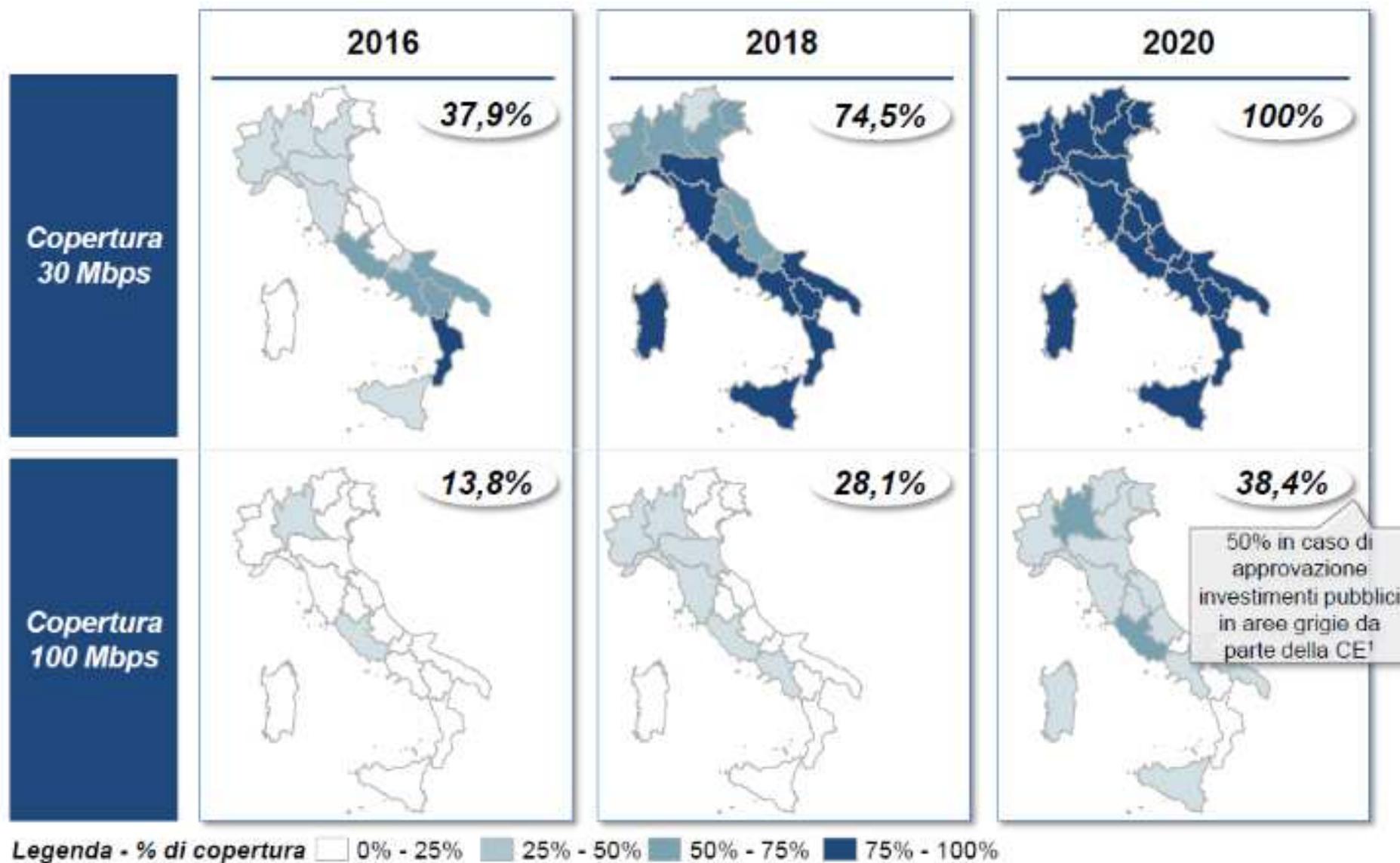
Lo sviluppo dell'automazione



- Texture plus grossière, plus riche en matière organique
- Texture fine, riche en matière organique
- Texture plus grossière moins riche en matière organique
- Texture fine, moins riche en matière organique
- Sol médian



