



FEASR



REGIONE DEL VENETO



PSR  
VENETO  
2014-2020

FONDO EUROPEO AGRICOLO PER LO SVILUPPO RURALE: L'EUROPA INVESTE NELLE ZONE RURALI



# PRECISION FARMING E GESTIONE DEI DATI NELL'AZIENDA AGROZOOTECNICA

27 ottobre, 3 e 6 novembre 2023

Cod. 2A-19-23

# Francesco Marinello

Mail: [francesco.marinello@unipd.it](mailto:francesco.marinello@unipd.it)

Twitter: @marinello\_unipd

---

# Questo breve corso

## Aggiornamento sulle soluzioni tecniche per l'Agricoltura di Precisione

Obiettivi:

- Definire l'Agricoltura di Precisione: definizioni, contesto, modalità di applicazione e potenziali benefici/criticità applicative.
- Aggiornare in merito alle soluzioni tecniche riconducibili all'agricoltura di precisione • Identificare e comprendere la funzionalità di nuove tecnologiche applicate a macchine per l'Agricoltura di Precisione.
- Aggiornare in merito a macchine accessorie e/o funzionali alla gestione di Precisione

---

# Questo breve corso

**ALLEGATO E DGR n. 1732 del 30 dicembre 2022**

---

(#) L'**agricoltura di precisione** è una strategia gestionale dell'agricoltura che si avvale di moderne strumentazioni ed è mirata all'esecuzione di interventi agronomici tenendo conto delle effettive esigenze colturali e delle caratteristiche biochimiche e fisiche del suolo.  
(Es: sistemi di guida assistita; dotazioni per la raccolta dei dati in campo; dotazioni per il dosaggio variabile).

---

# Definire l'Agricoltura di Precisione

## **DEFINIZIONE LUNGA:**

PRECISION AGRICULTURE IS A MANAGEMENT STRATEGY THAT GATHERS, PROCESSES AND ANALYZES TEMPORAL, SPATIAL AND INDIVIDUAL DATA AND COMBINES IT WITH OTHER INFORMATION TO SUPPORT MANAGEMENT DECISIONS ACCORDING TO ESTIMATED VARIABILITY FOR IMPROVED RESOURCE USE EFFICIENCY, PRODUCTIVITY, QUALITY, PROFITABILITY AND SUSTAINABILITY OF AGRICULTURAL PRODUCTION.

## **DEFINIZIONE LUNGA:**

L'AGRICOLTURA DI PRECISIONE È UNA STRATEGIA DI GESTIONE DELL'ATTIVITÀ AGRICOLA CON LA QUALE I DATI VENGONO RACCOLTI, ELABORATI, ANALIZZATI E COMBINATI CON ALTRE INFORMAZIONI PER ORIENTARE LE DECISIONI IN FUNZIONE DELLA VARIABILITÀ SPAZIALE E TEMPORALE AL FINE DI MIGLIORARE L'EFFICIENZA NELL'USO DELLE RISORSE, LA PRODUTTIVITÀ, LA QUALITÀ, LA REDDITIVITÀ E LA SOSTENIBILITÀ DELLA PRODUZIONE AGRICOLA.

## **DEFINIZIONE CORTA:**

L'AGRICOLTURA DI PRECISIONE È UNA STRATEGIA DI GESTIONE CHE TIENE CONTO DELLA VARIABILITÀ TEMPORALE E SPAZIALE AL FINE DI MIGLIORARE LA SOSTENIBILITÀ DELLA PRODUZIONE AGRICOLA.



International Society of  
Precision Agriculture

---

# Definire l'Agricoltura di Precisione

Le variazioni spaziali nella resa delle colture sono il risultato di un complesso sistema di interazioni:

- Pedologico (salinità, sostanza organica, sostanze nutritive,...),
- Biologico (es. malattia, parassiti, lombrichi, microbi),
- Gestionale (es. gestione dell'irrigazione, efficienza della lisciviazione, compattazione del suolo a causa di attrezzature agricole),
- Topografico (ad es. pendenza, altitudine, aspetto)
- Meteorologico (es. umidità relativa, temperatura, pioggia, vento).

Tutti questi fattori variano spazialmente, ma alcuni variano sia temporalmente che spazialmente, risultando in modelli spaziali complessi che non possono essere misurati con sensori fissi o un singolo campione di terreno o pianta.

Suolo: alta variabilità spaziale, bassa variabilità temporale

Vegetazione: alta variabilità spaziale, alta variabilità temporale

Meteo: bassa variabilità spaziale, alta variabilità temporale

Gestione precedente: variabilità spaziale media, alta variabilità temporale

---

# Riassumendo

La **variabilità** rappresenta l'attitudine di un fenomeno (oggetto di osservazione) a presentarsi in maniera differente all'interno dell'appezzamento

La variabilità riguarda tutte le proprietà presenti all'interno dell'appezzamento e generalmente è la risultante dell'interazione di più componenti:

variabilità spaziale

variabilità temporale

variabilità colturale

variabilità gestionale

Tali variabilità sono in generale sempre presenti, ma la loro gestione risulta essere conveniente attraverso tecniche tipiche dell'agricoltura di precisione solo quando tale variabilità è sufficientemente ampia da essere misurabile e gestibile tramite il livello di precisione consentito da sensori e attrezzi.

La variabilità è normalmente correlata alla dimensione: maggiore è la dimensione aziendale, maggiore è la probabilità che vi sia una variabilità sufficientemente ampia da renderne possibile e conveniente la gestione.

---

# Riassumendo

L'AdP non è solo l'utilizzo di un GNSS, ma richiede l'integrazione di più sistemi e tecnologie:

1. Impiego di “sistemi ausiliari” in grado di ottimizzare l'esecuzione e la qualità delle operazioni colturali (**SISTEMI DI POSIZIONAMENTO e DI GUIDA ASSISTITA**)
2. Impiego “macchine intelligenti” in grado di modificare la propria modalità operativa all'interno dell'appezzamento. (**MECCATRONICA, ROBOTICA**)
3. Gestione spaziale e temporale della variabilità allo scopo di dosare i fattori produttivi in base alle reali necessità della coltura (**APPLICAZIONE VARIABILE DI INPUT**)
4. Registrazione, archiviazione, consultazione e utilizzo dei dati relativi a tutte le attività di campo (**TRACCIABILITA', LOGISTICA, TELEMETRIA**).

---

# Macchine e attrezzature

Gli interventi ammissibili nell' ALLEGATO E DGR n. 1732 del 30 dicembre 2022 fanno riferimento ad «Acquisto di macchine e attrezzature per la riduzione dell'impatto ambientale, il miglioramento del benessere animale e la conservazione del suolo (agricoltura conservativa, agricoltura di precisione)»

«Investimenti per l'agricoltura di precisione»

E specifica

«L'agricoltura di precisione è una strategia gestionale dell'agricoltura che si avvale di moderne strumentazioni ed è mirata all'esecuzione di interventi agronomici tenendo conto delle effettive esigenze colturali e delle caratteristiche biochimiche e fisiche del suolo.

(Es: sistemi di guida assistita; dotazioni per la raccolta dei dati in campo; dotazioni per il dosaggio variabile).»



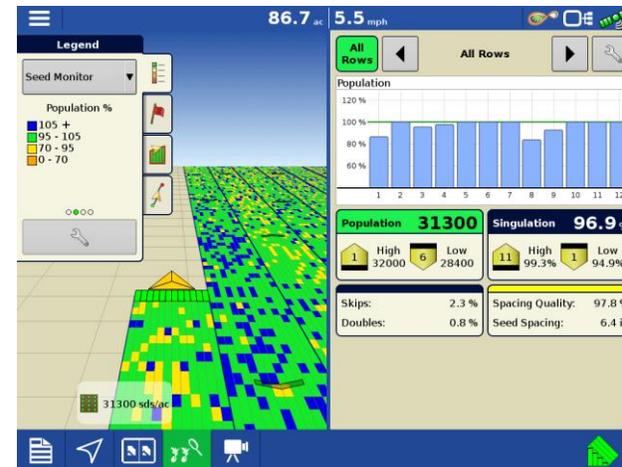
# Macchine e attrezzature

QUINDI QUALI MACCHINE O ATTREZZATURE O DISPOSITIVI?

La risposta non è univoca, ma un'interpretazione sensata include tutte quelle macchine, attrezzature o dispositivi che consentono di rilevare e gestire i diversi tipi di variabilità, in modo:

- Veloce/efficiente
- Preciso/efficace
- Autonomo/automatizzato

Non tutte le condizioni sopra sono necessarie, e non tutte sono singolarmente sufficienti, ma certamente contribuiscono a classificare la propensione di macchine, attrezzature o dispositivi ad approcci di precisione.





# Agricoltura di precisione: 2 approcci principali

## Approccio 1: gestione ON THE GO

I dati raccolti dai sensori che analizzano il campo o la vegetazione in movimento, vengono utilizzati per definire in tempo reale le dosi locali.



## Approccio 2: gestione basata su MAPPE

La quantità di prodotti da distribuire è definita sulla base delle informazioni memorizzate come mappe digitali delle proprietà date dell'appezzamento.





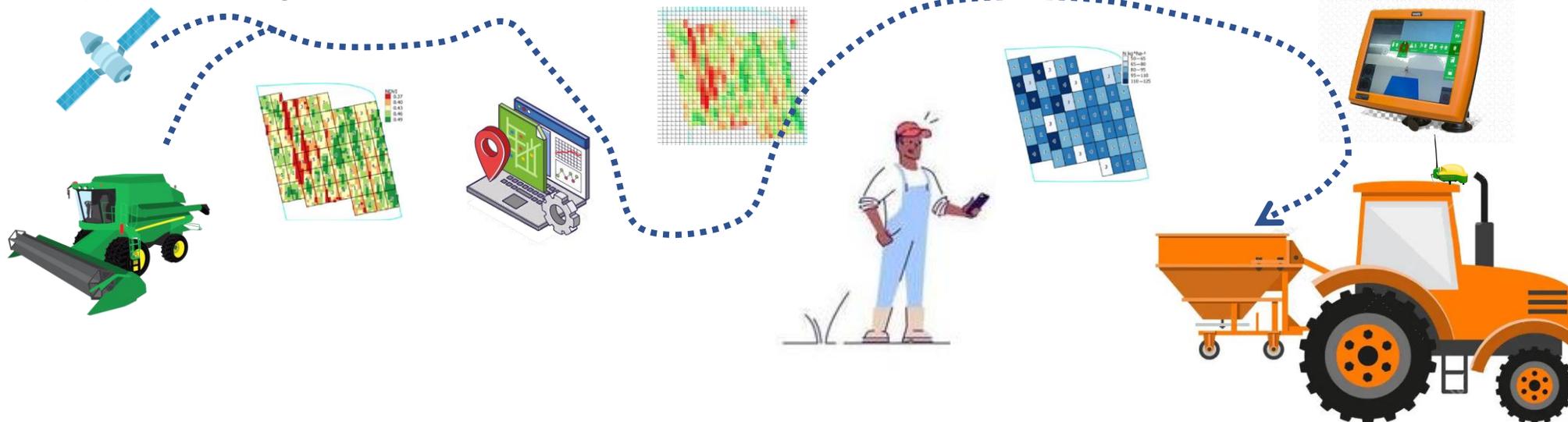
# Agricoltura di precisione: 2 approcci principali

