

L'innovazione sostenibile nelle macchine agricole: il ruolo strategico delle imprese agromeccaniche

Paolo GAY

Dipartimento di Scienze Agrarie Forestali e Alimentari
Università degli Studi di Torino



UNIVERSITÀ
DI TORINO



Progetto da copyright

Organizza:  

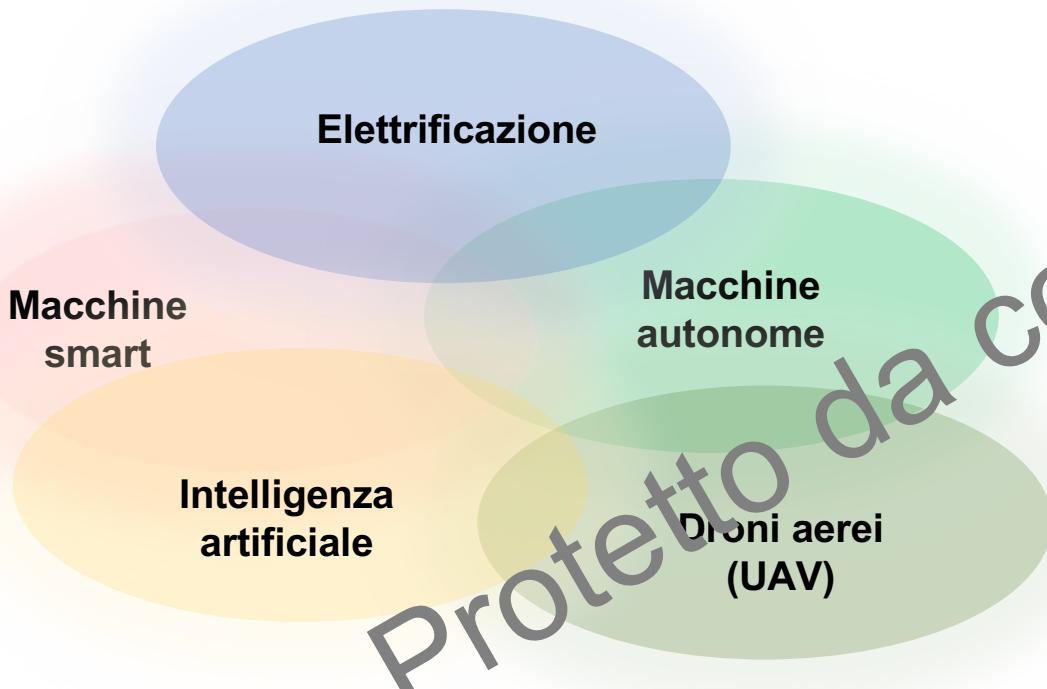
Partner: 

In collaborazione con: 

Sponsor:



Innovazione nelle macchine agricole



Elettrificazione

- Trazione
- Attrezzi

Macchine smart

- Trattore
- Attrezzi

Macchine autonome (robot)

- Robotica in campo
- Flotte (sciami) di macchine
- Macchine a controllo remoto
- Agrioltura di precisione

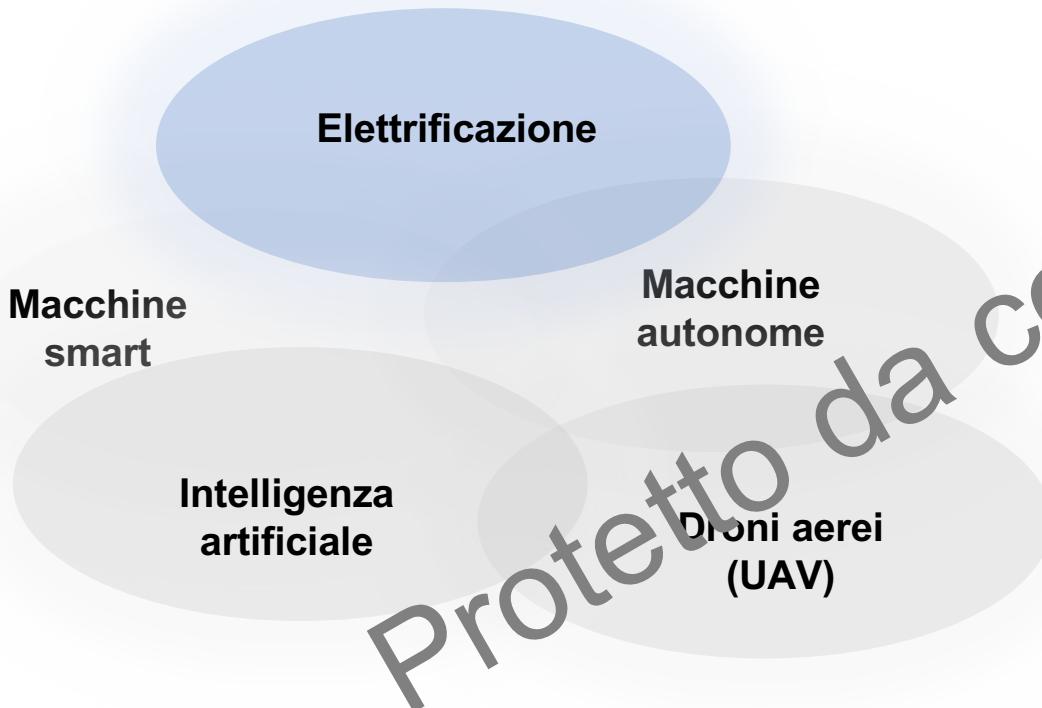
Intelligenza artificiale (AI):

- New tools for artificial vision
- Prediction, decision support
- HMI, user communication

Droni aerei (UAV) (Uncrewed Aerial Vehicle):

- Monitoraggio e acquisizione di dati sulle colture
- Operazioni in campo, trattamenti fitosanitari

Innovazione nelle macchine agricole



Elettrificazione

- Trazione
- Attrezzi

Macchine smart

- Trattore
- Attrezzi

Macchine autonome (robot)

- Robotica in campo
- Flotte (sciami) di macchine
- Macchine a controllo remoto
- Agrioltura di precisione

Intelligenza artificiale (AI):

- New tools for artificial vision
- Prediction, decision support
- HMI, user communication

Droni aerei (UAV) (Uncrewed Aerial Vehicle):

- Monitoraggio e acquisizione di dati sulle colture
- Operazioni in campo, trattamenti fitosanitari

Innovazione nelle macchine agricole: elettrificazione

Elettrificazione:



(Fonte: www.fendt.com)

Esempio: da 50 a 66 kW a seconda della modalità di impiego selezionata; capacità batteria: 100kWh.

