CEREALICOLTURA TRA AGRICOLTURA DI PRECISION E DIGITALE

LA STIMA DEI DANNI DA AVVERSITA' ATMOSFERICHE SU UVA DA VINO E CEREALI A PAGLIA

Gabriele Chiodini
Dipartimento di Scienze Agrarie Alimentari e Ambientali
Università di Perugia

Indice

1. Cos'è l'agricoltura di precisione;
2. Perché nasce l'agricoltura di precisione e perché viene incentivata;
3. Come funziona
4. Le componenti
5. Dove si applica
6. Aspetti economici
7. Sviluppi futuri
8. Considerazioni

1. Cos'è l'agricoltura di precisione

Definizione

- «fare la cosa giusta, al momento giusto, al posto giusto»;
  - Tenere conto della variabilità nel tempo e nello spazio dei fattori che influiscono sul processo produttivo agricolo, per migliorare l'efficienza degli input nella gestione dinamica del processo.
- Usare meno risorse per ottenere lo stesso risultato – oppure – ottenere un risultato migliore a parità di risorse.
- Si pone come obiettivo la compensazione della variabilità spazio-temporale attraverso la modulazione degli interventi, per ottimizzare i risultati del processo produttivo in termini economici e/o ambientali.
- Per realizzare questo obiettivo l'agricoltura di precisione si avvale di quanto di meglio la tecnologia possa offrire in termini di capacità di monitoraggio della variabilità e di attuazione di una gestione idonea a tenere conto di questa variabilità, spesso chiamata gestione sito specifica.
- Non confondere l'agricoltura di precisione con l'informatizzazione dell'agricoltura, quest'ultima non è sito specifica.

Fonte: R. Casa, 2016.

Agricoltura di precisione per la qualità dei prodotti e la sostenibilità dell'agricoltura

- L'obiettivo dell'agricoltura di precisione è fornire alle colture (e agli animali) quello che serve nel momento in cui serve. Questo permette di:
  - ridurre gli input di natura agronomica (concimi e prodotti fitosanitari);
  - prevenire situazioni di stress per le colture;
  - aumentare l'efficacia e l'efficienza degli interventi;
  - aumentare la qualità e la quantità delle produzioni.
- Alcune aziende agroalimentari stanno inserendo nei contratti di coltivazione con gli agricoltori l'obbligo ad utilizzare degli strumenti per l'agricoltura di precisione:
  - gestione ad alto contenuto di conoscenza per produrre alimenti con il minor impatto possibile sull'ambiente e sulla salute.

2. Perché nasce l'agricoltura di precisione e perché viene incentivata;

Sostenibilità dell'agricoltura

- La sostenibilità ambientale dell'agricoltura rappresenta una delle principali sfide che l'umanità deve affrontare, a cui non si può rispondere con l'immobilismo, ma col produrre in maniera efficiente e sostenibile.

- Perché l'agricoltura deve essere sostenibile?
  - si presta a politiche più incisive sul territorio poiché è l'unica attività che riesce a raggiungere tutto il territorio;
  - il 45% dei terreni europei presenta problemi di qualità del suolo, evidenziati dai bassi livelli di sostanza organica;
  - un quarto dei terreni è afflitto da un grado di erosione moderato o elevato;
  - negli ultimi 20 anni, le popolazioni di uccelli in habitat agricolo sono diminuite del 20-25% e le farfalle comuni del 70% e impollinatori come le api sono minacciate;
  - Il 40% dei terreni agricoli è esposto all'inquinamento da nitrati, con rischi per le risorse idriche;
  - Il settore agricolo è responsabile del 9% di emissioni di gas a effetto serra.

Riduzione delle superfici e aumento della domanda mondiale di prodotti agricoli

- La FAO stima che per nutrire il mondo nel 2050 sia necessario aumentare la produzione del 70% rispetto ad oggi:
  - la produzione di cereali dovrà crescere del 43%, soprattutto per alimentazione animale e per le bioenergie;
  - la produzione di carni dovrà crescere del 75%, per rispondere alla domanda dei PVS.
- Forte crescita della domanda di mangimi, biomasse, biomateriali, prodotti cosmetici e prodotti farmaceutici;
- Parallelamente ogni anno si perde superfici utilizzabile ai fini agricoli:
  - aumento della desertificazione;
  - aumento della competitività per altri usi del suolo diversi da quello agricolo (edilizia);
  - negli ultimi anni si è registrata una tendenza al rallentamento dell'incremento della produttività nei paesi sviluppati;
  - perdita di competitività dei terreni più marginali e poveri.