Approccio 1: gestione ON THE GO



SERVONO:  
sensore,  
processore o monitor  
attrezzo regolabile

Approccio 2: gestione basata su MAPPE

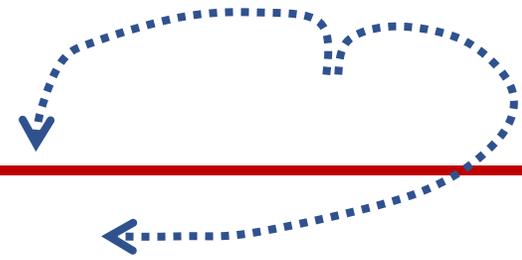
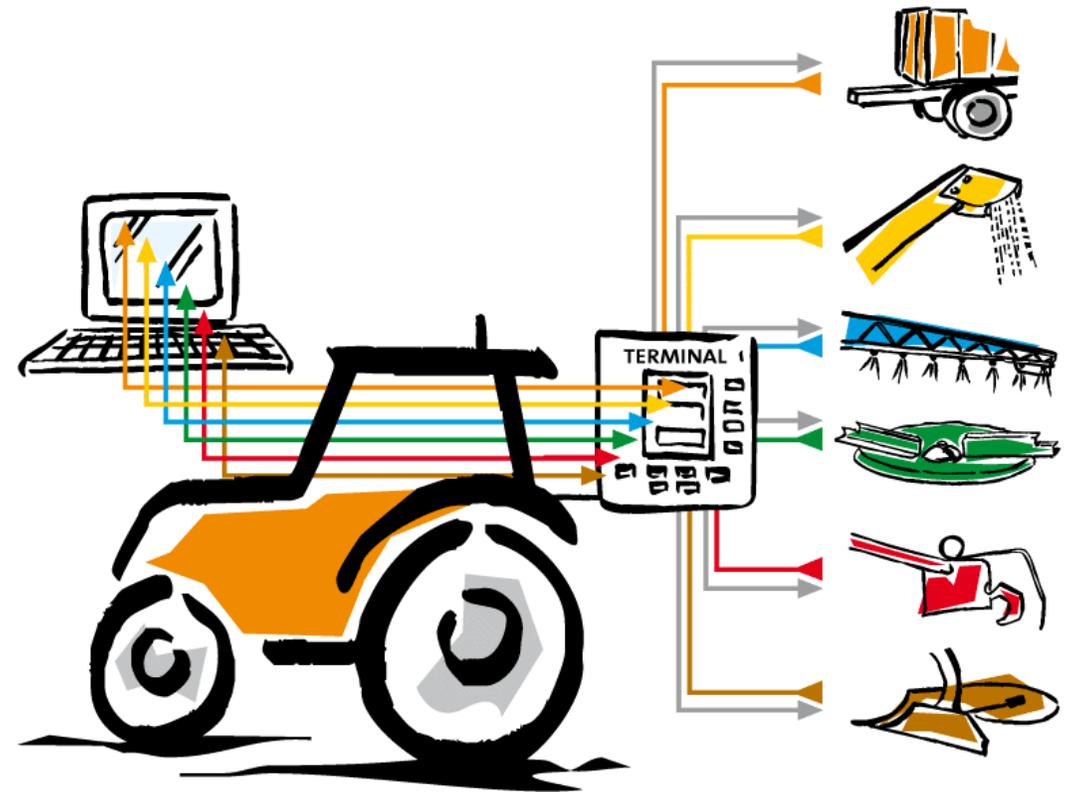
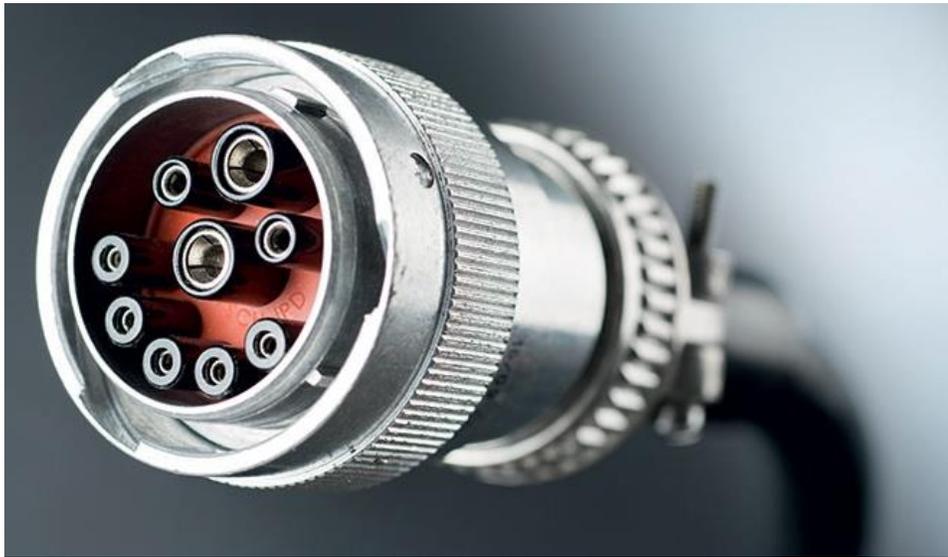


operatore  
dati  
processing  
DSS  
monitor  
GNSS  
attrezzo  
regolabile

# Comunicazione

Con comunicazione facciamo riferimento al trasferimento o scambio di dati tra trattore, attrezzo e sensori eventualmente presenti.

Il protocollo standardizzato di riferimento per comunicazione e scambio dati è il protocollo ISOBUS.



---

# Comunicazione

L'ISOBUS è un protocollo di comunicazione internazionale standardizzato che permette ai differenti equipaggiamenti/attrezzature agricole di comunicare tra loro attraverso un unico linguaggio comune.

Con questo termine, ci si riferisce tradizionalmente alla normativa ISO 11783 "Trattori e macchinari per l'agricoltura e la silvicoltura – Comando seriale e reti dati per le comunicazioni": tale normativa nasce a metà degli anni 90 dalla necessità di standardizzare e centralizzare il sistema di controllo e l'interfaccia uomo-macchina nei sistemi composti da trattore ed attrezzature da lavoro, come ad esempio nel caso di seminatrici e/o di irroratrici.

Nello specifico, un sistema ISOBUS permette all'operatore di connettere e controllare differenti equipaggiamenti usando un unico terminale grafico, chiamato *Universal Terminal (UT)*, per la gestione di tutti gli attrezzi ISOBUS agricoli compatibili, indipendentemente dal costruttore, invece di avere un diverso terminale per ogni tipologia di macchinario agricolo.

Tale protocollo ISOBUS è dunque il risultato di un accordo tra i principali produttori di macchine ed attrezzature agricole per risolvere i problemi di compatibilità, standardizzando e normalizzando la comunicazione tra i diversi macchinari, indipendentemente dal produttore scelto.

---

# Comunicazione

Un sistema o kit ISOBUS prevede sulla trattrice l'utilizzo di alcuni componenti fondamentali, come il sopraccitato terminale grafico per interfacciarsi, un'unità elettronica di controllo relativa alla stessa trattrice, *Tractor-ECU (T-ECU)* che fornisce i dati come velocità, regime della presa di potenza e i consumi, e un connettore ISOBUS per interfacciarsi all'esterno. A questi elementi, si possono aggiungere ulteriori dispositivi cosiddetti "ausiliari" (*AUX-O/N*), come ad esempio un joystick, un pratico strumento in grado di agevolare notevolmente l'operatore nell'utilizzo delle sue funzioni operative.

Sulle attrezzature o sulle macchine operatrici, invece, si prevede la presenza di un *Implement-ECU*, ovvero componenti che scambiano dati tra sensori o tra dispositivi destinati al monitoraggio dei parametri funzionali del macchinario (come ad esempio il controllo del materiale distribuito o della superficie lavorata), oppure ancora che possono comandare dispositivi in base ai parametri impostati e alle indicazioni a loro fornite dalle lavorazioni.



# Sensori

I sensori da soli non fanno l'agricoltura di precisione, ma molto spesso sono necessari al fine di poter misurare e quindi poi gestire la variabilità.

I sensori posso aver senso:

- da soli (e quindi utilizzati in modo flessibile su più piattaforme o attrezzature, quali trattori, droni, spandiconcime, atomizzatori), prevalentemente impiegati per approcci basati su mappe ma in alcuni casi anche on the go
- integrati su attrezzature singole, prevalentemente impiegati per approcci on the go anche se possono fornire in output delle mappe

---

# Sensori

I sensori maggiormente utilizzati sono:

- Camere che raccolgono immagini RGB o infrarosse o multispettrali: raccolgono moltissimi dati in poche frazioni di secondo e si addicono a mappature estese.
- Sensori lidar: attraverso scansioni laser, consentono la ricostruzione tridimensionale degli «ambienti» di lavoro (suolo, pianta,...)
- Altri sensori ottici non per immagini: raccolgono dati medi (su una certa area) per determinate informazioni «ottiche», quali ad esempio diverse bande spettrali al fine di consentire la stima di indici di vegetazione
- Sensori a ultrasuoni: sensori molto diffusi di costo contenuto e qualità media, utilizzati per valutare distanze o per stimare la vigoria di piante
- Sensori di forza/celle di carico: sensori molto diffusi di costo medio, usati per raccogliere dati relativi a sforzi, carichi, pesi e indirettamente flussi o portate
- Sensori di posizione (sensori angolari, di spostamento,...)
- (GNSS, Global Navigation Satellite Systems)

---

# Sensori

Molto spesso i sensori integrano un processore che consente di processare on the go i dati, consentendo l'esecuzione di operazioni.

Nonostante di per se i sensori siano spesso economici, questa parte di intelligenza software ha un notevole impatto in termini di:

- applicabilità della tecnologia → tecnologia «plug and play», con minore coinvolgimento richiesto all'imprenditore agricolo, minor numero di azioni sui dati, e dunque maggiore facilità di impiego
- costo → il maggiore livello di automazione normalmente fa lievitare i costi di queste tecnologie

I sensori con integrata una parte decisionale operano come scatole nere, in cui è difficile adattare il sistema a specifiche condizioni di campo, e in cui l'imprenditore agricolo ha poco ruolo, mentre è rilevante la disponibilità di un'assistenza tecnica da parte del fornitore di tecnologia.