Connettività ed inter-operabilità: il Piano Banda Ultra Larga



Fonte: Piano Banda Ultralarga MISE, Infratel, 2016)

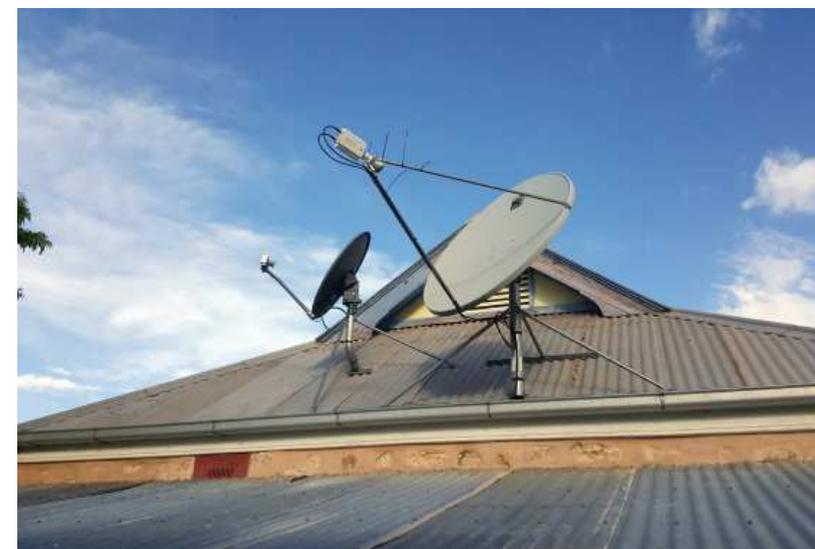
E ... se internet non c'è?



Ponte radio wifi



Fibra ... autoposata



Via satellite: una soluzione costosa in assenza di alternative

IN EUROPA

- **Auto-guida e VRT** considerate le tecnologie principali per generare entrate.
- Stima di penetrazione dei **GNSS** sui trattori **dal 7,5%** del 2010 **al 35%** nel 2020;
- Prevista **riduzione dei prezzi**, i GNSS/attrezzature e servizi RTK >

IN ITALIA

Mappatura delle produzioni

Mietitrebbie con mappatura = 10% sup cerealicola e falciatrinciacaricatrici sensorizzate (resa, qualità e umidità)

Sistemi di guida GNSS

Settore più avanzato: kit guida 7-8% trattori after-market, guida semi e automatica 1% trattori nuovi

ISOBUS

Lievi incrementi per «scarsa» competenza: solo 10% trattori alta potenza, 3-5% attrezzature

Controllo automatico attrezzature

Controllo sezioni 6% after-market, 4-5% nuove; spandiconcime di precisione 10% nuovi

VRT

Distribuzione dose variabile con mappe prescrizione 200 aziende in tot



Fonte: Sartori, 2016

Nuovi servizi digitali in e per l'azienda



- **Fornitura di mappe** (vegetazione e terreno)
 - 6.000 ha su suolo (ARP e EM)
 - 5.000 ha per momento irriguo
 - vegetazione (NDVI, droni)
- **Immagini satellitari**
- **Gestione delle flotte** (soprattutto contoterzisti)
- **Gestione dato e consulenza agronomica**
- **Agro App** sistemi smart di supporto informativo e decisionale (meteo, prezzi, leggi e documentazione) su mobile device
- **Sistemi Supporto alle Decisioni** - modellistica predittiva

Sartori, 2016

Volume d'affari previsto in futuro superiore a quello dei sistemi di guida

Aspetti critici: informatizzazione agricola



- Aziende agricole informatizzate: 70.000 (4%) (Istat, 2012)
- Aziende che navigano frequentemente sul web: 21.000 (1,2%)
- Età mediana degli imprenditori agricoli: fra i 55 e i 59 anni
- Redditi dichiarati dalle aziende (Istat, 2010):
- 81% meno di 25.000 €/anno
- 6% superiore a 100.000 €/anno

Pochi imprenditori agricoli dispongono delle competenze e risorse necessarie per gestire cambiamenti così dirompenti

Digital divide

Accesso giornaliero a internet
popolazione italiana

Fonte: Audiweb database 2015

Sartori, 2016



7 italiani su 10
posseggono uno
smartphone



il codice sorgente o lo schema hardware è libero e disponibile per eventuali sviluppatori