Innovazione nelle macchine agricole: elettrificazione



Sistemi in «Bassa tensione» (anche detti «mild voltage»)

Sistemi operanti con una tensione compresa tra 32 V e 75 V DC ($\rightarrow 48 \text{ VDC}$) con potenze fino a **10-15 kW**

Applicazioni:

- trattori «Specialty» ossia da vigneto, frutteto o orticoltura con macchine operatrici (es. sfogliatrici, cimatici, spandiconcime, irroratrici) che richiedono potenze medio-basse.
- sistemi a guida autonoma operanti negli stessi ambiti.

Sistemi in «Alta tensione»

Potenze fino a **50-70kW**, due tipologie:

- Sistemi in Corrente continua con tensione $\geq 700 \text{ V}$ (es. Automotive, CNH, AgXeed,...)
- Sistemi in Corrente alternata trifase con tensione concatenata $\geq 400 \text{ V}$ (es. John Deere)

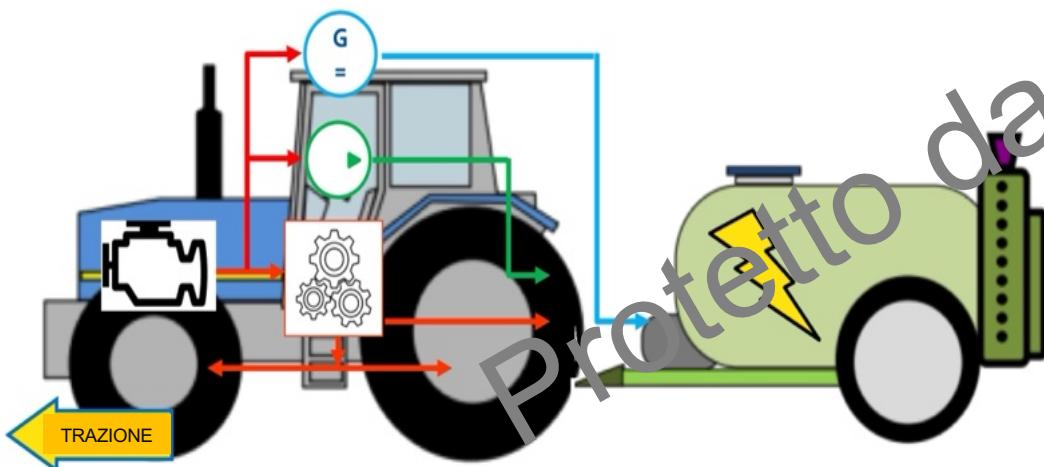
Applicazioni:

- pieno campo con trattori «Utility» con macchine operatrici (es. spandiconcime, macchine lavorazione terreno, macchine fienagione) che richiedono potenze medio-alte.
- sistemi a guida autonoma operanti in pieno campo.

Innovazione nelle macchine agricole: elettrificazione

Elettrificazione:

- Trazione (BEV, HEV, PHEV, Fuel Cell EV)
- Attrezzi ← Energia elettrica fornita dal trattore



Vantaggi:

- ogni azionamento può essere controllato in maniera indipendente dal regime di rotazione del motore (e della PTO)
- facile sincronizzazione dei movimenti di ogni parte dell'attrezzo (alto livello di automazione)
- elevata efficienza energetica della parte elettrica; il motore del trattore può sempre lavorare al suo regime ottimale, svincolandosi completamente dalle esigenze dell'attrezzo
- pulito (no olio in pressione, no olio per la lubrificazione)
- migliori prestazioni dinamiche

Innovazione nelle macchine agricole: elettrificazione

Elettrificazione:

- Trazione (BEV, HEV, PHEV, Fuel Cell EV)
- Attrezzi ← Energia elettrica fornita dal trattore

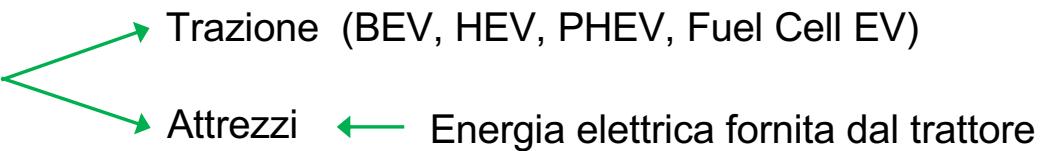


In aggiunta, la possibilità di operare senza giunto rappresenta un grande vantaggio per la sicurezza, durante le fasi di aggancio e sgancio, così come per la manovrabilità dell'insieme trattore + attrezzo.

Vantaggi:

- ogni azionamento può essere controllato in maniera indipendente dal regime di rotazione del motore (e della PTO)
- facile sincronizzazione dei movimenti di ogni parte dell'attrezzo (alto livello di automazione)
- elevata efficienza energetica della parte elettrica; il motore del trattore può sempre lavorare al suo regime ottimale, svincolandosi completamente dalle esigenze dell'attrezzo
- pulito (no olio in pressione, no olio per la lubrificazione)
- migliori prestazioni dinamiche e manovrabilità

Innovazione nelle macchine agricole: elettrificazione

Elettrificazione: 

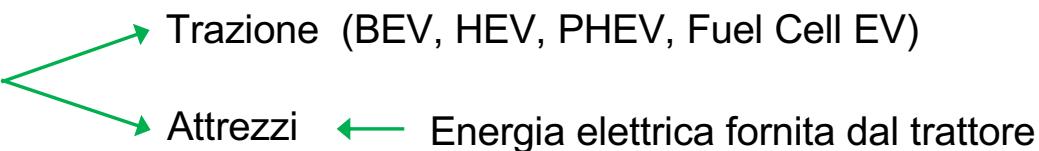
- Trazione (BEV, HEV, PHEV, Fuel Cell EV)
- Attrezzi
- Energia elettrica fornita dal trattore



Il Landini REX4-080 Energy è equipaggiato con un generatore elettrico da 10 kW (13.5 hp) e di un inverter a la tensione di 48 V DC, collegati al motore diesel da 75 hp Deutz AG senza SCR, compatibile con combustibili HVO.