---

# GNSS e sistemi di guida



I sistemi di guida possono essere divisi in due grandi gruppi:

- SISTEMI GNSS
- ALTRI SISTEMI
  - Schiumogeni
  - Mirini
  - Videocamere
  - Sistemi in radiofrequenza

## GNSS e sistemi di guida: mirino

È possibile installare un mirino (oltre a quello «di serie») nella parte frontale del trattore per permettere una guida rettilinea.



## GNSS e sistemi di guida: marker

Schiumogeni installati alla fine della barra possono aiutare l'operatore nella guida per la riduzione delle sovrapposizioni. L'operatore per evitare sovrapposizioni deve sovrapporre le marcature.



Voto AdP: 0,6 (necessità di attrezzi!)

Sensore: lidar o camera RGB-D/RGB + AI

Approccio: on the go

## GNSS e sistemi di guida: sistemi di visione

Videocamere e sensori (RGB, stereoscopia, lidar,...) e sofisticati software di elaborazione consentono l'allineamento della guida



Voto AdP: 0,9

Approccio: on the go

Sensore: lidar (sx);

Sensore: fotocellula o camera RGB + AI (dx)

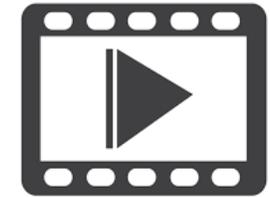
## GNSS e sistemi di guida: sistemi di visione

Videocamere e sensori (RGB, stereoscopia, lidar,...) e sofisticati software di elaborazione consentono l'allineamento degli organi lavoranti

VINEYARD  
PILOT  
ASSISTAN  
– VPA di  
Braun



Sarchiatrici intrafilari



<https://www.youtube.com/watch?v=yjzbRQRr80U>

---

# GNSS e sistemi di guida

I progressi nella tecnologia GNSS dalla fine degli anni '90 hanno aperto la porta allo sviluppo di sistemi di guida per l'utilizzo su veicoli agricoli. Questi sistemi di navigazione avanzati sono stati ampiamente adottati per l'uso in quasi tutti i veicoli.

I vantaggi della guida assistita o automatica sono molteplici, come elencato qui nel seguito:

- riduzione di fallanze e sovrapposizioni nelle lavorazioni e nella distribuzione di input agronomici;
- maggiore tempestività;
- riduzione della fatica dell'operatore;
- possibilità di gestioni specifiche (traffico controllato, strip tillage,...)
- riduzione della compattazione;
- migliorato gestione del suolo e delle risorse idriche;
- migliore gestione dell'interfila (intrasemina, sarchiatura).

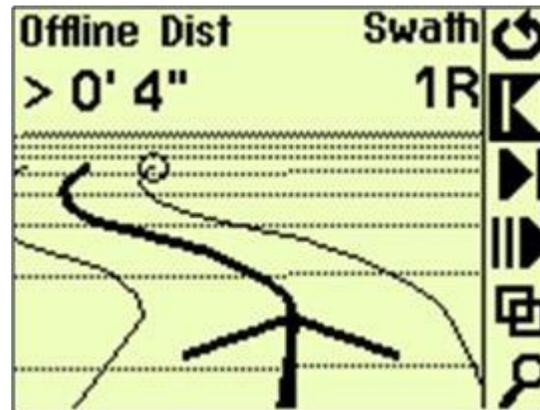
# GNSS e sistemi di guida

Indicatore con mirino (senza navigazione satellitare)

Barre a led: controllo visivo (e audio) per assistere l'operatore alla guida

Guida semi-automatica: tecnologia intermedia tra barre led e guida automatica

Guida automatica: il sistema più preciso, che prende il controllo dello sterzo per mantenerlo il veicolo lungo la traiettoria desiderata



---

# GNSS e sistemi di guida

## SISTEMI DI GUIDA ASSISTITA

Si realizza attraverso due sistemi di visualizzazione: la barra a led o un display grafico. Con questo genere del sistema, il controllo della macchina rimane con l'operatore, ed è dell'operatore la responsabilità di garantire che la macchina stia nella direzione prevista. Il sistema di guida utilizza un dispositivo di segnalazione per richiedere al conducente di mantenere un percorso predeterminato. L'operatore può utilizzare un giudizio personale per ignorare o correggere eventuali errori di posizionamento. Per questi sistemi tipicamente si ha una precisione poco intorno ai 30-80 cm , per cui i sistemi DGPS sono spesso utilizzati per questa forma di guida.

Voto AdP: 0,8 (necessiterebbero di attrezzi collegati)

Approccio: mappe (ma anche on the go)

---

# **GNSS e sistemi di guida**

## SISTEMI DI GUIDA SEMI-AUTOMATICA E AUTOMATICA

Questi rimuovono l'operatore dalla maggior parte delle operazioni di sterzata. Attualmente la maggior parte di questi sistemi necessita di assistenza manuale per l'esecuzione delle svolte. Per sicurezza, tutti i sistemi di sterzo automatico dispongono di un sistema di esclusione automatica non appena l'operatore assume il controllo del volante. Anche questi sistemi consentono di monitorare la qualità del segnale GPS e il controllo automatico non si inserisce o si disinnescia quando la qualità dei dati GNSS non è sufficientemente alta.

I sistemi di guida possono essere suddivisi in due categorie: guida semi-automatica e guida automatica.

---

# GNSS e sistemi di guida

## **Guida semi-automatica**

Questo è un livello intermedio tra guida assistita e guida automatica. Tali sistemi di guida hanno un meccanismo connesso al volante che consente di sterzare la macchina muovendo (tipicamente tramite una ruota in contatto) il volante.

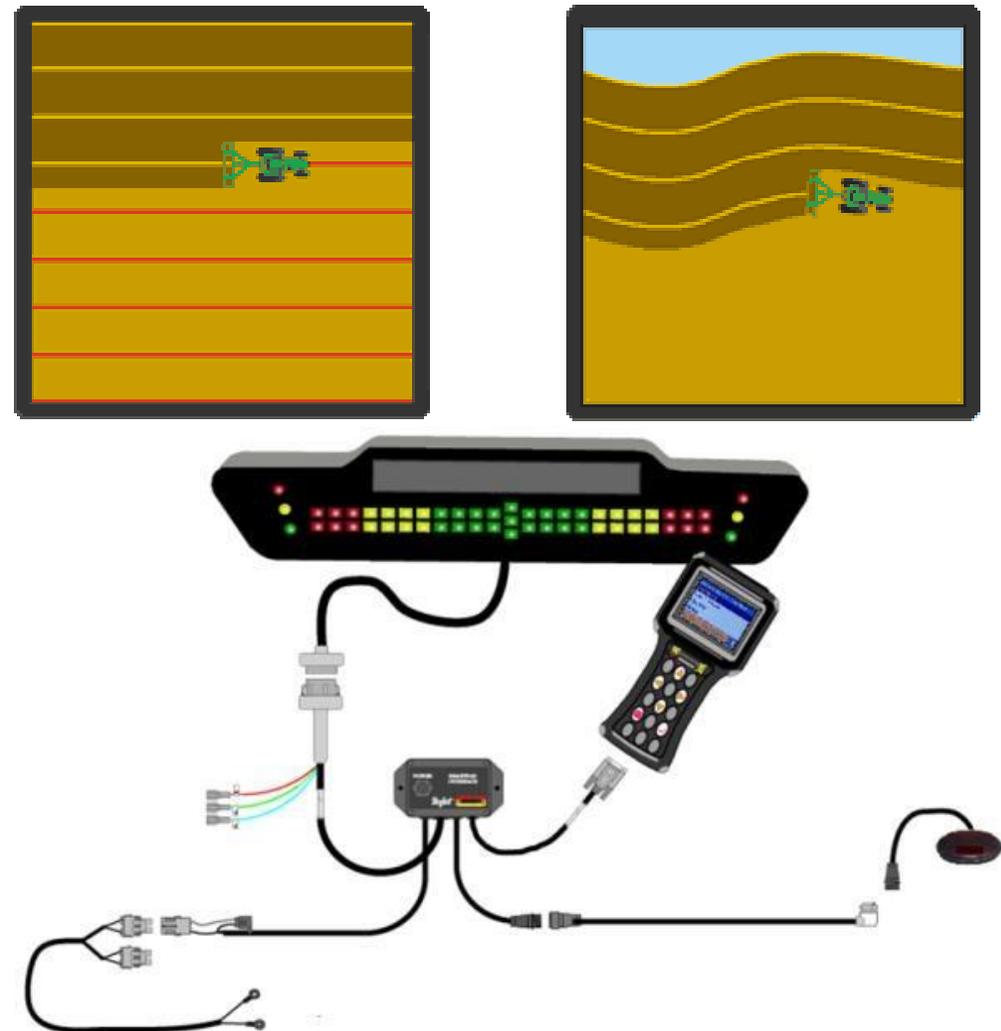
Questi sistemi sono potenzialmente meno accurati dei sistemi di sterzata automatica integrati: infatti a causa di slittamenti e ad un ritardo nel feedback di controllo della posizione, risentono sempre di un certo errore nella correzione della posizione. L'errore di posizionamento è tipicamente compreso tra i 10 e i 20 cm.

## **Guida automatica**

Il percorso desiderato è passato direttamente dall'elettronica di controllo al sistema di sterzo del trattore, tramite attuatori e valvole idrauliche che controllano in modo diretto e preciso l'orientamento delle ruote e del trattore. Questi i sistemi richiedono che un kit di sterzo venga integrato nel veicolo (a meno che non sia già stato montato in fabbrica) per consentire la comunicazione diretta tra il computer di bordo e il sistema idraulico. Questi sistemi si appoggiano il più delle volte su correzioni RTK, arrivando ad avere errori di posizionamento inferiori ai 2-5 cm.

# GNSS e sistemi di guida: barre a led

La barra a led in qualche modo sostituisce l'approccio convenzionale del marcatore con schiumogeno migliorandone le prestazioni. È adatto per guide parallele, specialmente in il caso di grandi larghezze di lavoro. Le barre luminose sono utilizzate per applicazioni di fertilizzanti, bruciature, applicazioni di pesticidi, dischi mentre non sono adatte per applicazioni di alta precisione ad esempio piantare.



# GNSS e sistemi di guida: barre a led

Per un corretto funzionamento, è necessaria una frequenza di aggiornamento del DGNSS di 5 Hz.

Le barre a led sono disponibili in varie forme e dimensioni con molti opzioni. Possono essere visualizzati messaggi di testo, come ad esempio la distanza dalla fila successiva, la sovrapposizione,...

In genere, dei led sul display guidano l'operatore per orientare il trattore nella direzione corretta e il conducente può scegliere di guidare lungo la direzione centrale o allontanarsene.