3D printing

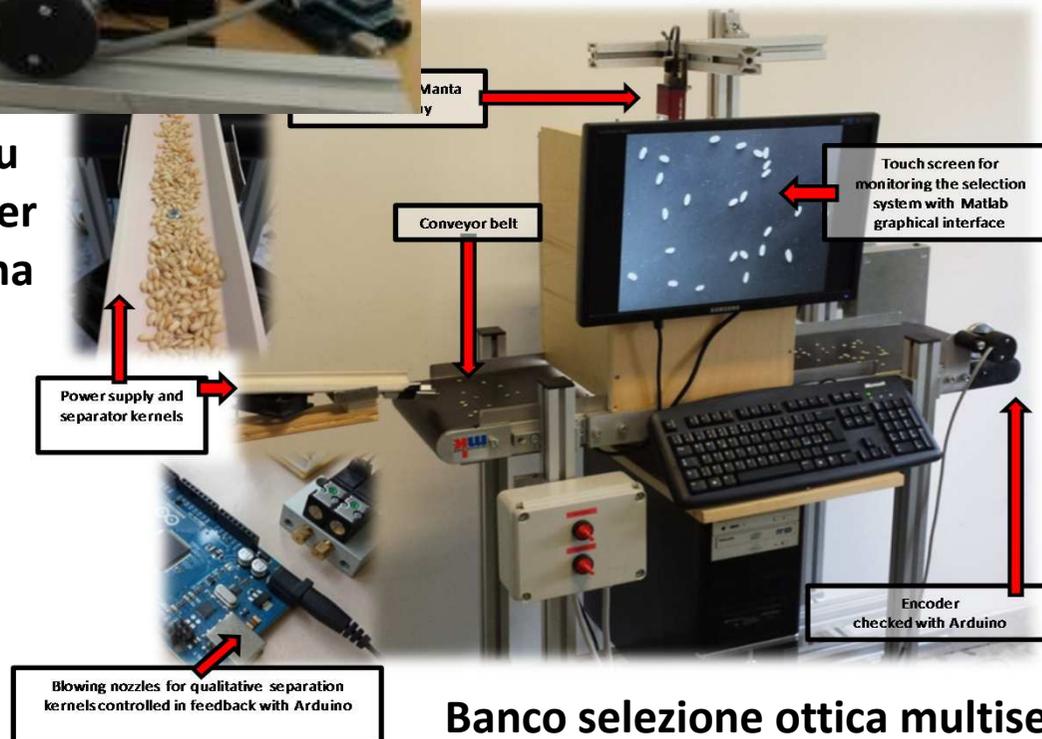


- costi componenti bassi
- costi sviluppo: adattabili
- affidabilità: variabile
- molto utile in R&S