La nuova sfida dell'agricoltura

- Il ruolo della agricoltura sarà ancora più centrale nel futuro, poiché dovrà rispondere ad una nuova grande sfida: **produrre di più in maniera più sostenibile:**
  - contrastare la riduzione del sostegno comunitario;
  - contrastare l'aumento dei costi di produzione;
  - contrastare la volatilità dei prezzi;
  - aumentare la sostenibilità;
  - aumentare la produttività.

Intensificazione sostenibile

La sfida presuppone un concetto chiave per l'agricoltura:

innovare

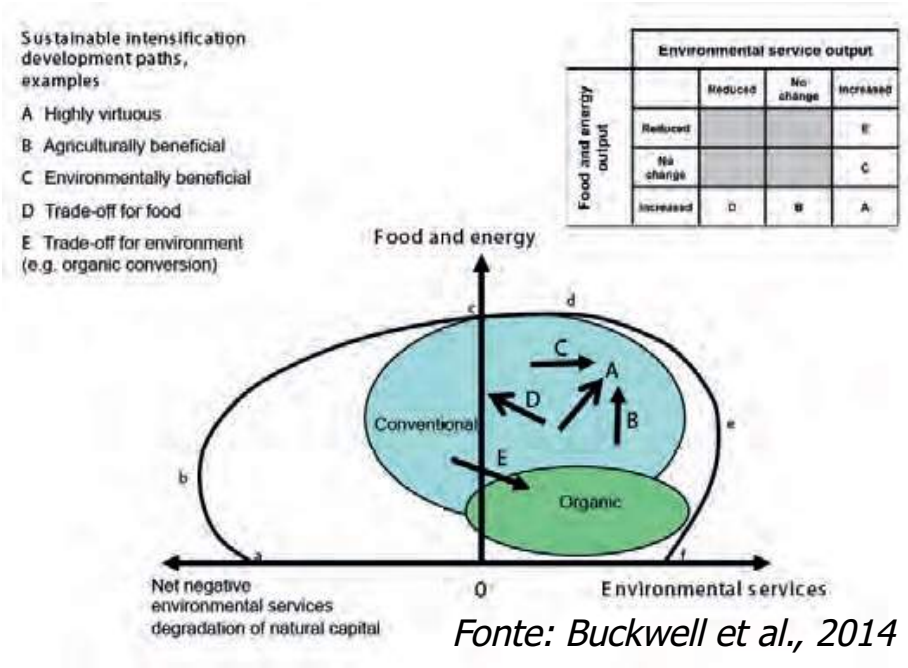
Il legame tra intensificazione sostenibile e innovazione sarà un caposaldo della Pac post-2020

Intensificazione sostenibile

- miglioramento simultaneo della produttività e della gestione sostenibile dei terreni agricoli.

- "più conoscenza per ettaro"

- gestione ad alto contenuto di conoscenza per produrre alimenti con il minor impatto possibile sull'ambiente.



Fonte: Buckwell et al., 2014

Agricoltura di precisione - AP

- È lo strumento che permette di raggiungere in pieno il concetto di intensificazione sostenibile della produzione agricola.
- È disponibile per le azienda da circa 20 anni, ma fatica a diffondersi:
  - le ragioni non risiedono nell'entità dell'investimento, quanto nel comprenderne i reali benefici;
  - scarse conoscenze da parte degli operatori nell'utilizzazione;
  - tra i paesi più avanzati, l'Italia è quella dove l'agricoltura di precisione ha avuto una diffusione più lenta. In ambito internazionale spiccano, USA, Australia, Germania e Francia.
- La ricerca agronomica si sta focalizzando sullo sviluppo di sistemi per l'AP.