---

# GNSS e sistemi di guida: guida semi-automatica

Lo sterzo assistito è una tecnologia intermedia tra le barre a led e la guida automatica. Può essere paragonabile in termini di prestazioni ad una guida automatica di bassa precisione.

Rispetto alla barra a led, consente il controllo della sterzata riducendo l'affaticamento del conducente e permettendo all'operatore di concentrarsi sull'attrezzo al lavoro.

È una soluzione interessante per quelle applicazioni che non richiedono una precisione troppo spinta (x ex. concimazioni e trattamenti).



---

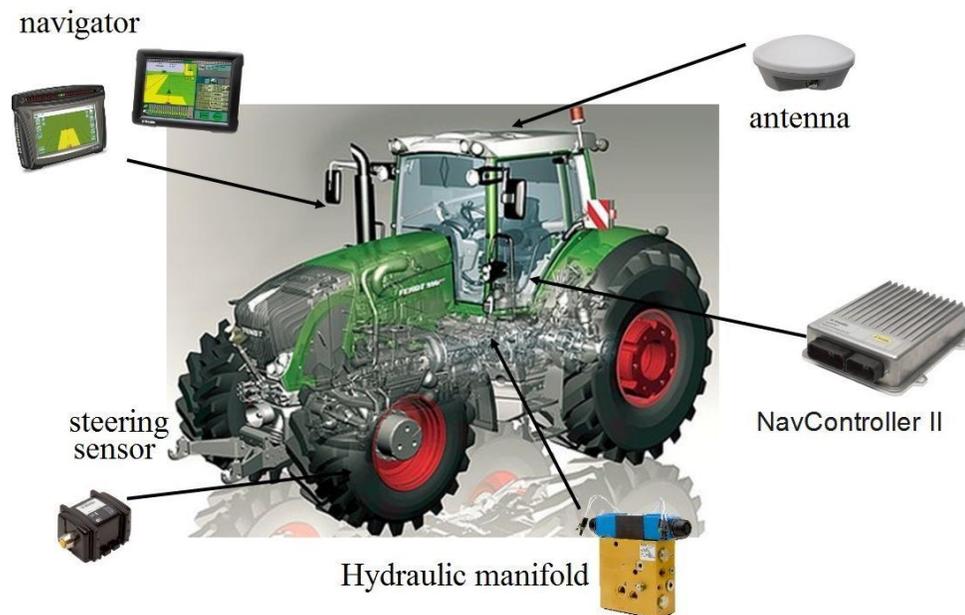
# GNSS e sistemi di guida: guida semi-automatica

Qui sotto due esempi di display grafici



# GNSS e sistemi di guida: guida automatica

Nei sistemi di guida automatica, l'elettronica controlla completamente la direzione del veicolo (trattore, mietitrebbia, ecc.). Il veicolo sterzante viene guidato su linee rette o curve. È un livello di automazione più pervasivo, quindi è necessaria un'installazione specifica che si interfaccia con il sistema idraulico del veicolo e può essere utilizzato sia con veicoli cingolati che gommati. Riesce a raggiungere 1 pollice (2,5 cm) di precisione se utilizzato in combinazione con sistemi RTK GNSS.



AUTOTRAC ADAPTIVE CURVE PATTERNS			
Simple Curve		S-Curve	
Boxed		Race Track	
Spiral		Circle	

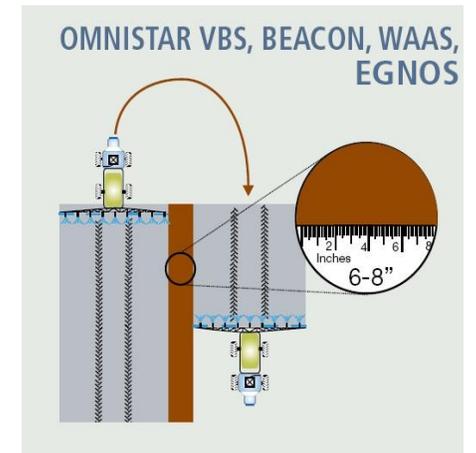
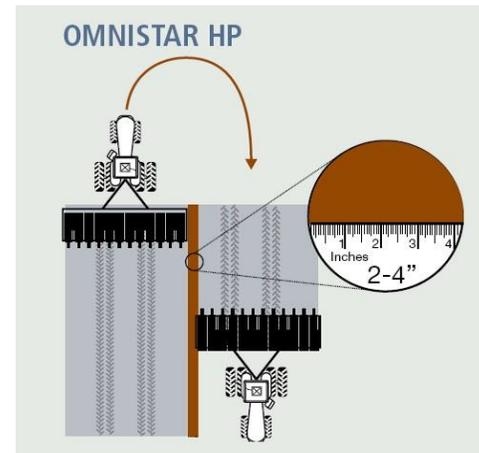
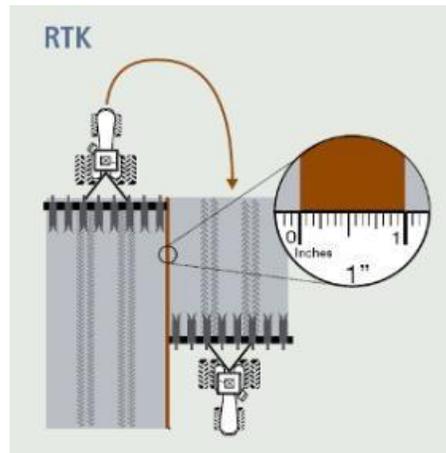
# GNSS e sistemi di guida: guida automatica

Sono disponibili tre opzioni di sterzo automatico, basate su diversi livelli di correzione

1. bassa precisione e accuratezza, per operazioni di concimazione, lavorazioni del suolo, trattamenti fitosanitari, basati sull'impiego di WAAS, EGNOS, Coast Guard beacon, OmniSTAR, John Deere StarFire1 (SF1)

2. media precisione e accuratezza, per operazioni di semina o raccolta, attraverso l'impiego di John Deere StarFire2 (SF2) o OmniSTAR HP

3. alta precisione e accuratezza, per operazioni di strip tillage o traffico controllato, sulla base di correzioni RTK



+/- 2,5 cm passaggio a passaggio  
+/- 2,5 cm ripetibile di anno in anno

+/- 5-10 cm passaggio a passaggio  
+/- 20 cm ripetibile di anno in anno

+/- 15-20 cm passaggio a passaggio  
+/- 1 m ripetibile di anno in anno

---

# GNSS e sistemi di guida: guida RTK

I principali vantaggi dei sistemi RTK possono essere riassunti come segue:

- Maggior efficienza in semina e raccolto
- Collocazione precisa degli input nelle operazioni di strip-tillage
- Minimizzazione delle sovrapposizioni, con conseguente riduzione dei consumi di carburante, delle ore di lavoro, e dei passaggi in campo
- L'ottimizzazione di percorsi e tempi consente la riduzione del numero di trattori necessari per coprire la stesso superficie
- Mappature RTK consentono di ottimizzare operazioni di livellamento in campo

Ma la precisione ha un certo:

Basso precisione, bassa accuratezza (WAAS, EGNOS, ecc.) → 8-12.000 €

Medio precisione, media accuratezza (OmniSTAR HP ecc.) → 10-15.000 €

Abbonamento OmniSTAR HP → 1000 €/anno

Alto precisione, alta accuratezza (RTK) → 20-30.000 €

---

# GNSS e sistemi di guida: barre a led

- Trimble: guida assistita, guida semi-automatica con sistemi di navigazione a segnale libero e RTK;
- John Deere: guida semi-automatica con tre diversi sistemi di navigazione SF1, SF3, RTK;
- Class: guida assistita, guida semi-automatica con tre diversi sistemi di navigazione, segnale libero, SATCOR, RTK.



# GNSS e sistemi di guida: barre a led

- Trimble:

tipo di segnale	precisione	monitor	volante esterno	macchina con guida predisposta	antenna con nav. Integrato	costo
EGNOS	20 cm	7"	NO	NO	NO	2.500 €
EGNOS	20 cm	10"	NO	NO	SI	4.000 €
EGNOS	20 cm	10"	SI	NO	SI	8.500 €
EGNOS	20 cm	10"	SI *	NO	SI	11.000 €
RTK	2,5 cm	10"	SI	NO	SI	15.000 €
RTK	2,5 cm	10"	SI *	NO	SI	17.000 €
RTK	2,5 cm	12	SI	NO	NO	17.500 €
RTK	2,5 cm	12	NO	SI	NO	13.000 €

\* AUTOPILOT MOTOR DRIVE

- John Deere:

tipo di segnale	precisione	monitor	volante elettrico	costo
EGNOS (SF1)	±15 cm	10"	si	11.750 €
SF3	±2,5 cm	10"	si	14.000 €
RTK	±2,5 cm	10"	si	17.000 €

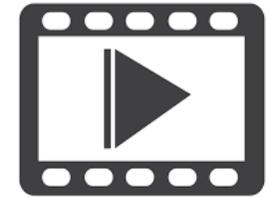
- Claas:

	tipo di segnale	precisione	monitor	volante elettrico	macchina con guida predisposta	costo
	EGNOS	30 cm	NO, barra a led	NO	NO	910 €
	EGNOS	30 cm	10"	SI	NO	11.500 €
	EGNOS	30 cm	10"	NO	SI	16.000 €
	RTK	2,5 cm	10"	SI	NO	18.000 €
	RTK	2,5 cm	10"	NO	SI	21.500 €
FIELD SCANNER	/	/	NO	NO	SI	7.000 €



# Esempi: macchine con regolazioni basate su GNSS

Alcune attrezzature possono correggere la lavorazione sulla base della posizione, aprendo, chiudendo o regolando in modo differenziale alcune sezioni di macchina.