Microlidar su semovente per misura chioma vigneto



Letture RfId per smartphone



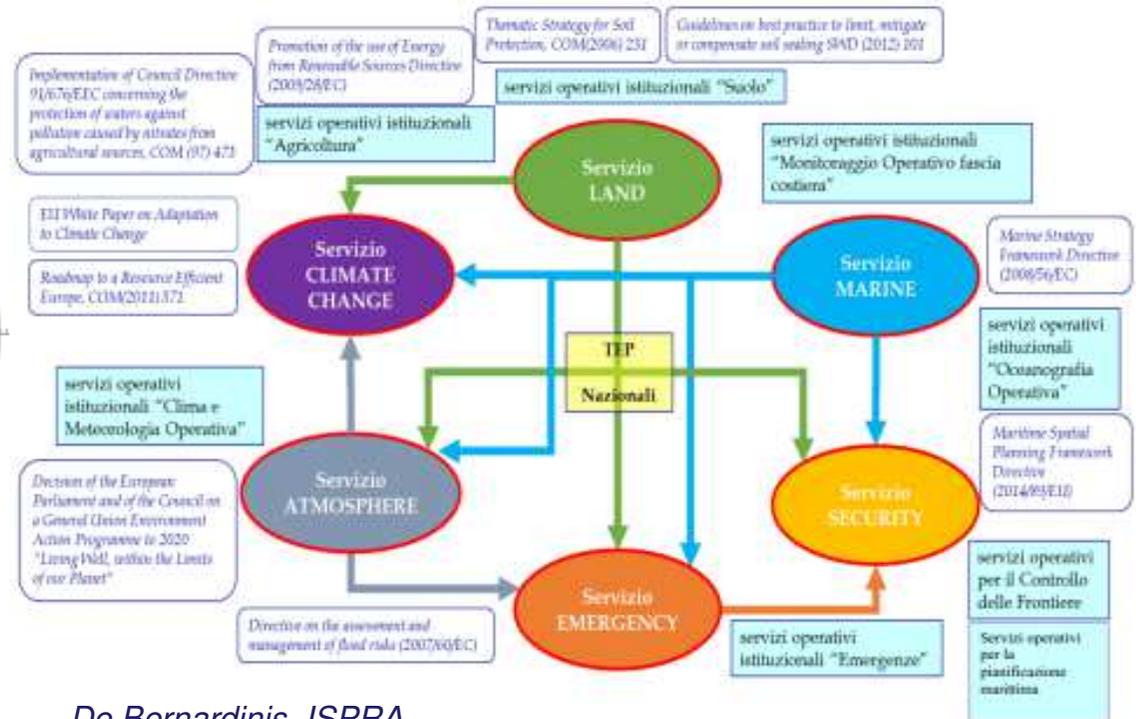
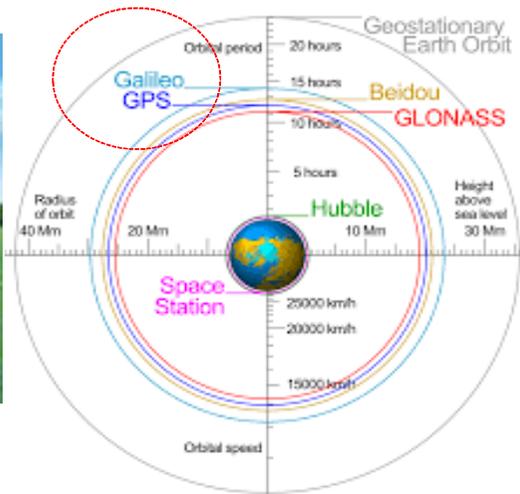
Banco selezione ottica multisensore



Satelliti Sentinel → satellite imagery

GNSS

Un fatturato da 1,6 miliardi di euro, oltre 6mila addetti e fino a 5 euro generati da ogni singolo euro di investimento in orbita (ASI, 2016) - investimento pubblico 350 M >1,1Mld



De Bernardinis, ISPRA

Costi telerilevamento per agricoltura:

- satellite: 0.01 - 3 €/ha
- drone: 60 - 120 €/ha



Sistemi di visione artificiale: esempio di driver tecnologico



field



harvest

- visione oculare = 70% delle percezioni che l'uomo riceve dal mondo esterno
- visione artificiale = sistema multiparametrico sensoriale di grande potenzialità in tutta la filiera (macchine, sistemi monitoraggio, ecc)
- *acquisizione (cromatica, spettrale), elaborazione, analisi, feedback*