La diffusione dell'AP nel mondo

USA

❖ **Maggiore utilizzatore**

- livello base: 60%
- livello intermedio: 35%
- livello avanzato: 12,3%

PAESI IN VIA DI SVILUPPO

❖ **Diffusione in rapido aumento** (Brasile, Argentina, India, Malesia)

CINA

❖ Si stima **che diventerà il maggiore utilizzatore** mondiale di AdP

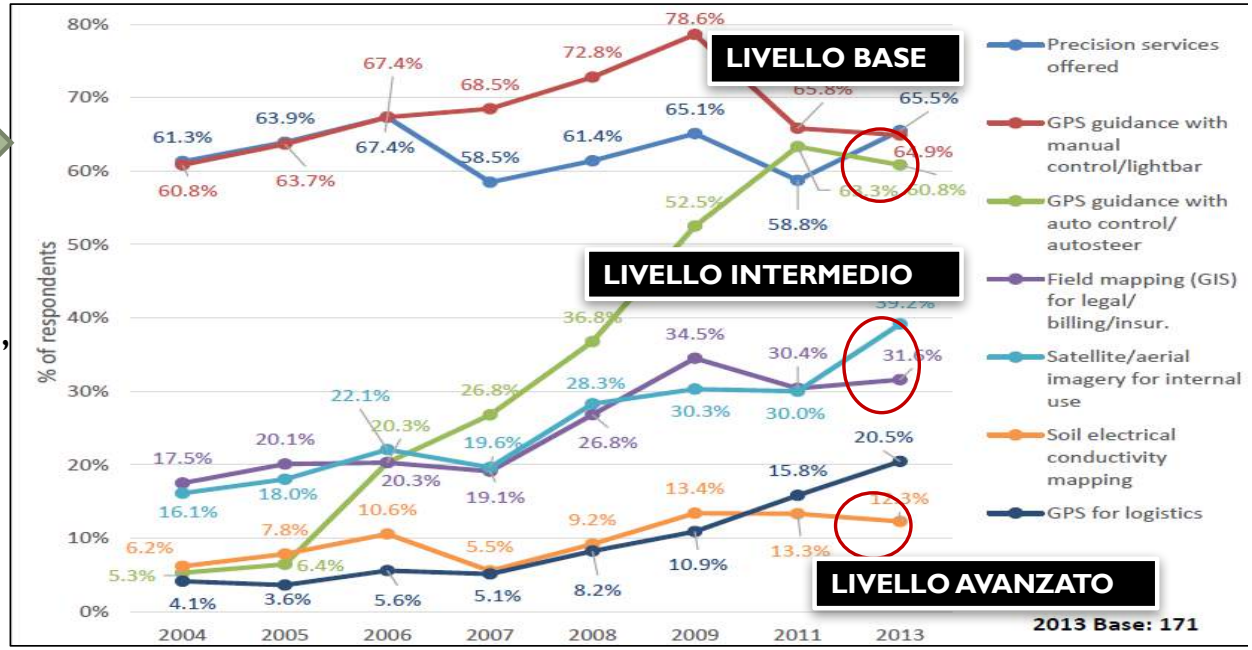
EUROPA

❖ I maggiori valori di adozione si registrano nella **parte Nord-occidentale** del continente

ITALIA

❖ **Oggi** l'adozione non supera **l'1%** della SAU

❖ Linee guida del Ministero: **raggiungere almeno il 10% entro il 2021**



Fonte: Holland et al., 2013.

COMUNICAZIONE DELLA COMMISSIONE

"The Future of Food and Farming"