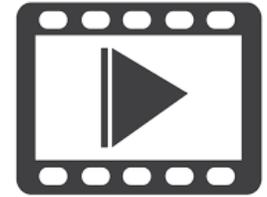
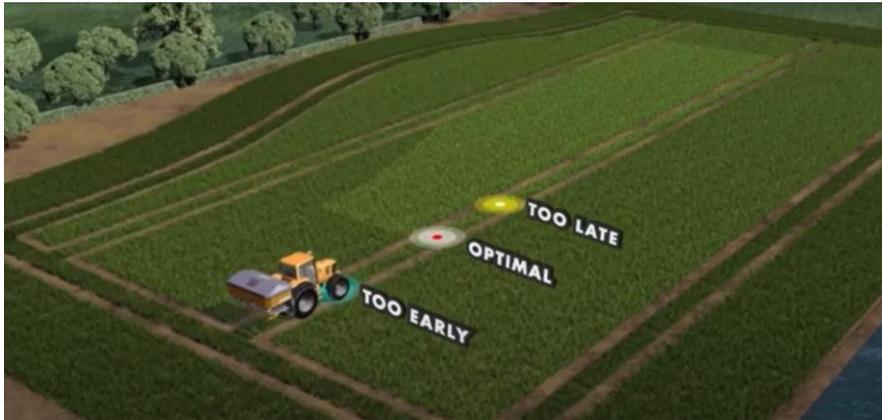


Sureseed.mp4



## Esempi: macchine con regolazioni basate su GNSS

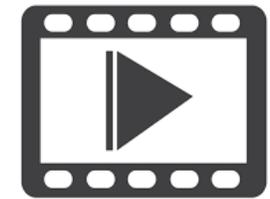
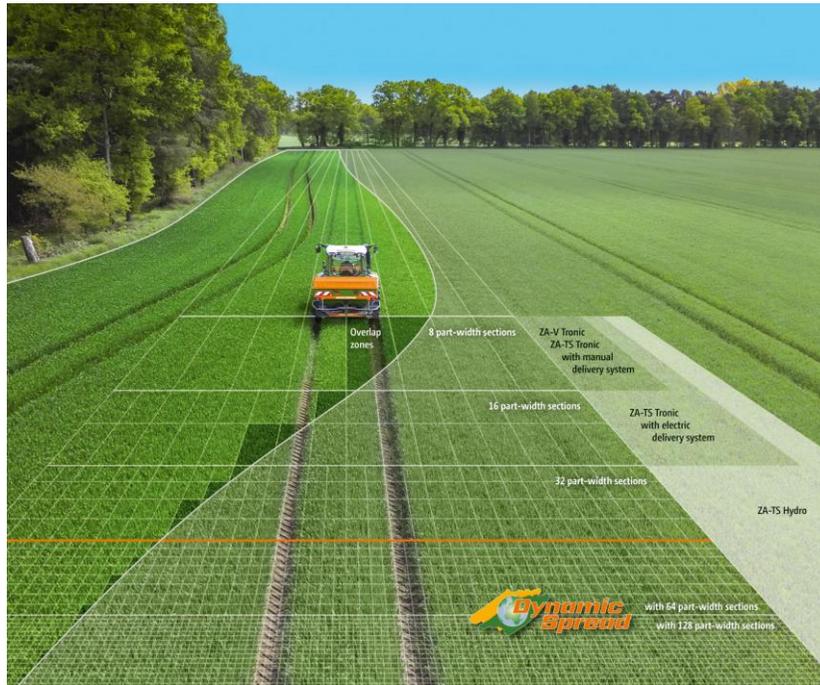
Alcune attrezzature possono correggere la lavorazione sulla base della posizione, aprendo, chiudendo o regolando in modo differenziale alcune sezioni di macchina.



<https://www.youtube.com/watch?v=Mnt5avZUGD8>

## Esempi: macchine con regolazioni basate su mappa

Alcune attrezzature possono correggere la lavorazione sulla base della posizione, aprendo, chiudendo o regolando in modo differenziale alcune sezioni di macchina.



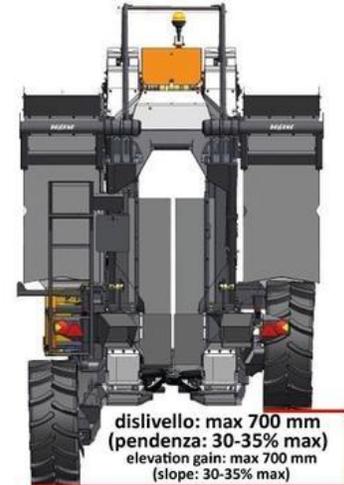
<https://www.youtube.com/watch?v=IPPw1hluKrQ>

<https://www.youtube.com/watch?v=nIrDI02ghnA>

Voto AdP: 0,5 – 0,1  
Approccio: on the go

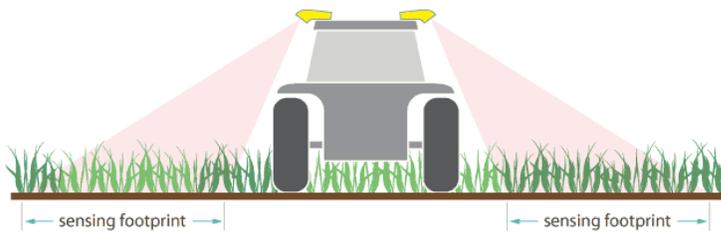
Sensore: GNSS o accelerometro o altro

## Esempi: altre macchine con regolazioni on the go



## Esempi: macchine con regolazioni on the go

Alcune attrezzature possono correggere la lavorazione sulla base di sensori installati a bordo macchina.



CropSpec



Greenseeker



CropCircle

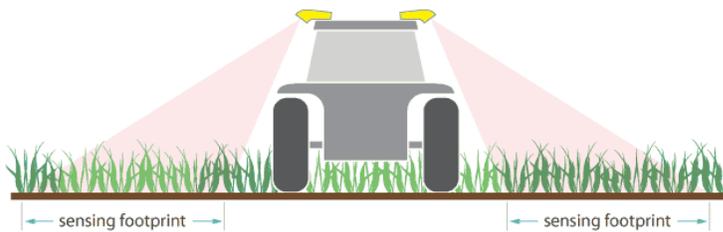


Yara N Sensor



## Esempi: macchine con regolazioni on the go

Alcune attrezzature possono correggere la lavorazione sulla base di sensori installati a bordo macchina.



Sensor	VI used	Installation	Estimated price for complete system in USD <sup>†</sup>	Manufacturer/reference
GreenSeeker® Handheld	NDVI	Handheld – 1 sensor	550	Trimble Inc., Sunnyvale, CA, USA
GreenSeeker® RT100	NDVI	Handheld or mounted on tractor – 1 sensor/1 display	5500	Trimble Inc., Sunnyvale, CA, USA
SPAD 502	NDVI	Handheld – 1 sensor/1 display	5662	Konica Minolta;
OptRx® Crop Sensor	REIP	Anywhere on tractor – 2 sensors + command kit	11000	AgLeader Technology, Ames, Iowa, USA
CROP SPEC	NDVI	Anywhere on tractor – 2 sensors and display, mapping and application system	18000	Topcon Positioning Systems, Inc., Livermore, CA, USA
Crop Circle™	NDVI	Handheld or mounted – 3 sensors and display, mapping and application system	17500	Holland Scientific, Lincoln, NE, USA
Yara N Sensor®	NDVI	Top of tractor – 2 sensors and display, mapping and application system	25000	Yara UK Limited, Lincolnshire, UK
ISARIA	REIP	Boom system on tractor – 2 sensor system, with display mapping and application system	30000	Fritzmeier Umwelttechnik, Großhelfendorf, Germany
Multiplex®	NBI	Anywhere on tractor – 2 sensor system	33000	Force A, Orsay, France

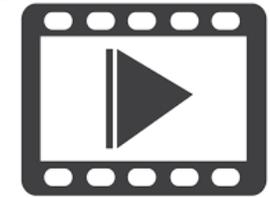
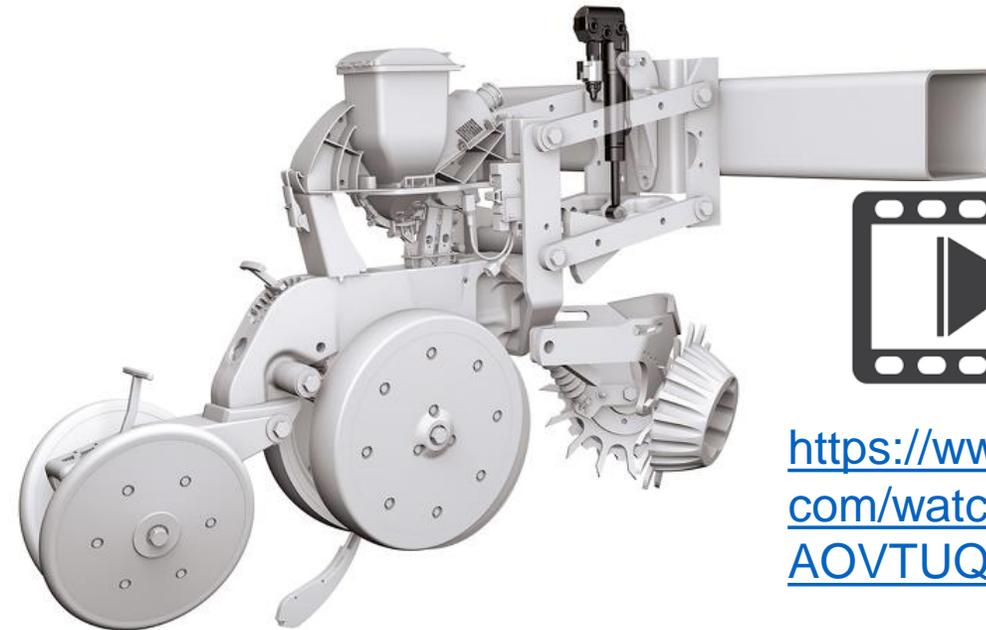
Voto AdP: 0,5

Sensore: idraulico o cella di carico?

Approccio: on the go (o mappa)

## Esempi: macchine con regolazioni on the go

Controllo della profondità di semina



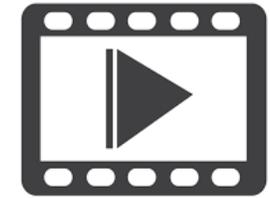
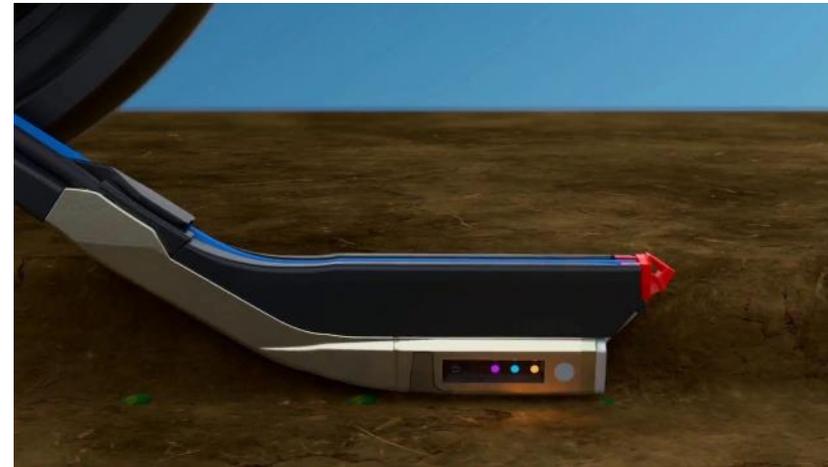
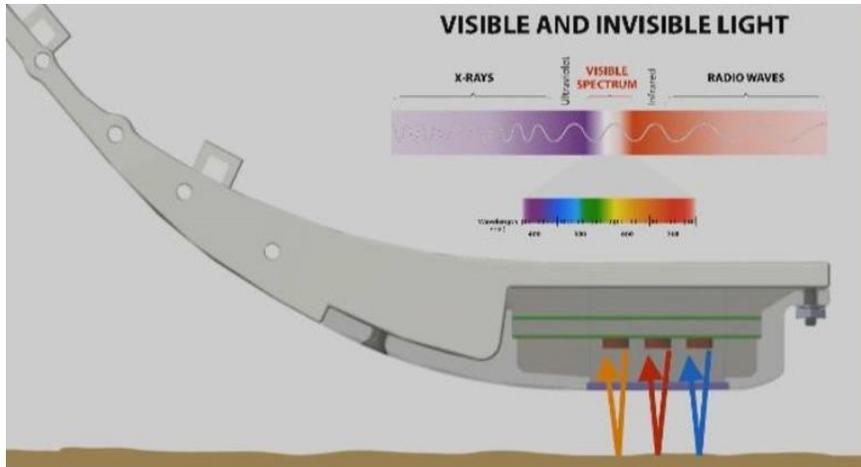
<https://www.youtube.com/watch?v=Q2muAOVTUQE>