postharvest plant

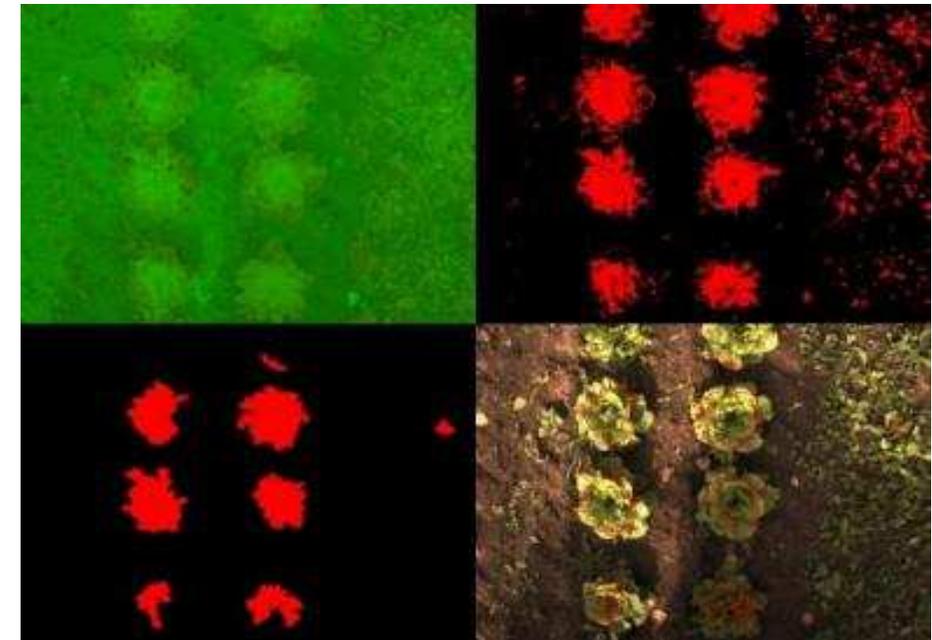


on the market



lab

Kit retrofit optoelettronico per controllo infestanti



Sistema retrofit a basso costo per applicazione di imaging in grado di discriminare le piante coltivate dalle infestanti e dal terreno, indipendentemente dalla loro dimensione/colore e senza intervenire sulle condizioni illuminotecniche
Max 3 km/h

Progetto Enama - Roter Italia S.r.l.

- *correzione illuminazione per maggiore uniformità*
- *filtraggio a passa banda per noise reduction*
- *elab. immagini per selezione per dimensione area e eventualmente fattore forma*
- *algoritmo di identificazione addestrabile*
- *elevata adattabilità selettiva a colture/piante di colore/morfologia/condizioni diverse*

Virtual & Augmented reality



Virtual reality (VR) - realtà virtuale

Sistema hardware e software che ricrea un mondo completamente virtuale in 3D

Es. Simulatori guida agricoltura precisione

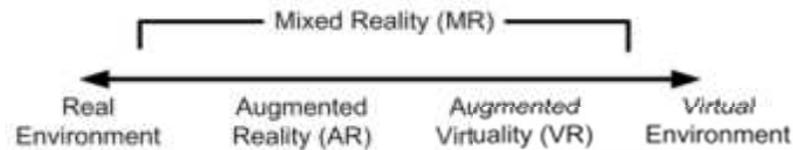
Augmented reality (AR) – realtà aumentata

Il sistema hardware e software che crea un ambiente 3D integrato a quello reale sovrapponendo elementi informativi (es. suoni, immagini, dati, posizione)

Es. Manutenzione da remoto



Source: Milgram and Kishino (1994)



Oculus Rift



Microsoft Hololens



Sensors:
RGB
Laser
Gyroscope
ecc.