(Landini REX4-080, 2024)

Innovazione nelle macchine agricole: elettrificazione

Elettrificazione: 
Trazione (BEV, HEV, PHEV, Fuel Cell EV)
Attrezzi ← Energia elettrica fornita dal trattore

VOLTAFIENO ELETTRICO

FRANDENT



UNIVERSITÀ
DI TORINO

marcel
MACCHINE AGRICOLE ELETTRICHE

Con questo sistema è possibile:

- impostare la velocità dei rotori indipendentemente dalla rotazione del motore
- modificare la distanza tra i rotori,
- modificare l'angolo di attacco.



(Fonte: foto propria DISAFA - UNITO)

Innovazione nelle macchine agricole: elettrificazione



VOLTAFIENO ELETTRICO

FRANDENT



UNIVERSITÀ
DI TORINO

marcel
MACCHINE AGRICOLE ELETTRICHE

Con questo sistema è possibile:

- impostare la velocità dei rotori indipendentemente dalla rotazione del motore
- modificare la distanza tra i rotori,
- modificare l'angolo di attacco.



(Fonte: foto propria DISAFA - UNITO)

Innovazione nelle macchine agricole: elettrificazione

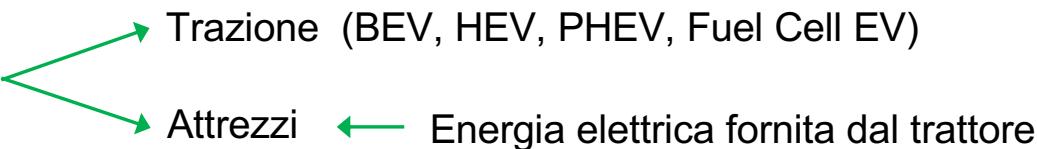
Elettrificazione:

DEFOGLIATRICE ELETTRICA



(Fonte: foto propria DISAFA - UNITO)

Innovazione nelle macchine agricole: elettrificazione

Elettrificazione: 
Trazione (BEV, HEV, PHEV, Fuel Cell EV)
Attrezzi
Energia elettrica fornita dal trattore

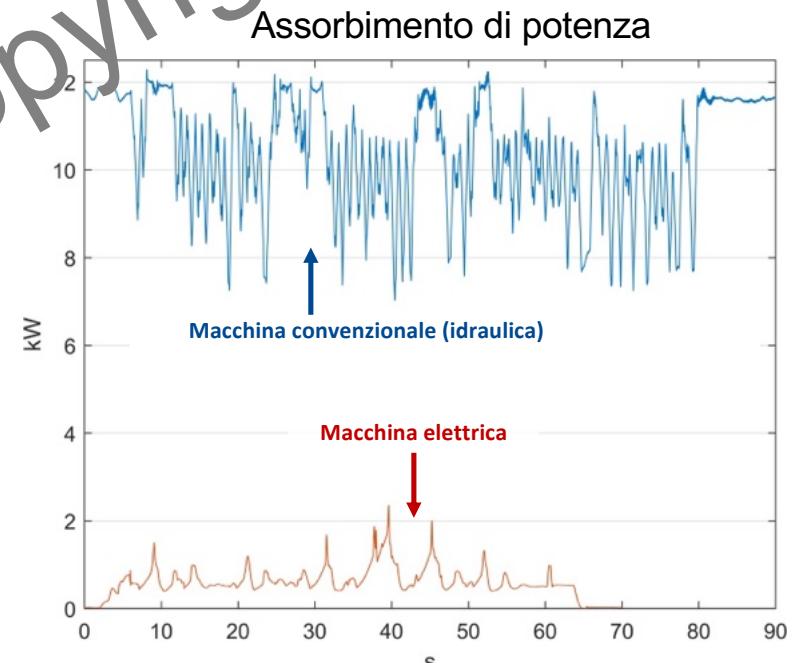
DEFOGLIATRICE ELETTRICA



(Fonte: foto propria DISAFA - UNITO)



Progetto da copyright



Innovazione nelle macchine agricole: elettrificazione

Elettrificazione:

- Trazione (BEV, HEV, PHEV, Fuel Cell EV)
- Attrezzi ← Energia elettrica fornita dal trattore

IRRORATRICE A SCAVALCO DA VIGNETO



UNIVERSITÀ
DI TORINO



(Fonte: foto propria DISAFA - UNITO)

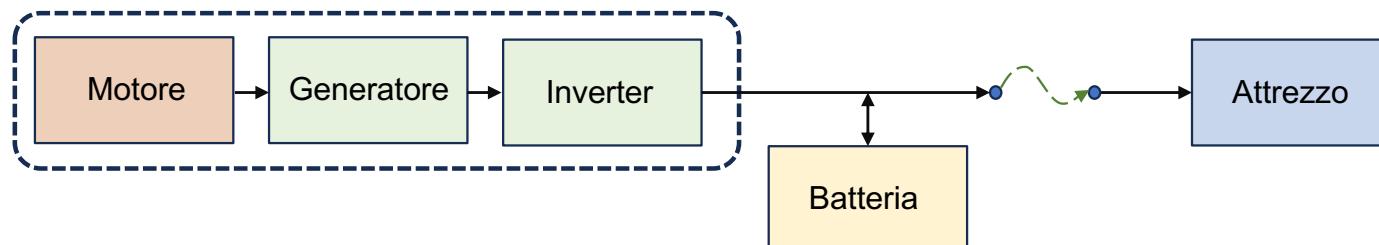
Innovazione nelle macchine agricole: elettrificazione

Nel prossimo futuro:

- saranno disponibili nuovi trattori con generatore di corrente elettrica (in primis 48V DC)
- dallo schema attuale:



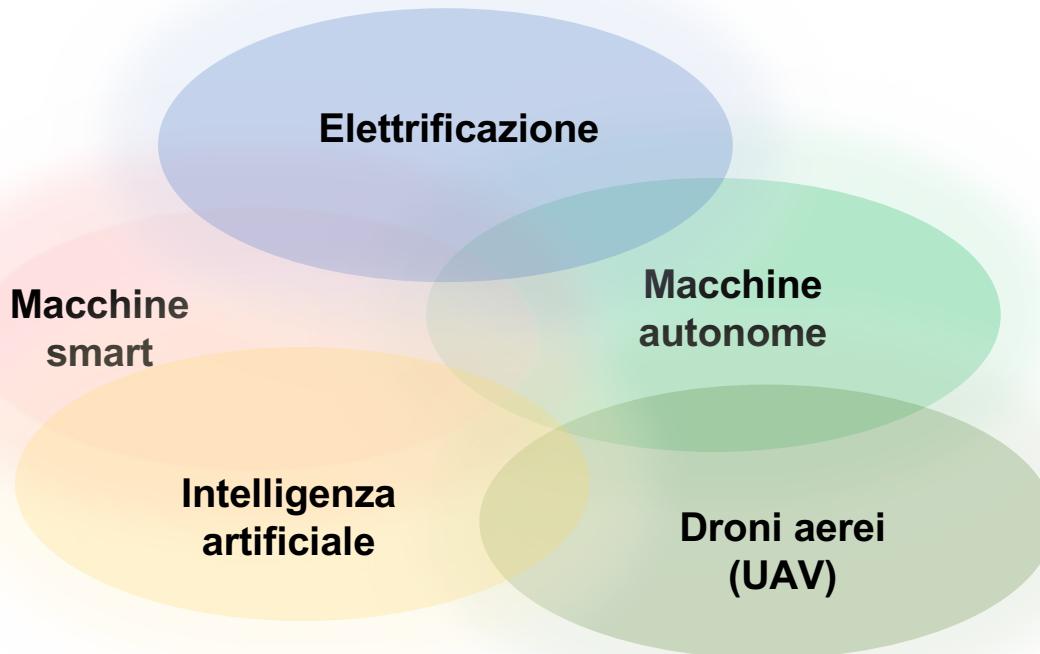
si passerà ad una struttura con batteria intermedia



che permetterà:

- migliore regolarità della tensione erogata
- sistemi «mild hybrid» per la trazione
 - migliore efficienza energetica
 - power-boost

Innovazione nelle macchine agricole



Elettrificazione

- Trazione
- Attrezzi

Macchine smart

- Trattore
- Attrezzi

Macchine autonome (robot)

- Robotica in campo
- Flotte (sciami) di macchine
- Macchine a controllo remoto
- Agrioltura di precisione

Intelligenza artificiale (AI):

- New tools for artificial vision
- Prediction, decision support
- HMI, user communication

Droni aerei (UAV) (Uncrewed Aerial Vehicle):

- Monitoraggio e acquisizione di dati sulle colture
- Operazioni in campo, trattamenti fitosanitari

Innovazione nelle macchine agricole

Macchine
smart

Intelligenza
artificiale

Elettrificazione

Macchine
autonome

Droni aerei
(UAV)

Elettrificazione

- Trazione
- Attrezzi

Macchine smart

- Trattore
- Attrezzi

Macchine autonome (robot)

- Robotica in campo
- Flotte (sciami) di macchine
- Macchine a controllo remoto
- Agrioltura di precisione

Intelligenza artificiale (AI):

- New tools for artificial vision
- Prediction, decision support
- HMI, user communication

Droni aerei (UAV) (Uncrewed Aerial Vehicle):

- Monitoraggio e acquisizione di dati sulle colture
- Operazioni in campo, trattamenti fitosanitari

Innovazione nelle macchine agricole: macchine smart

smart adjective (INTELLIGENT)

B1 mainly US

intelligent, or able to think quickly or intelligently in difficult situations:

Smart technology includes devices, systems, and places that use **advanced technologies** to interact intelligently with the surrounding environment, the process human operators.

What makes a technology 'smart' is its ability to communicate and work with other networked technologies, and through this ability to allow automated or adaptive functionality as well as remote accessibility or operation from anywhere.

The term "smart machine" implies a machine that is better connected, more flexible, more efficient, and safe.



Phone

Smart-phone

- Il cellulare era progettato, realizzato e venduto in una configurazione che rimaneva inalterata durante tutta la vita utile del prodotto
- Lo smart-phone è soggetto ad aggiornamenti periodici del firmware e del software che incrementano e migliorano le prestazioni. Nuove funzionalità possono essere aggiunte anche attraverso l'acquisto di software addizionale, anche in tempi diversi.

Innovazione nelle macchine agricole: macchine smart (trattore)

Integra una suite completa di sensori utilizzabili in molteplici applicazioni, tra cui il controllo del trattore, i sistemi di assistenza all'operatore o la trasmissione di dati all'attrezzatura. Tali applicativi software possono essere caricati nel firmware della macchina in un secondo momento, quando resi disponibili dal costruttore, oppure acquisiti dal cliente.

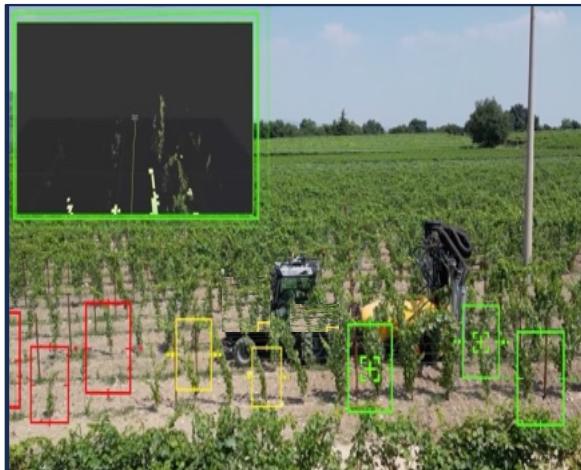


"The system is based purely on LIDAR sensor technology, using simultaneous localisation and mapping algorithms. It is also able to recognise row ends and incorporates a path planner to perform headland turns, with different path shapes available. A collision check mechanism means that if the headland does not have the required characteristics, the system will advise the operator, avoiding possible collisions with trees/plants or other objects.

Advanced Vision Assisted Guidance integrates the use of perception-based implement control, allowing automation of various tasks for different implements. With a trailed sprayer connected via ISOBUS, for example, it can be used to automate left and right section control at row-ends, or account for any missing tree/plant in the row."