DeltaForce (by Precision Planting)



# Esempi: macchine con regolazioni on the go

Controllo della densità di semina



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

Smartfirmer (by Precision Planting)



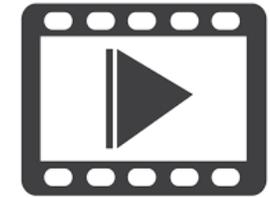
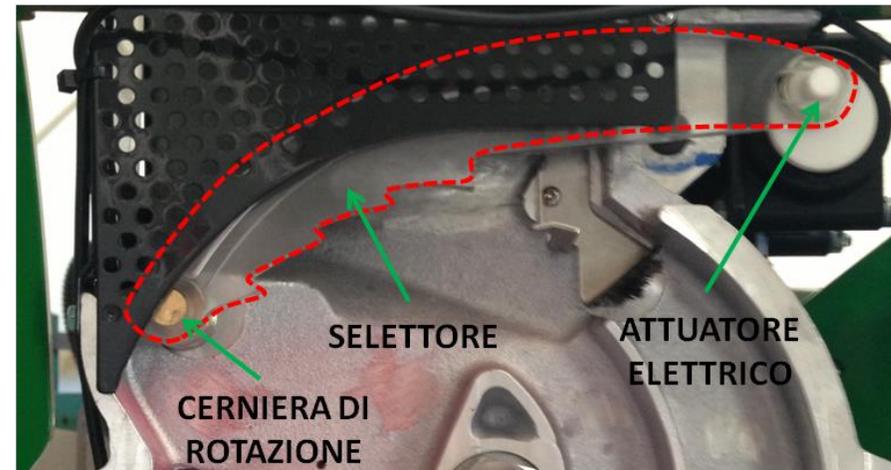
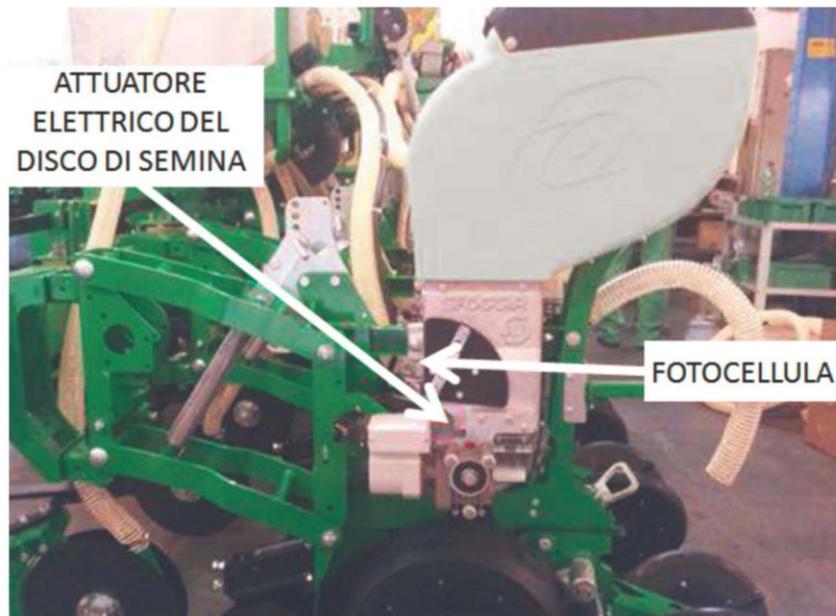
Voto AdP: 0,8

Sensore: fotocellula

Approccio: on the go (o mappa)

## Esempi: macchine con regolazioni on the go

Seminatrici elettriche



<https://www.youtube.com/watch?v=B-dxMsckwMk>

Voto AdP: 1

Sensore: camera RGB + AI

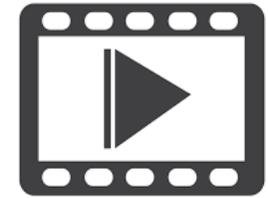
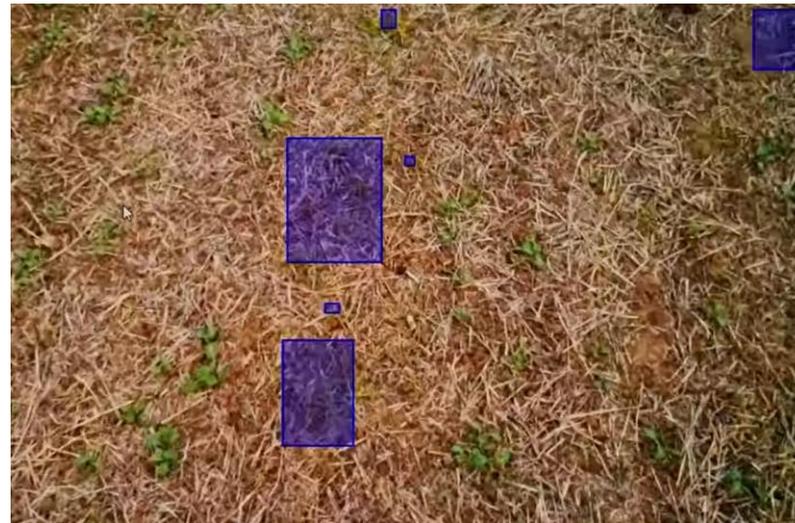
Approccio: on the go

## Esempi: macchine con regolazioni on the go

Diserbo selettivo



BERTHOUD VANTAGE  
SNIPER SPOTSPRAY



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

Voto AdP: 0,7

Approccio: on the go (o mappa)

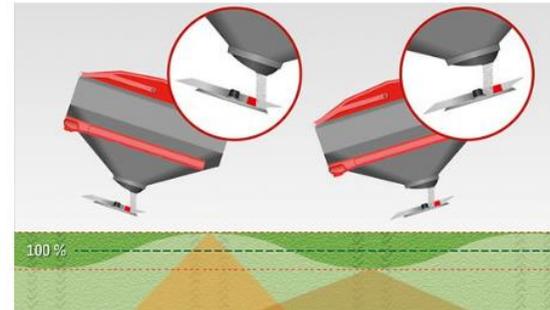
Sensore: accelerometro

# Esempi: macchine con regolazioni on the go

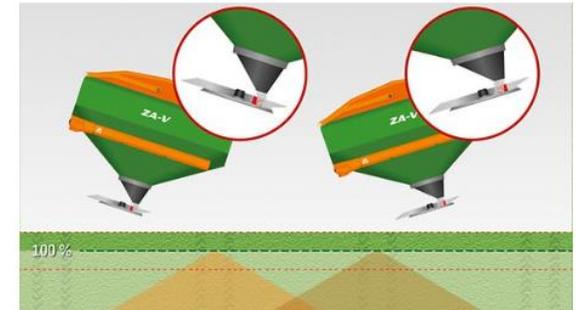
## Compensazione della pendenza



Results: Driving uphill and downhill

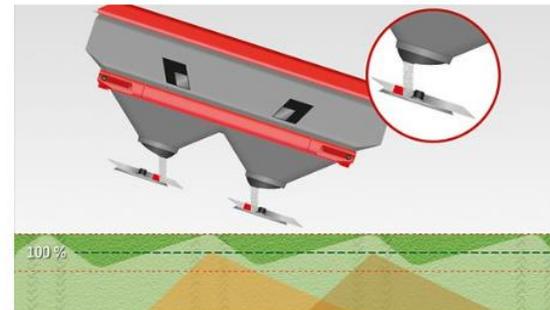


Driving downhill – Driving uphill – without a slope spreading kit: Uneven distribution.

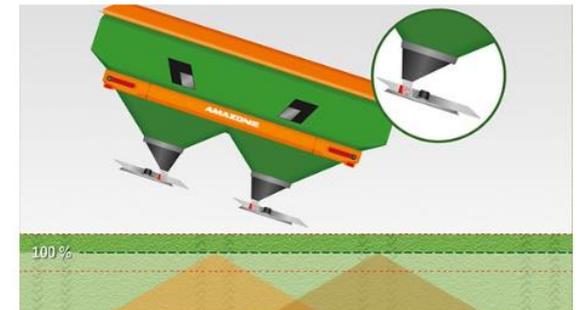


Driving downhill – Driving uphill – with a slope spreading kit: Perfect distribution.

Results: Driving at right angles to the slope



Driving at right angles to the slope – without a slope spreading kit: Uneven distribution caused by lateral displacement of the spread patterns.



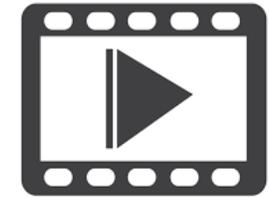
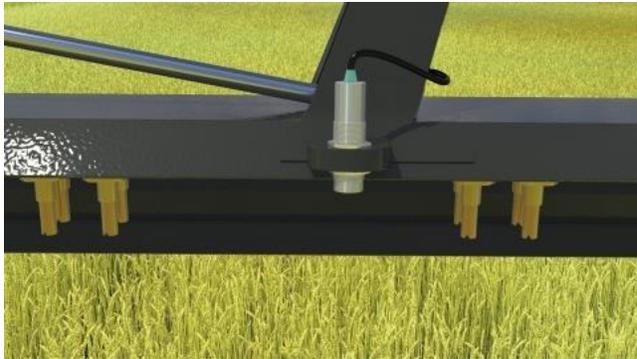
Driving at right angles to the slope – with a slope spreading kit: Perfect distribution, no lateral displacement of the spread patterns.