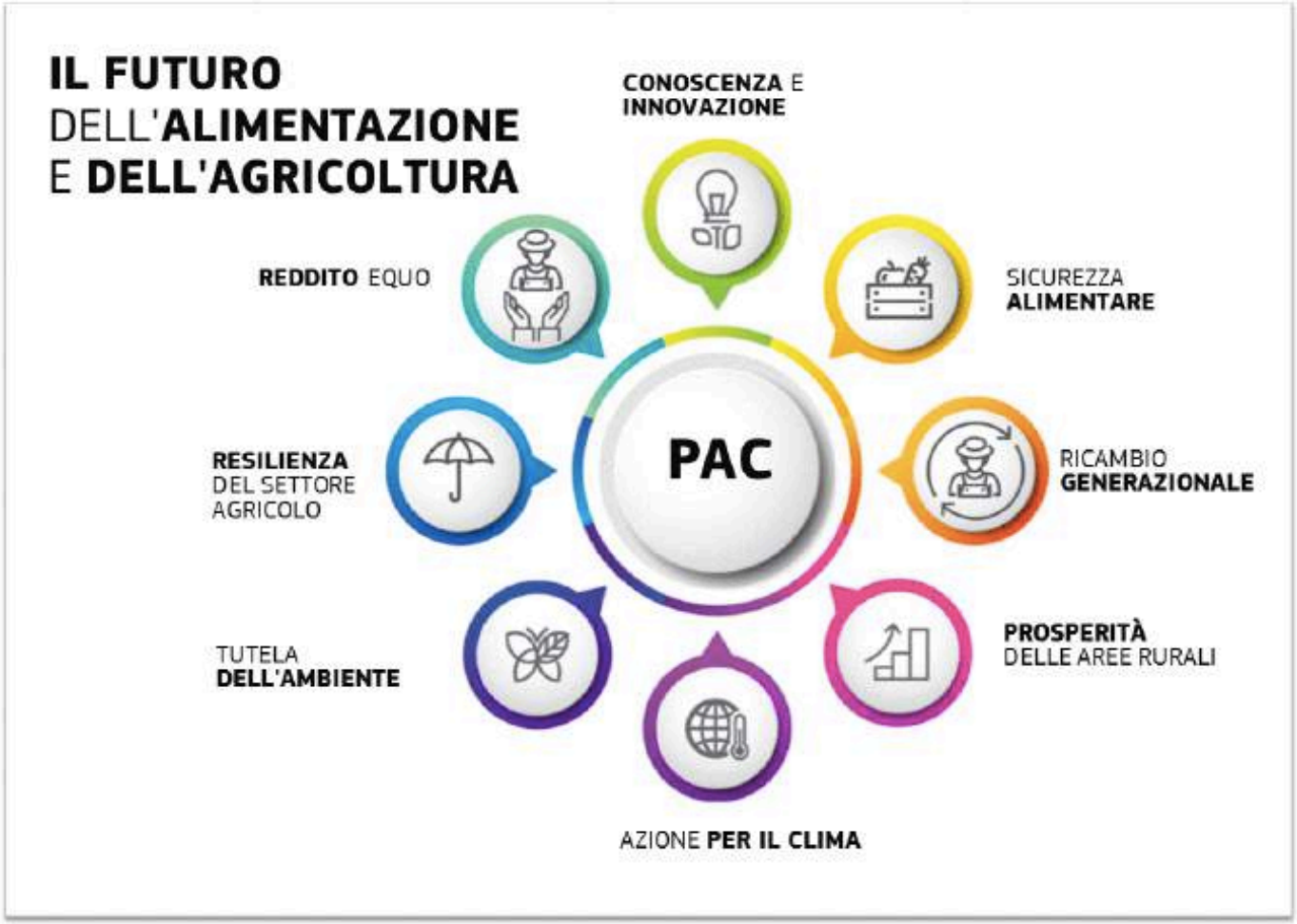
"Il futuro dell'Alimentazione e dell'Agricoltura"

Bruxelles, 29.11.2017
COM(2017) 713

Un'agricoltura smart

- Una Pac più Smart (intelligente) e moderna:
  - la PAC deve continuare ad evolversi, mantenendo il suo orientamento al mercato ed il suo sostegno al modello di agricoltura familiare dell'UE
  - supportare ed essere compatibile con gli sforzi per affrontare le cause alla radice delle migrazioni verso l'UE.
- Smart (intelligente) e moderna:
  - intelligente, veloce, furba, sveglia;
  - sostenibile, tutela dell'ambiente, contrasto ai cambiamenti climatici;
  - adeguarsi alle aspettative dei cittadini;
  - accesso ad alimenti sicuri, di qualità, nutrienti, diversificati e a prezzi accessibili;
  - resiliente: resistente alla rottura.

Un’agricoltura smart



I vantaggi di un'agricoltura smart

Aumento
DELLA PRODUZIONE

L'ottimizzazione nelle fasi d'impianto, di applicazione dei trattamenti e di raccolto migliora le rese.

Dati in tempo reale e
INFORMAZIONI SULLA PRODUZIONE

L'accesso in tempo reale all'informazione sull'intensità della luce solare, l'umidità del suolo, i mercati, la gestione delle mandrie ecc. permette agli agricoltori di decidere meglio e più rapidamente.

Migliore
QUALITÀ

La precisione delle informazioni su processi produttivi e la qualità aiuta gli agricoltori ad adattarsi e ad aumentare la specificità dei prodotti e dei valori nutrizionali.

Miglioramento
DELLA SALUTE DEGLI ANIMALI

I sensori riescono a rilevare in anticipo e prevenire il deteriorarsi della salute degli animali, riducendo la necessità di trattamento. La gestione degli animali può migliorare anche grazie al telerilevamento degli spostamenti.