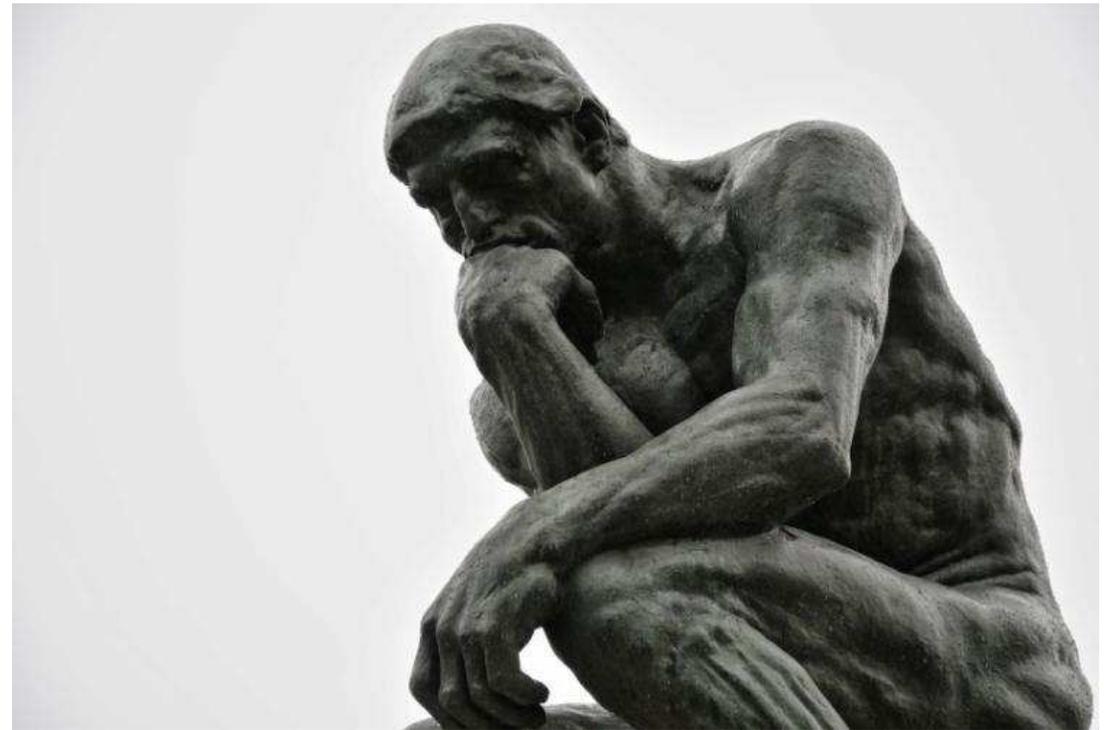
Two of the major technologies available



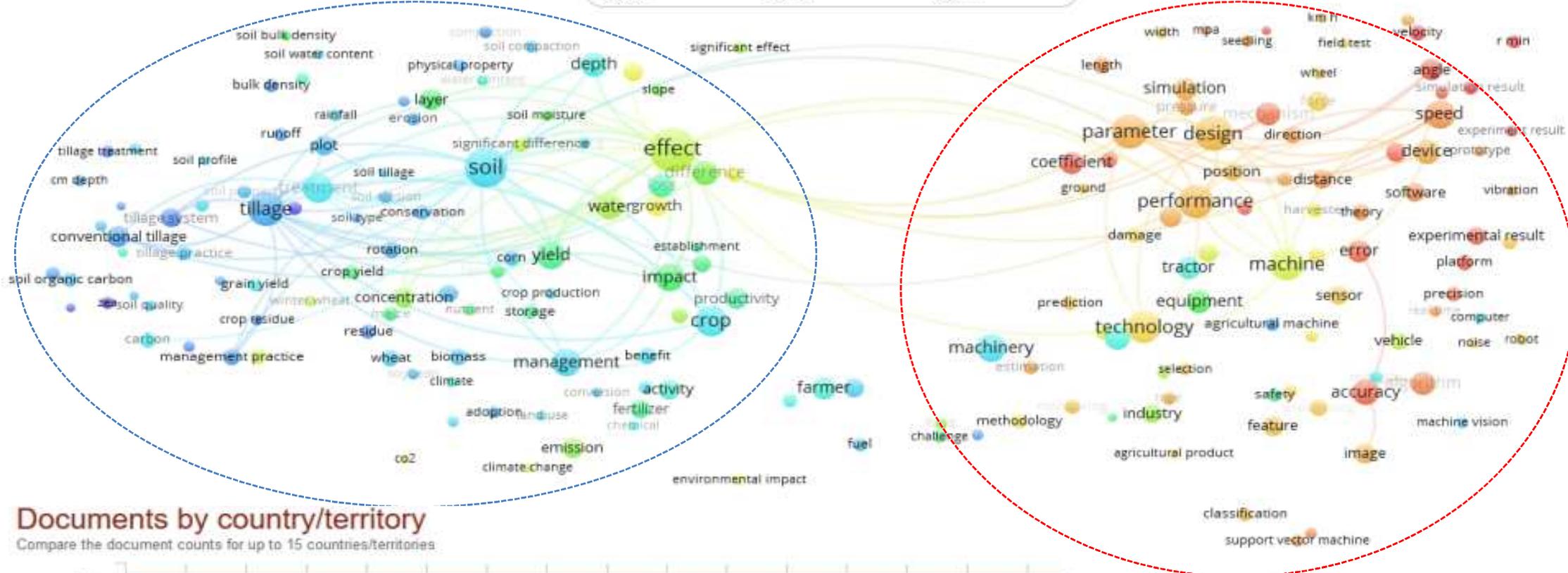
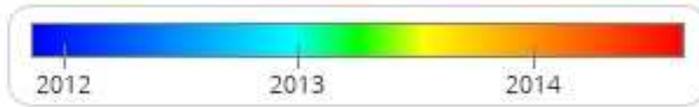
"Vi è ancora molto da fare, ma per costruire un futuro più certo è necessario aprire la mente all'innovazione non dando per scontata una scelta solo perché la stessa ci giunge dal passato"