Voto AdP: 0,5  
Approccio: on the go

Sensore: ultrasuoni o accelerometro

## Esempi: macchine con regolazioni on the go

Compensazione della pendenza o dell'altezza dal suolo



<https://www.alpego.it/news/novità-tecnica-eima-2021>  
[https://www.youtube.com/watch?v=Oy80\\_bXWrTc](https://www.youtube.com/watch?v=Oy80_bXWrTc)

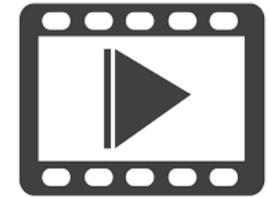
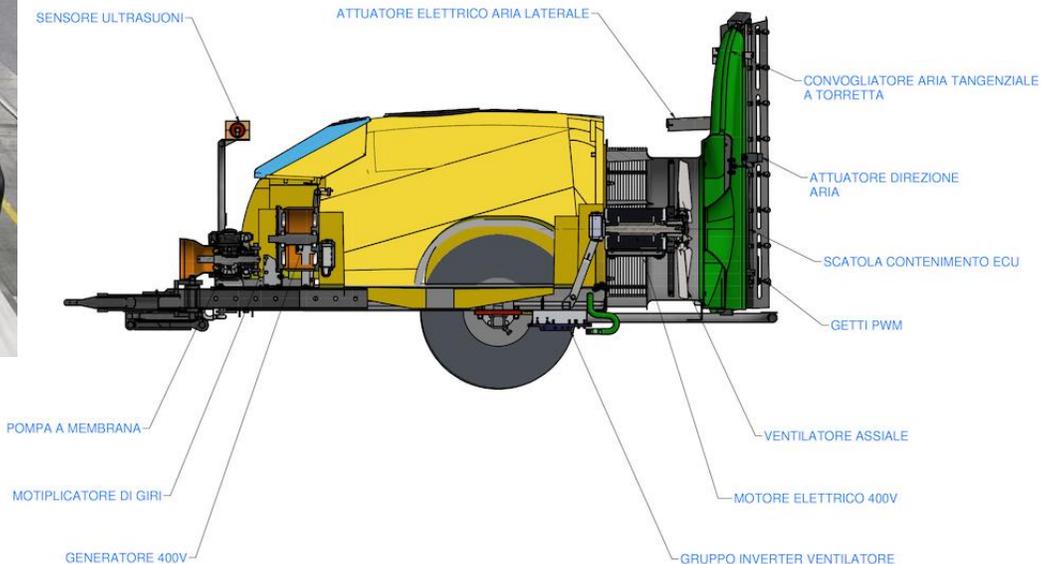
Voto AdP: 0,8

Approccio: on the go

Sensore: ultrasuoni o accelerometro

## Esempi: macchine con regolazioni on the go

Modulazione del trattamento in funzione della vigoria della chioma



<https://www.youtube.com/watch?v=Y84YSzgtzJo>



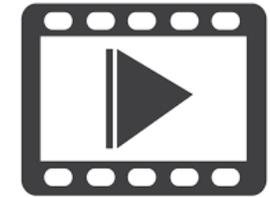
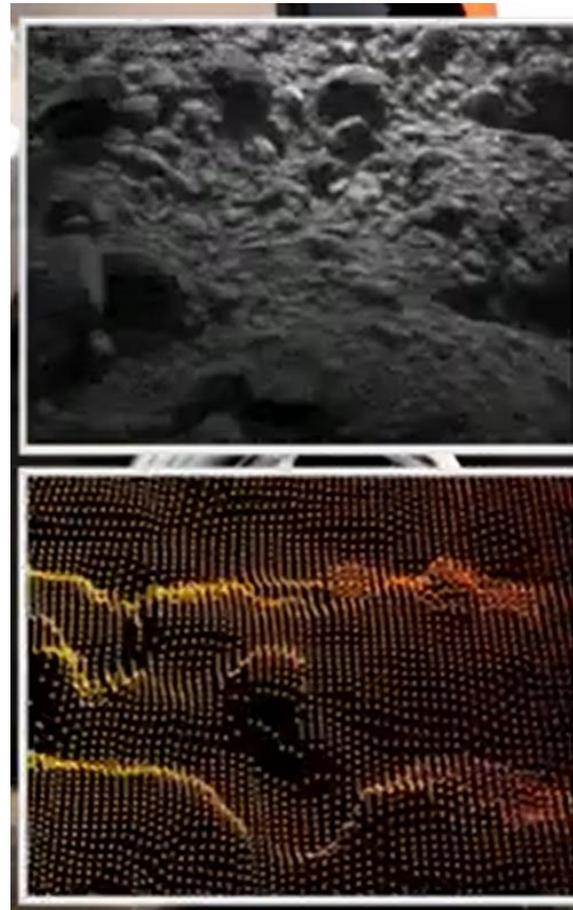
Voto AdP: 0,6

Approccio: on the go

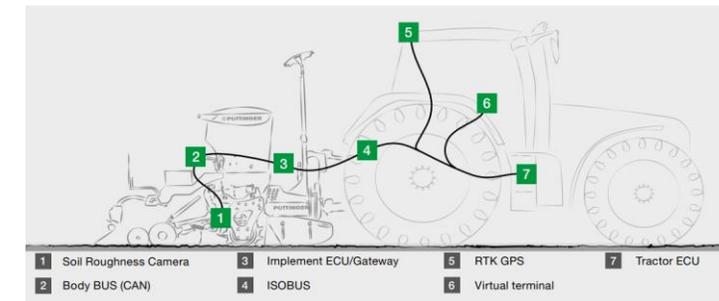
Sensore: camera RGB-D o RGB + AI

# Esempi: macchine con regolazioni on the go

Regolazione dell'affinamento



<https://youtu.be/61topSQM50A>



Voto AdP: 0,6

Sensore: fotocellula

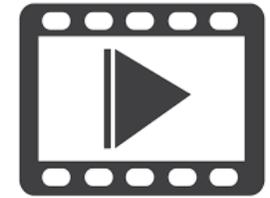
Approccio: on the go

## Esempi: macchine con regolazioni on the go

Sincronizzazione semina e  
foratura pacciamatura



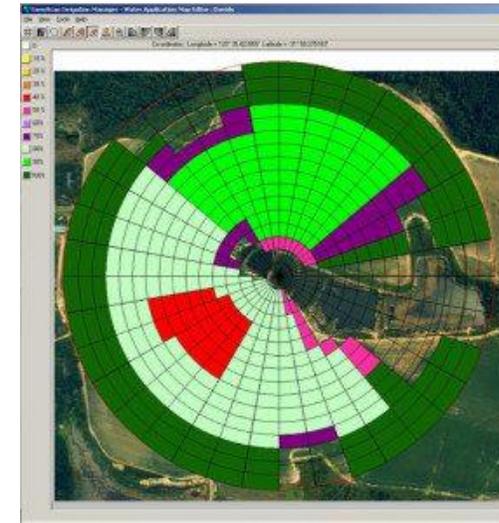
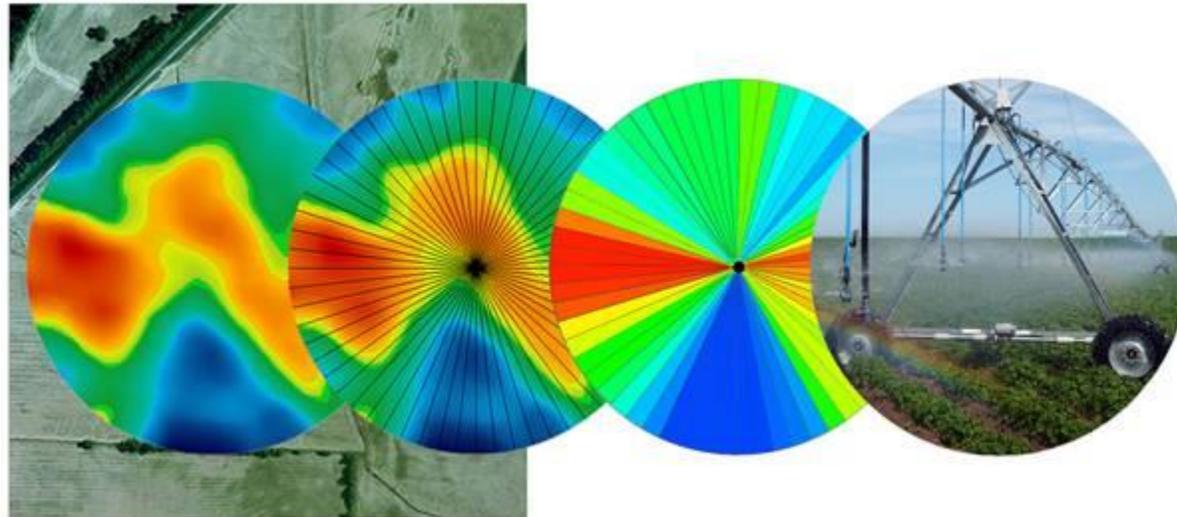
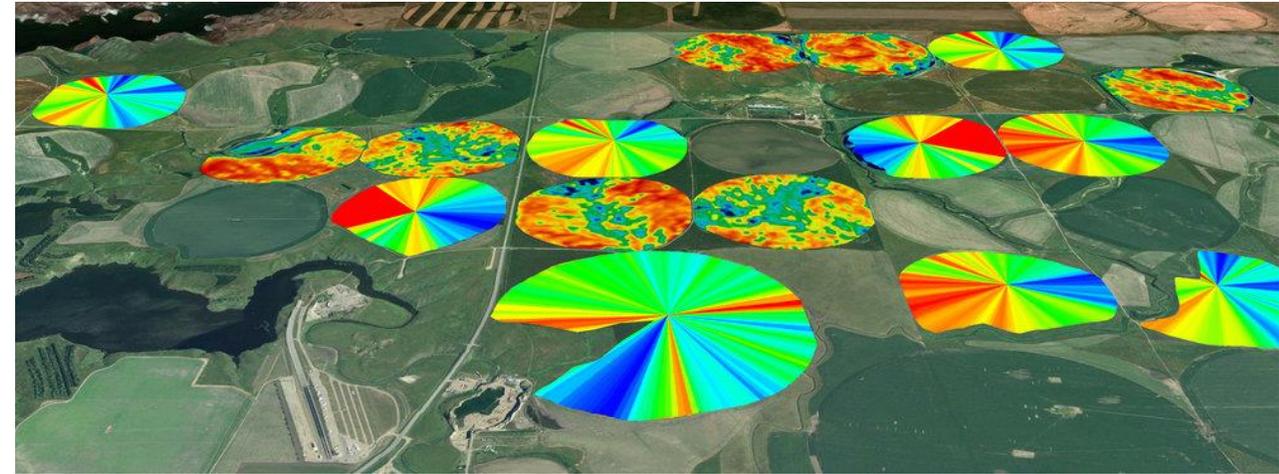
FORIGO MODULA JET



modula jet 9.mp4

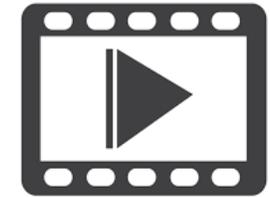
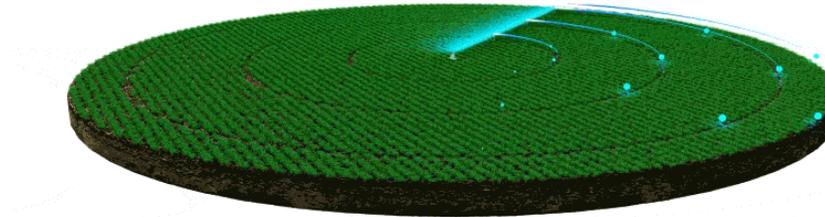
# Esempi: irrigazione con regolazioni basate su mappa