Innovazione nelle macchine agricole: macchine smart (trattore)

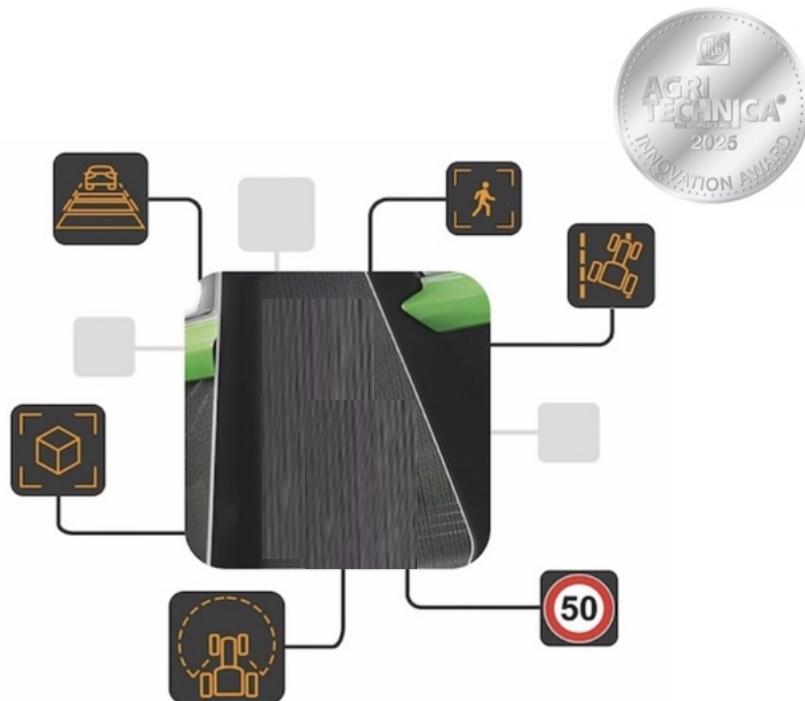
Integra una suite completa di sensori utilizzabili in molteplici applicazioni, tra cui il controllo del trattore, i sistemi di assistenza all'operatore o la trasmissione di dati all'attrezzatura. Tali applicativi software possono essere caricati nel firmware della macchina in un secondo momento, quando resi disponibili dal costruttore, oppure acquisiti dal cliente.



“Smart Vineyard Tractor introduces the innovative concept of the “sensor tractor” — a machine equipped for the automatic collection of agronomic data aimed at crop monitoring, while simultaneously enabling the vehicle to perform advanced functions such as operator-free driving and autonomous implement management. Thanks to a comprehensive set of advanced sensors — including stereo cameras — and the supervision of a high-performance control unit, the Smart Vineyard Tractor is capable of acquiring, processing and share, in real time, a wide range of environmental data. These data make it possible not only to carry out autonomous operations along vineyard rows, but also to map the evolution of vegetative growth and the physiological condition of the crop, enabling early diagnosis of the most common vine diseases.”

Innovazione nelle macchine agricole: macchine smart (trattore)

Integra una suite completa di sensori utilizzabili in molteplici applicazioni, tra cui il controllo del trattore, i sistemi di assistenza all'operatore o la trasmissione di dati all'attrezzatura. Tali applicativi software possono essere caricati nel firmware della macchina in un secondo momento, quando resi disponibili dal costruttore, oppure acquisiti dal cliente.



“The TAGS technology is built around the “tractor-as-a-sensor” concept. This means that the tractor becomes an intelligent, connected hub that continuously collects and shares field data. The TAGS system is based on high-resolution digital cameras with High Dynamic Range (HDR), certified for agricultural use and fully integrated into the tractor’s design.

The system provides:

- Lane Assist – Keeps the tractor safely within the lane, with visual alerts.*
- Human Detection – Warns of the presence of people in hazardous areas.*
- Crossroad Assist – Expands the operator’s view to a stitched 190° panorama.*
- Overtake Indicator – Alerts when vehicles are approaching from behind.*
- Off-Road Lane Assist – Detects drivable terrain even in the absence of lines.*
- 3D Obstacle Detection – Identifies both static and dynamic objects.*
- Adaptive Cruise Control (ACC) – Maintains a safe distance on the road and in the field.*
- Traffic Sign Recognition – AI-based classification with automatic alerts.”*

Innovazione nelle macchine agricole: macchine smart (attrezzo)

È un'attrezzatura dotata di sensori e attuatori dedicati, capace — in funzione del software installato — di eseguire operazioni complesse. La versione dello specifico software acquistato e installato può abilitare o disabilitare determinate funzionalità operative.



Caffini Zephiro

(<https://www.caffini.com/>)

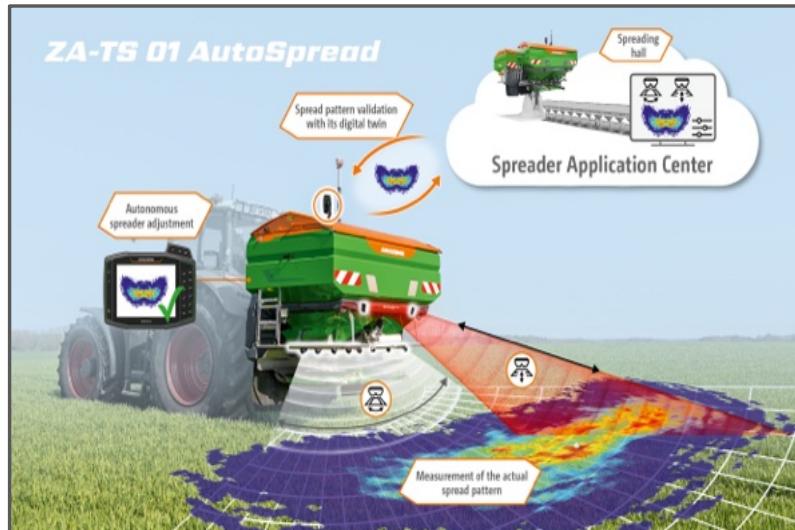
"The sprayer is entirely electric and includes eight fans, each provided with two PWM-controlled nozzles. It also communicates with the tractor through the ISOBUS protocol.

Thanks to the integration of stereoscopic cameras and artificial intelligence algorithms, ZEPHIRO is capable of analyzing crop conditions in real time and automatically adjusting treatments.

This results in greater spraying precision, a drastic reduction in the use of plant protection products, and a significant contribution to environmental sustainability."

Innovazione nelle macchine agricole: macchine smart (attrezzo)

È un'attrezzatura dotata di sensori e attuatori dedicati, capace — in funzione del software installato — di eseguire operazioni complesse. La versione dello specifico software acquistato e installato può abilitare o disabilitare determinate funzionalità operative.