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

- Nuovi prodotti
- Nuovo valore aggiunto
- Nuovi modelli di sviluppo
- Nuovi processi produttivi

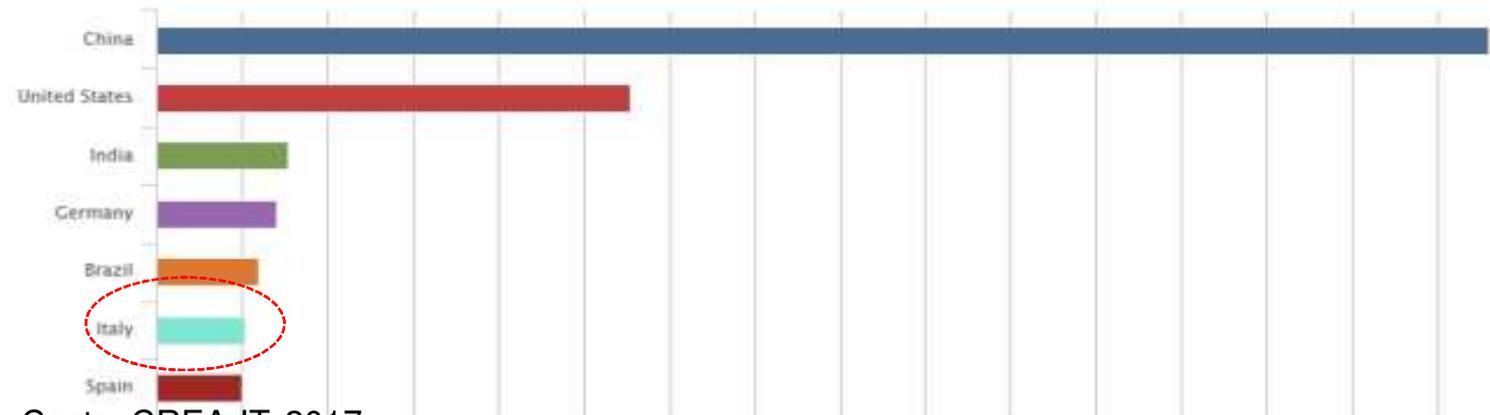


Macchine agricole e “science mapping”