Irrigazione di precisione e oltre

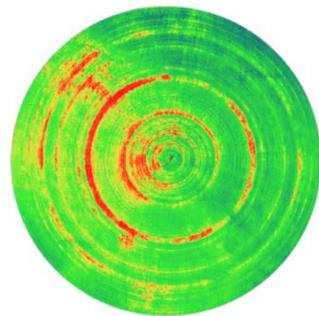


# Esempi: irrigazione con regolazioni basate su mappa

Irrigazione di precisione e oltre

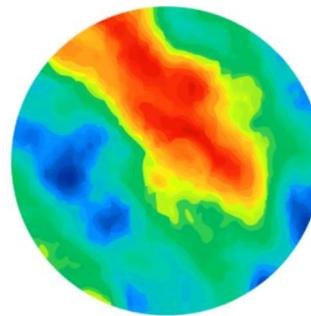


<https://www.valleyirrigation.com/autonomous-crop-management>



Detect Anomalies

Multi-sensor data provides a complete view of field conditions and plant health – right on your smartphone, tablet or PC. If there are issues, you can take action immediately, avoiding potential damage and loss.



Optimize Irrigation

Artificial Intelligence (AI)-powered applications do a complex analysis, following the crop water stress index (CWSI). The result is optimal irrigation scheduling and water usage throughout the entire growing cycle.



Control Pests & Diseases

Computer vision algorithms analyze images from various heights, and then alert you of the risk to your crops – long before they're noticeable with the naked eye.

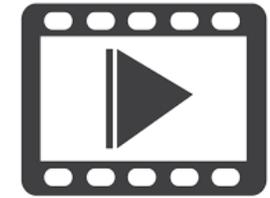
Voto AdP: 0,1

Sensore: vari

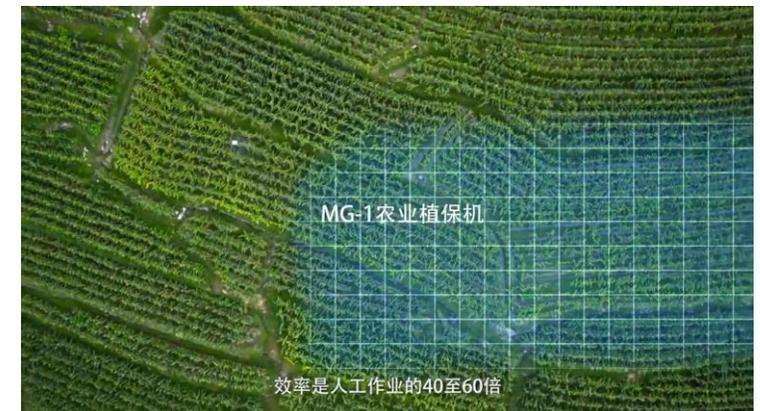
Approccio: on the go

## Esempi: droni

Operazioni eseguite da drone



Trichogramma.mp4  
DJI Agras MG-1.mp4



Voto AdP: 0,1

Sensore: vari

Approccio: on the go

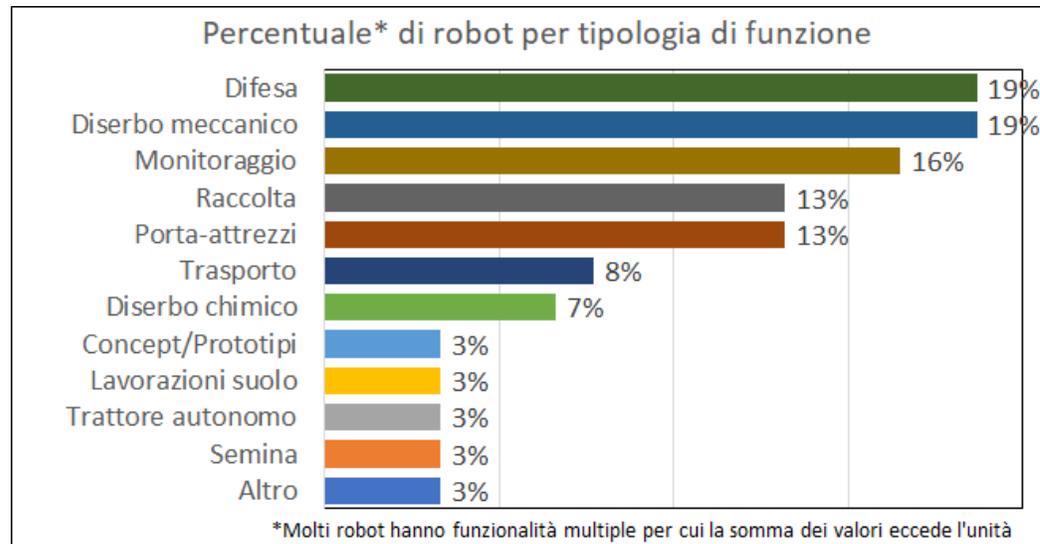
## Esempi: robot

Attenzione: i robot sono piattaforme non sono attrezzi, e per questo motivo sono vocati all'agricoltura di precisione ma non sono strumenti per l'AdP.

Raussendorf GmbH Casar



Saga Robotics



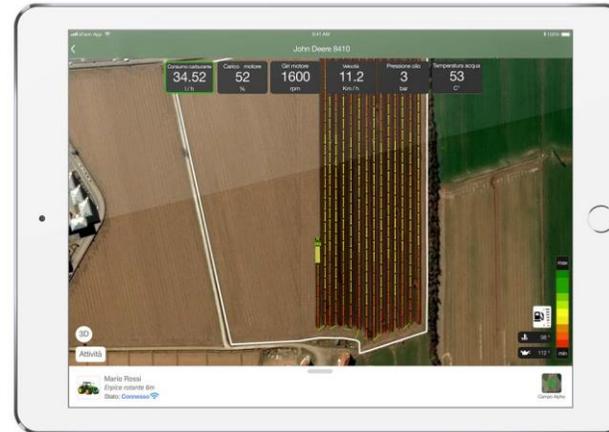
Robotti

# Esempi: tracking della flotta aziendale

Monitoraggio in tempo reale attraverso servizi cloud della f

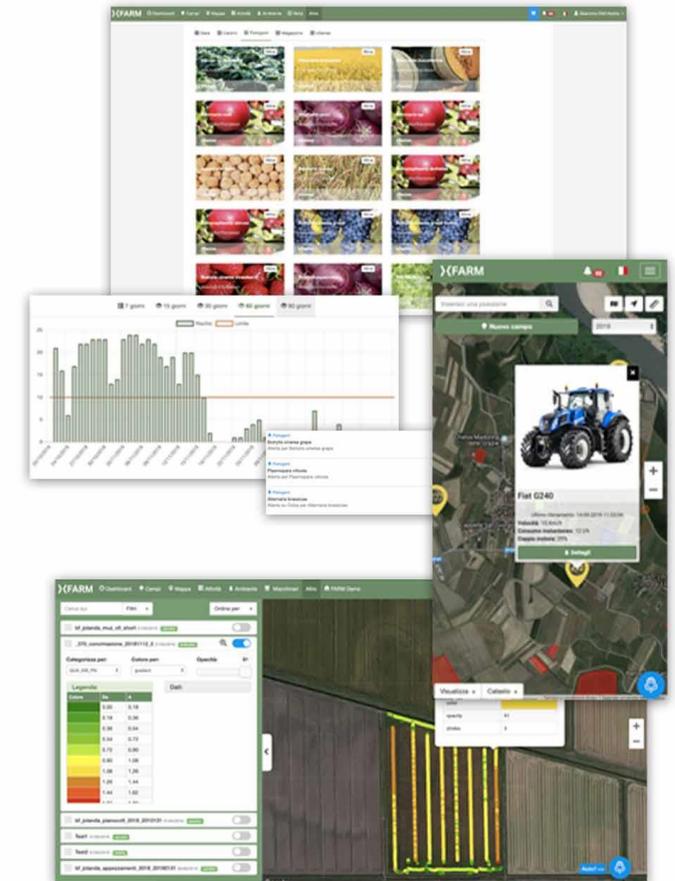
*Cloud dei dati, uno strumento indispensabile per le aziende agricole italiane*

Di [Tommaso Ranerelli](#) 4 Marzo 2021



## Irrigazione? No problem con le soluzioni 4.0

Gli ultimi pivot e rainger proposti sul mercato sono più precisi ma anche **integrati in un sistema IoT** e **connessi a dispositivi esterni**, in modo tale da permettere all'agricoltore di avere **tutto sotto controllo** anche quando non è in campo e di aumentare l'**efficienza** dell'irrigazione. Tramite **tecnologie 4.0**, l'operatore può comunicare con i sensori in campo, **accendere, spegnere e regolare la velocità/pluviometria** degli impianti irrigui, monitorare in tempo reale il loro funzionamento e ricevere alert che lo avvisano di anomalie o stress idrici. Il tutto da qualsiasi luogo.



# Corretto o non corretto?



# Corretto o non corretto?

La capacità di carico è sufficiente?



# Corretto o non corretto?

Maps resolution is correct?



# Corretto o non corretto?

~~Maps resolution is correct?~~



# Corretto o non corretto?

~~Different machines are comparable?~~



---

# Per concludere

Alcune domande di riferimento per una valutazione:

La macchina/attrezzo:

- Opera su sistemi di potenza facilmente controllabili e regolabili?
- È dotato di sistemi (facili) di regolazione?
- È dotato di sensori o di altri sistemi di feedback/retroazione?
- Apporta un beneficio nella gestione della variabilità?
- È coordinabile con altre attrezzature presenti in azienda?
- Andrà ad operare in un'azienda in cui è presente una sufficiente variabilità?

Dubbi?

Mail: [francesco.marinello@unipd.it](mailto:francesco.marinello@unipd.it)

Twitter: @marinello\_unipd