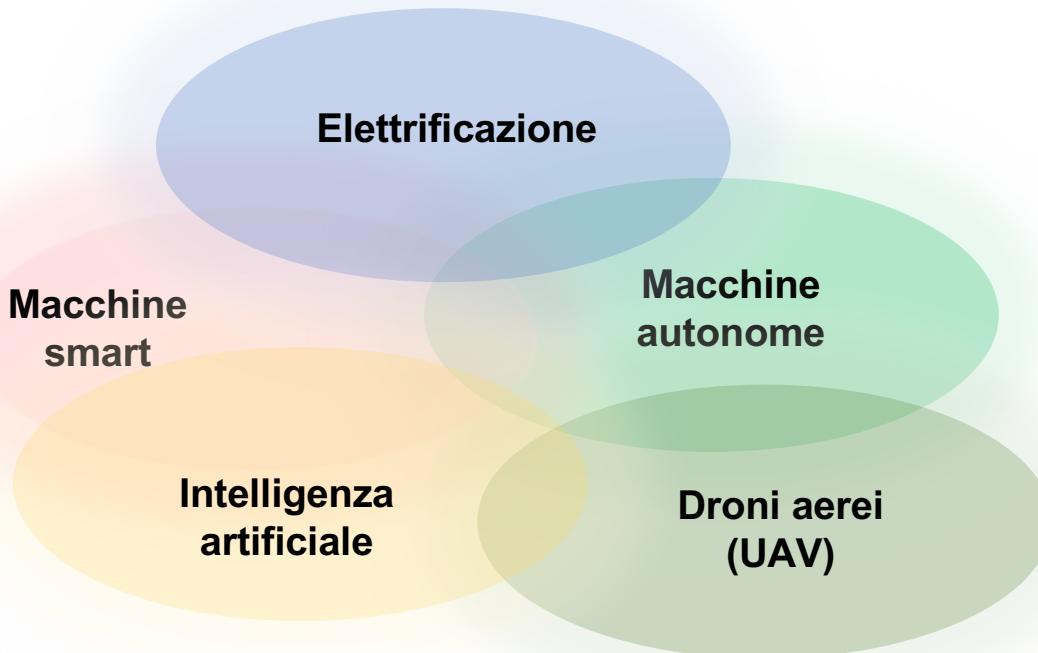


(Fonte: www.amazone.com)

“AutoSpread monitors the actual spread pattern of the fertiliser and automatically adjusts the settings to achieve optimum distribution. Combined with the intelligent online connection to the AMAZONE Spreader Application Center, the actual spread pattern is permanently validated, meaning that the operator no longer has to make any settings. This solution is unique and offers a particularly high degree of innovation.

Thanks to the additional AutoSpread sensors, it is now possible for the first time to determine not only the throwing direction but also the throwing distance and consequently the actual spread pattern in the field. This turns the ZA-TS 01 AutoSpread into a mobile spreading hall.”

Innovazione nelle macchine agricole



Elettrificazione

- Trazione
- Attrezzi

Macchine smart

- Trattore
- Attrezzi

Macchine autonome (robot)

- Robotica in campo
- Flotte (sciami) di macchine
- Macchine a controllo remoto
- Agrioltura di precisione

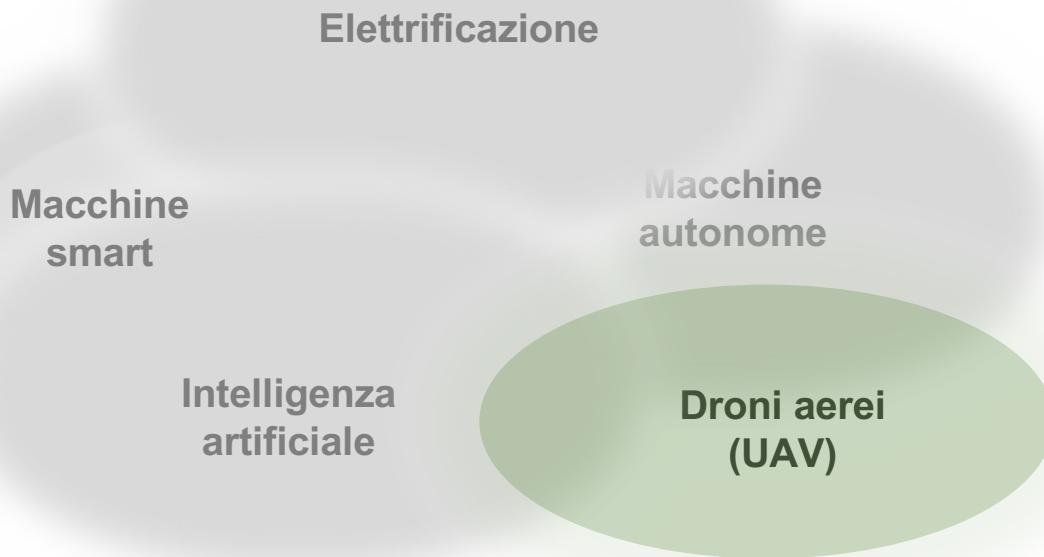
Intelligenza artificiale (AI):

- New tools for artificial vision
- Prediction, decision support
- HMI, user communication

Droni aerei (UAV) (Uncrewed Aerial Vehicle):

- Monitoraggio e acquisizione di dati sulle colture
- Operazioni in campo, trattamenti fitosanitari

Innovazione nelle macchine agricole



Elettrificazione

- Trazione
- Attrezzi

Macchine smart

- Trattore
- Attrezzi

Macchine autonome (robot)

- Robotica in campo
- Flotte (sciami) di macchine
- Macchine a controllo remoto
- Agrioltura di precisione

Intelligenza artificiale(AI):

- New tools for artificial vision
- Prediction, decision support
- HMI, user communication

Droni aerei (UAV) (Uncrewed Aerial Vehicle):

- Monitoraggio e acquisizione di dati sulle colture
- Operazioni in campo, trattamenti fitosanitari

Innovazione nelle macchine agricole: droni

Dal 2015 si è assistita ad una rapida diffusione dei droni per usi civili, nei più diversi settori



(Fonte: www.dji.com)

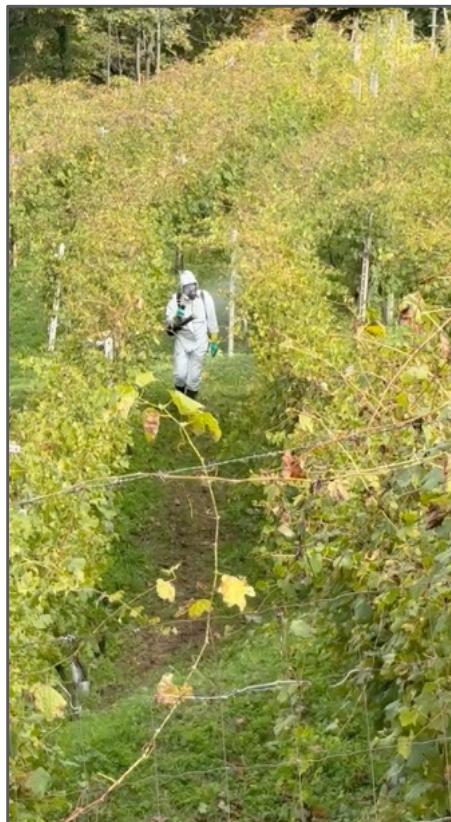
Innovazione nelle macchine agricole: droni