Diminuzione
DEL CONSUMO IDRICO

Diminuzione del consumo idrico grazie a sensori dell'umidità del suolo e previsioni metereologiche più precise.

Diminuzione
DEI COSTI DI PRODUZIONE

La maggiore efficienza delle risorse grazie all'automazione nella gestione delle colture e dell'allevamento comporta una diminuzione dei costi di produzione.

Precisione
NELLA VALUTAZIONE AGRICOLA

I dati sulle rese storiche aiutano gli agricoltori a programmare e prevedere la futura resa delle colture e il valore del terreno

Riduzione
DELL'IMPATTO SULL'AMBIENTE, L'ENERGIA E IL CLIMA

La maggiore efficienza delle risorse riduce l'impatto sull'ambiente e il clima della produzione alimentare.

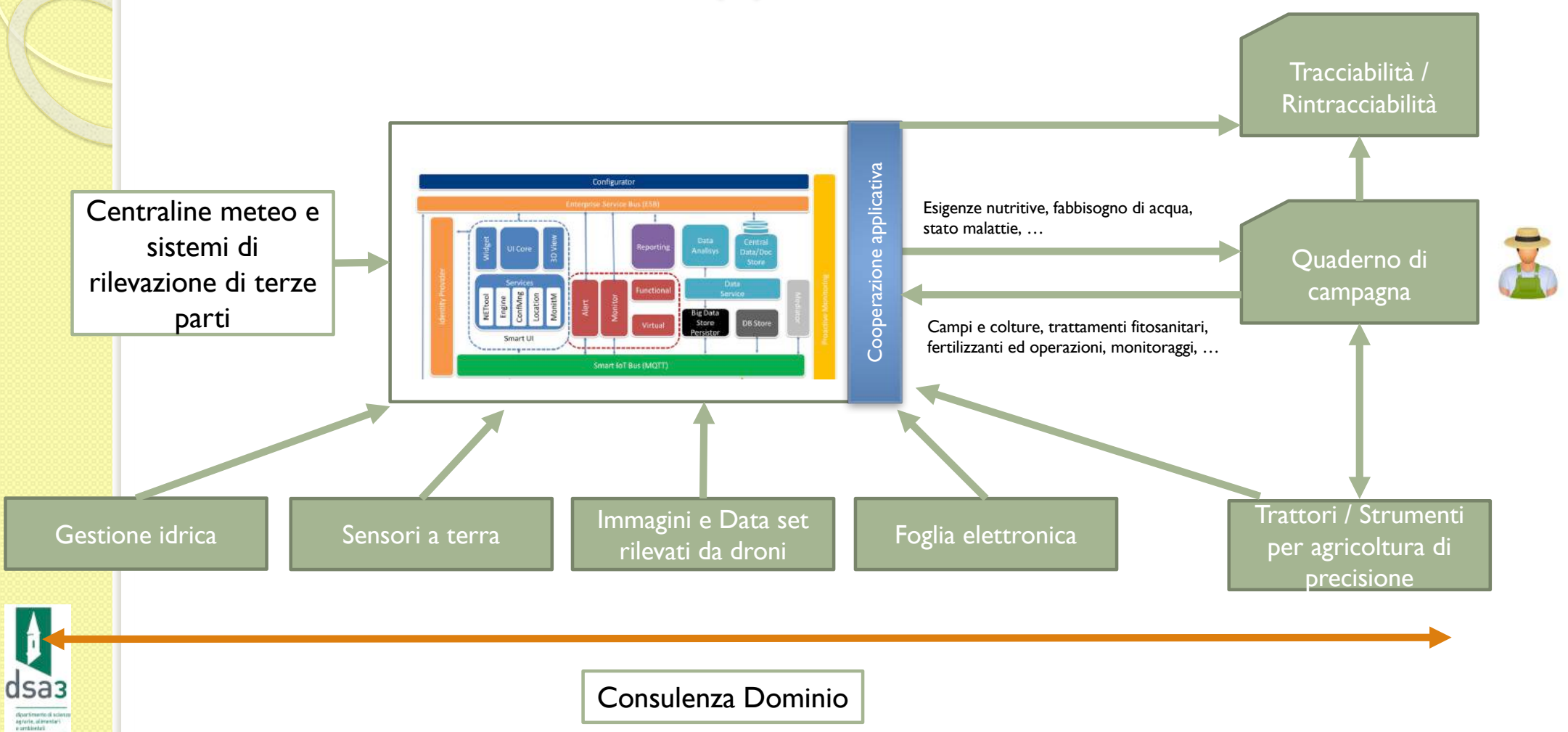
3. Come funziona

Un sistema connesso (1)