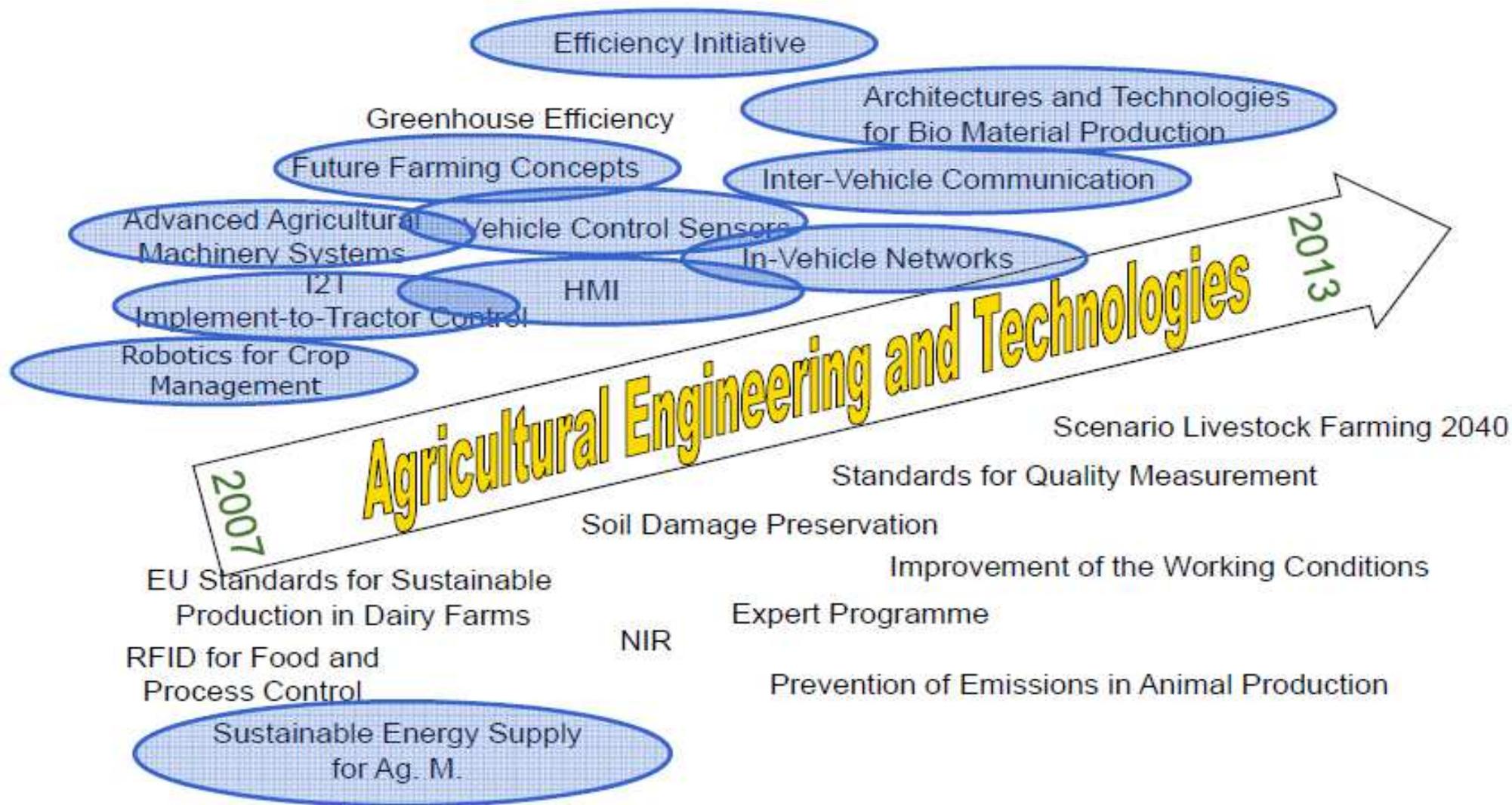
Documents by country/territory

Compare the document counts for up to 15 countries/territories



Costa, CREA-IT, 2017

*Tecnica di raggruppamento basata sulla ricorrenza di termini presenti nelle pubblicazioni scientifiche
Periodo 2008-2017 - Fonte Scopus
- Articoli censiti 8734*



Auernhammer, 2017, modificato

Le nuove «parole chiave» della zootecnia 4.0



Italia, leader nelle macchine agricole e leader nelle tecnologie meccaniche, ma ...



Nazione	Trattori (M)	Sup dominata da un trattore (ha)
USA	4,80	36
Giappone	2,03	2
Italia	1,75	4
India	1,52	105



Produzione macchine agricole

Italia: 3° mondo, 2° UE dopo Germania, 1° UE per numero di società (circa 2000) e dipendenti (circa 5000)

Export 2016: 4,8 Mld €

Import 2016: 1,1 Mld €

Fonte: Unacoma

Immatricolazioni trattori 2016

Fonte: Unacoma

Italia=18 341

Europa=165 400

Cina=420 000

India=570 000

Turchia=70 000

- parco macchine agricole è composto di quasi 4 Milioni di mezzi motorizzati e 1.7 trattrici
- FAO stima 27 M di trattori nel mondo => Italia 6.3%!
- Il numero dei trattori immatricolati nel 2015 ca 18.000 (70.000 negli anni '80)
- Il ricambio completo del parco in oltre 50 anni!
- Età media è di 20 anni (solo 22% ha un'età inferiore ai 10 anni)

(Fonte: Sartori, Università Padova, Tesaf)

PROSPETTIVE
macchine "tradizionali" => STATICO/CALANTE
Innovazione digitale => IN CRESCITA