Il drone arriva anche al servizio dell'agricoltura, prima per il monitoraggio, poi per le operazioni in campo



 **TEVEL** (<https://www.tevel-tech.com>)

Innovazione nelle macchine agricole: droni

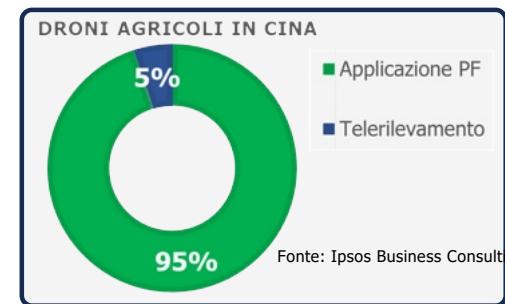
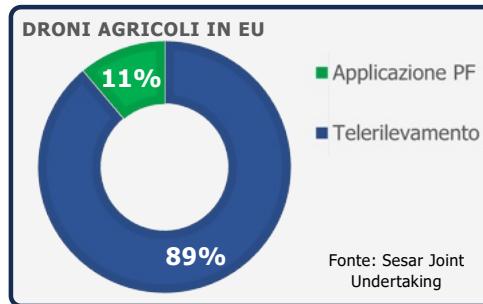
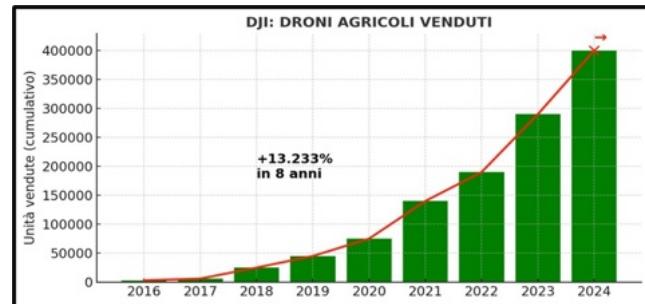


(Fonte: foto propria DISAFA - UNITO)

(Fonte: foto propria DISAFA - UNITO)

Innovazione nelle macchine agricole: droni

In Europa attualmente ci sono delle limitazioni di carattere normativo sull'utilizzo dei droni per i trattamenti fitosanitari, ma quanto sta succedendo nel resto del mondo lascia presagire una prossima grande diffusione.



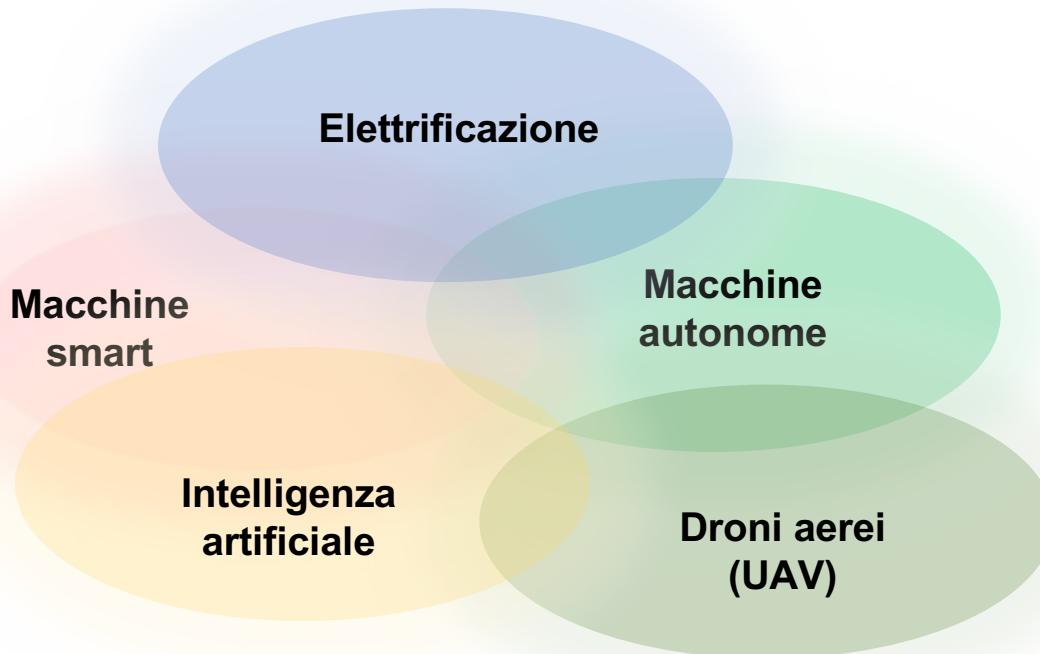
Fonte: NATESC
(2021)

Attualmente i droni non sono generalmente commercializzati dai concessionari di macchine agricole, bensì da importatori che coprono un'ampia gamma di applicazioni dalla geomatica, alla cinematografia, all'agricoltura, al monitoraggio ambientale, alla protezione civile.

In futuro, una volta che la normativa consentirà di effettuare trattamenti fitosanitari, i droni per la protezione delle colture saranno commercializzati dagli stessi concessionari che oggi vendono le macchine irroratrici?

Il modello di business non è ancora ben definito né ampiamente consolidato: considerata anche la complessità dei processi autorizzativi ed operativi, sarà più vantaggioso vendere o noleggiare i droni, oppure erogare un servizio?

Innovazione nelle macchine agricole



Elettrificazione

- Trazione
- Attrezzi

Macchine smart

- Trattore
- Attrezzi

Macchine autonome (robot)

- Robotica in campo
- Flotte (sciami) di macchine
- Macchine a controllo remoto
- Agrioltura di precisione

Intelligenza artificiale (AI):

- New tools for artificial vision
- Prediction, decision support
- HMI, user communication

Droni aerei (UAV) (Uncrewed Aerial Vehicle):

- Monitoraggio e acquisizione di dati sulle colture
- Operazioni in campo, trattamenti fitosanitari

Innovazione nelle macchine agricole



Elettrificazione

- Trazione
- Attrezzi

Macchine smart

- Trattore
- Attrezzi

Macchine autonome (robot)

- Robotica in campo
- Flotte (sciami) di macchine
- Macchine a controllo remoto
- Agrioltura di precisione

Intelligenza artificiale(AI):

- New tools for artificial vision
- Prediction, decision support
- HMI, user communication

Droni aerei (UAV) (Uncrewed Aerial Vehicle):

- Monitoraggio e acquisizione di dati sulle colture
- Operazioni in campo, trattamenti fitosanitari

Innovazione nelle macchine agricole: macchine autonome

Attualmente è disponibile un'ampia gamma di macchine autonome o robotiche per l'agricoltura, già immesse sul mercato oppure in uno stadio prototipale avanzato.