- IoT;
- Big data;
- connettività

Fonte: AGCOCORP

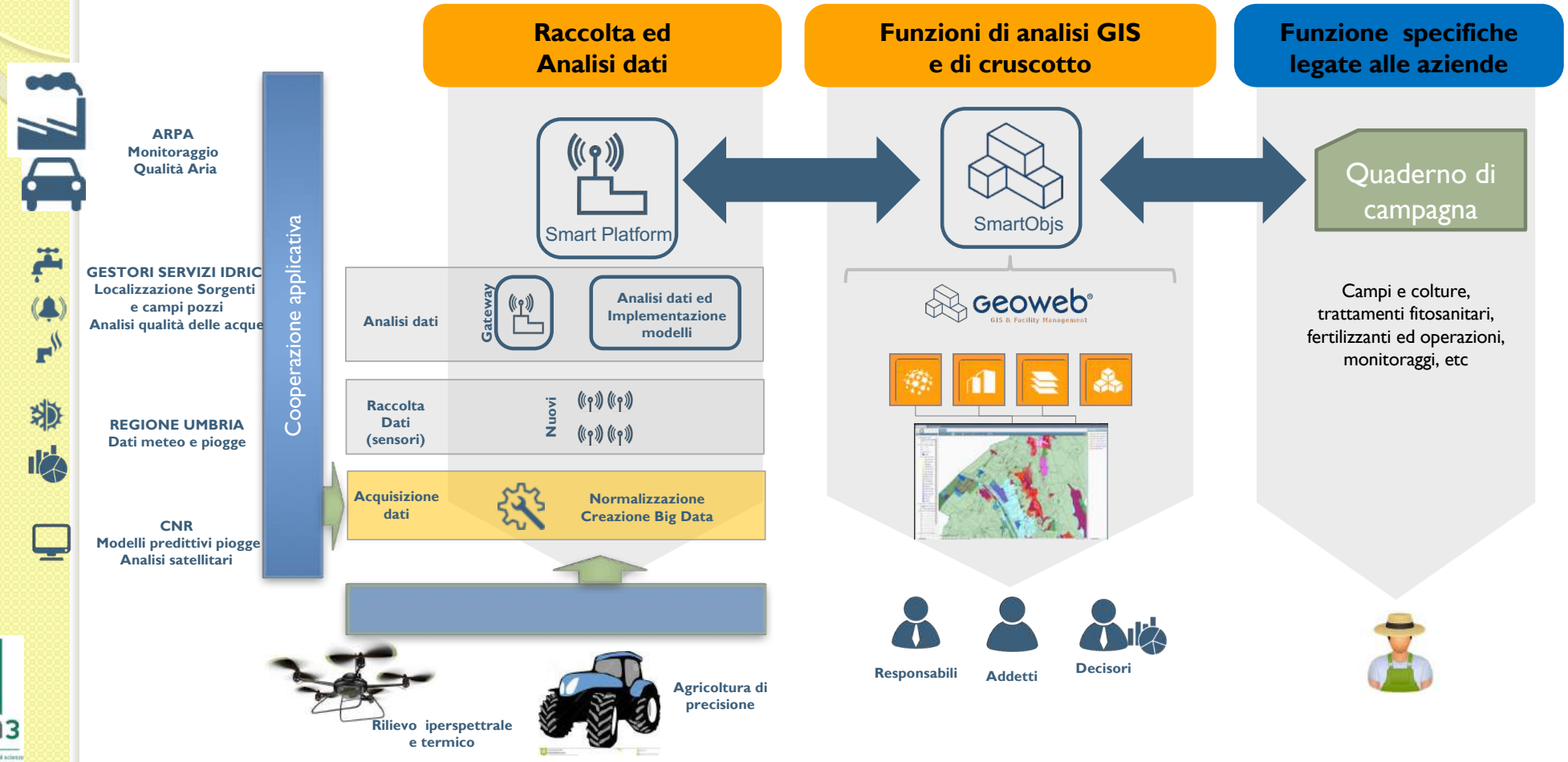
Un sistema connesso (2)



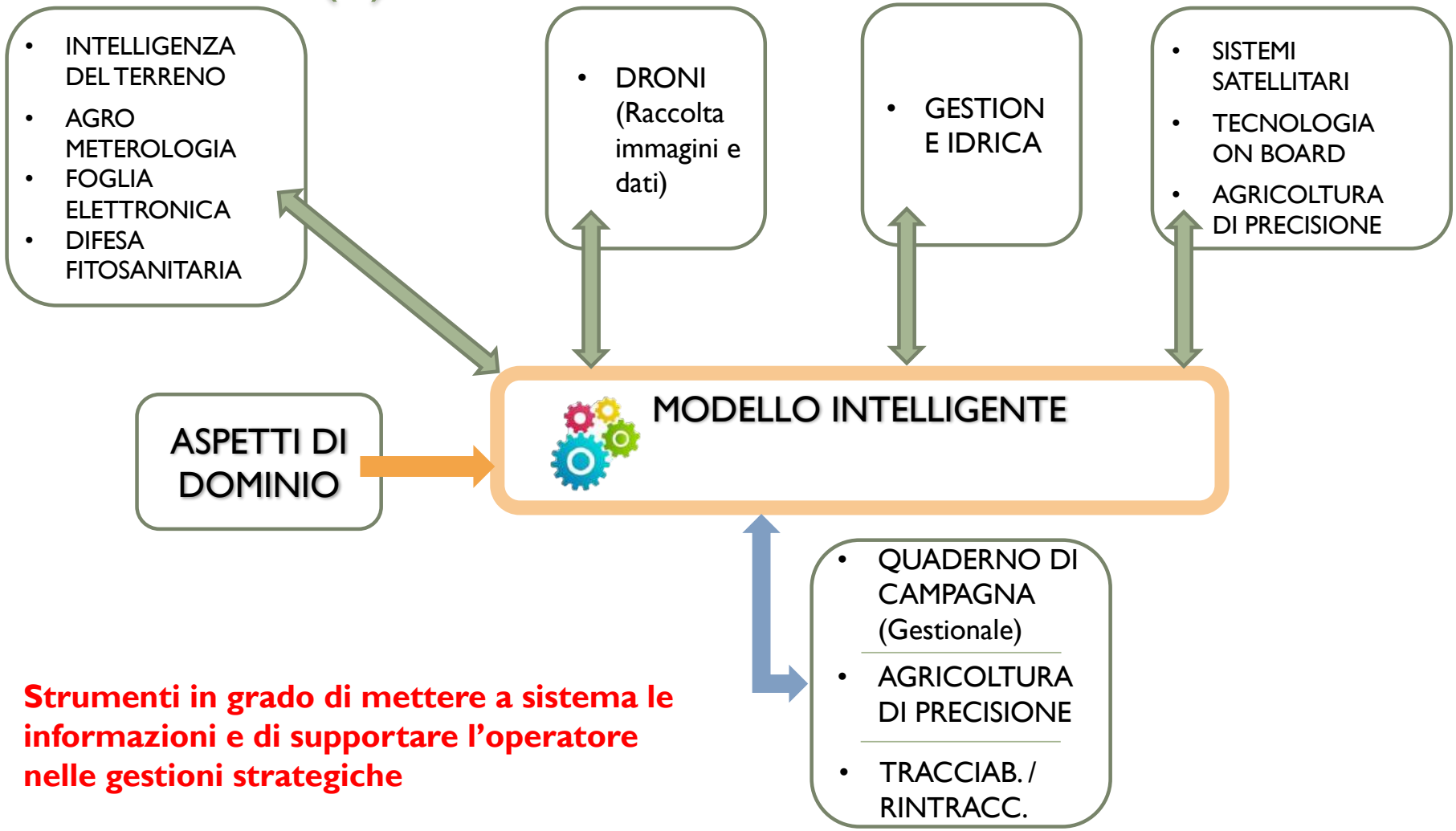
4. Le componenti

Agricoltura digitale e agricoltura di precisione

Piattaforme (1)



Piattaforme (2)



Strumenti in grado di mettere a sistema le informazioni e di supportare l'operatore nelle gestioni strategiche

Sistemi informativi

- Strumenti in grado di restituire all'operatore delle informazioni leggibili, in grado di supportarlo nelle gestioni strategiche;
- Permettono una gestione avanzata delle informazioni;
- Automazione delle operazioni:
  - documentazione automatica;
  - certificazione della qualità;
  - trasparenza dei propri protocolli di produzione;
  - tracciabilità.