AGXEED



Black Shire - R 3075



KUHN **Kuhn- Karl**



KRONE **Krone - Lemken**



ALPI ROBOT



ViTiBOT



AGROINTELLI



FIELD ROBOTICS Leading field-robot revolution

Innovazione nelle macchine agricole: macchine autonome

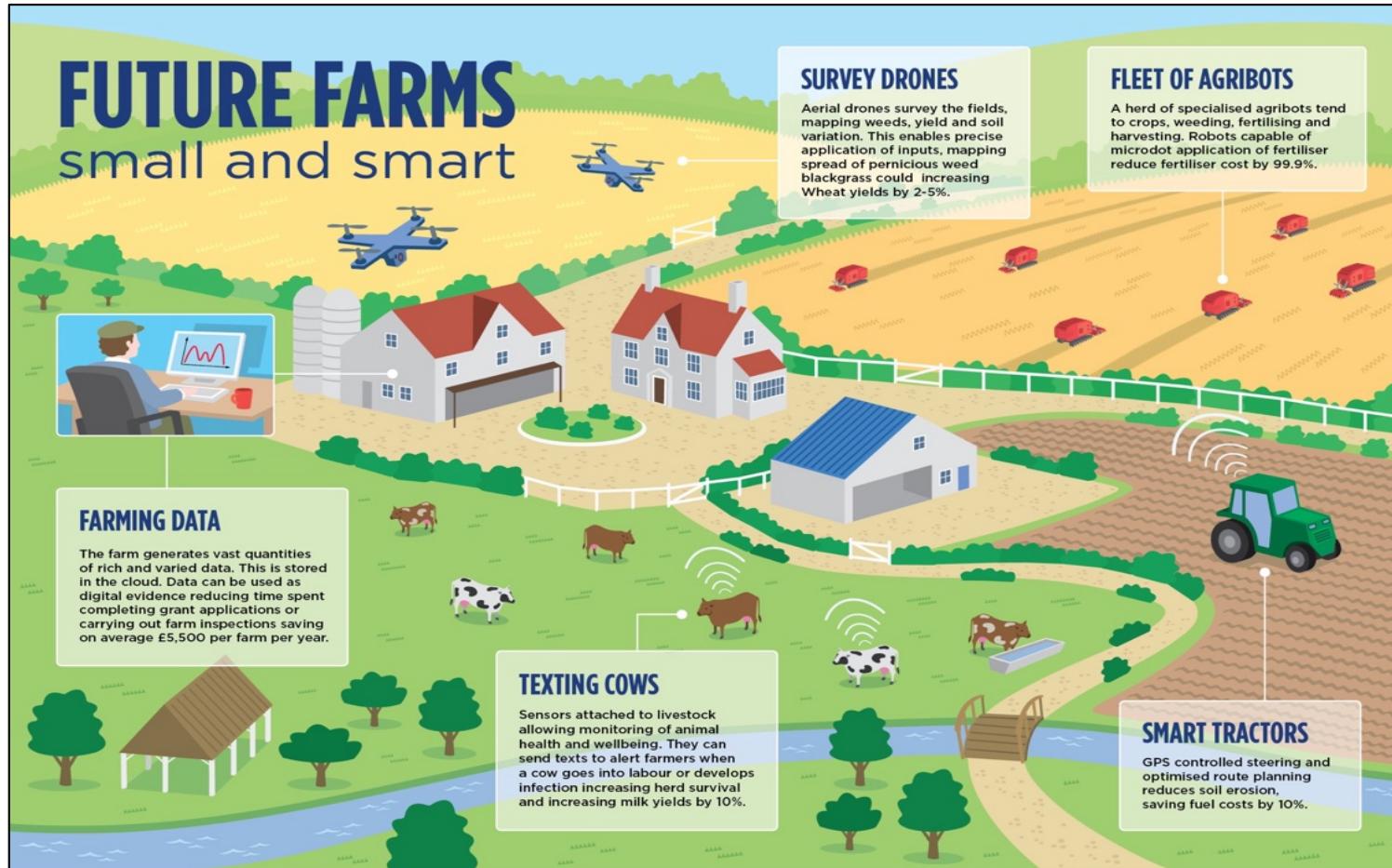
L'autonomia verrà introdotta nelle operazioni in cui l'operatore trascorre la maggior parte del tempo in postazione di guida, oppure in quelle in cui è prioritario migliorare le condizioni di sicurezza operativa.

Quanto più un'operazione richiede tempo, tanto maggiore è l'incentivo ad adottare sistemi autonomi. Se un'operazione colturale è eseguita solo una volta all'anno, sarà difficile raggiungere un reale vantaggio economico.

Per avere successo, i sistemi autonomi devono eseguire una singola operazione in campo con livelli di prestazione estremamente elevati. Gli agricoltori non accetteranno standard inferiori. I risparmi di manodopera sono evidenti, ma le prestazioni devono eguagliare o superare quelle delle operazioni manuali, soprattutto in termini di tempi di esecuzione.

Al momento, solo pochi costruttori offrono i propri robot come realmente “completamente autonomi”, ovvero capaci di operare senza supervisione umana diretta (cioè senza la presenza dell'operatore nel campo visivo con il radiocomando). La maggior parte dei sistemi richiede ancora un monitoraggio continuo in campo, che attualmente rappresenta una limitazione significativa.

Uno sguardo al futuro... dal passato!



SOURCE:
nesta



Grazie per l'attenzione

Paolo Gay

Contatti: paulo.gay@unito.it
+39 011 6708620
Largo Paolo Braccini 2
10095 Grugliasco (TO)



Meccanica Agraria
Dipartimento di Scienze
Agrarie Forestali e
Alimentari
Università degli Studi di
Torino

SI RINGRAZIANO

Partner:



Sponsor:



GASPARDÒ

McCORMICK
FINANCE

TOPCON

XFARM
TECHNOLOGIES