Sensori (1)

- In aria:
  - satelliti
  - velivoli
  - droni
- A terra:
  - stazioni meteo;
  - sensori igrometrici;
  - sensori fogliari;
  - trappole;
  - sensori prossimali;

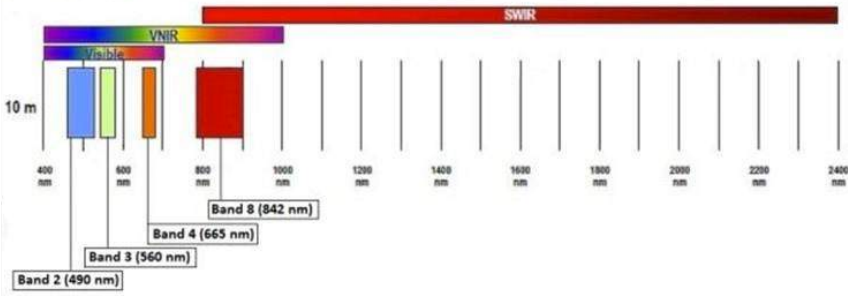
Sensori aerei

Fonte: Parrot

- Tramite il sensore multispettrale e quello di luminosità, i sistemi analizzano le condizioni (stato di salute) delle piante catturando la quantità di luce da esse assorbita e poi riflessa.
- Diversi sensori:
  - verde;
  - rosso;
  - infrarosso (più bande);
  - luminosità.

Fonte: R. Casa 2016

Monitoraggio della vegetazione



- Il comportamento spettrale di una coltura, cioè di un manto vegetale (canopy) è legato alla concentrazione di pigmenti clorofilliani a livello di canopy, risultato della concentrazione del pigmento per area fogliare e dell'abbondanza di foglie, espressa attraverso l'indice di area fogliare o LAI.
- La concentrazione di clorofilla per area fogliare è una delle variabili più importanti a livello diagnostico per evidenziare nelle colture lo stato nutrizionale.
- L'infrarosso vicino è la regione spettrale di riferimento per la valutazione delle caratteristiche strutturali delle colture (LAI biomassa verde).
- Nel caso delle colture con semina regolare, la variazione del LAI dopo la chiusura dell'interfila ha effetto nella zona dell'infrarosso vicino (NIR), mentre prima della chiusura dell'interfila ha un rilevante effetto anche nel visibile, a causa della progressiva sostituzione del contributo spettrale del suolo con quello della vegetazione in fase di sviluppo.
- L'indice più diffuso è l'NDVI: si tratta di un indice ottenuto da un rapporto tra bande normalizzato (normalized difference vegetation index).

$$\mathrm{NDVI} = \frac{\rho_{\mathrm{nir}} - \rho_{\mathrm{red}}}{\rho_{\mathrm{nir}} + \rho_{\mathrm{red}}}$$

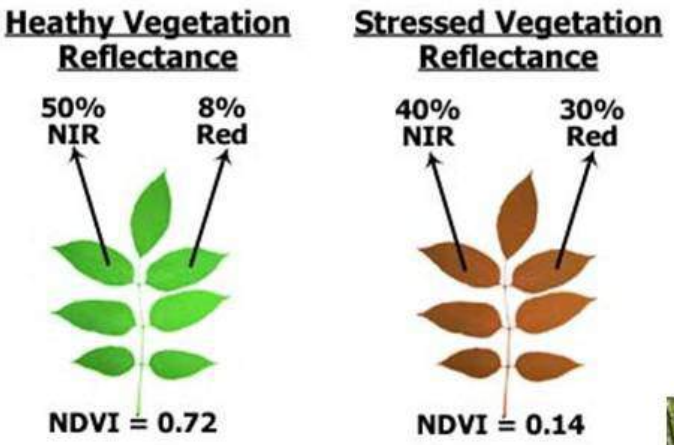
Fonte: R. Casa 2016

NDVI

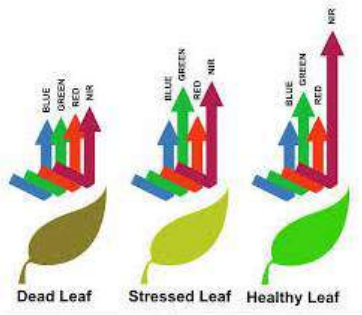
Fonte:

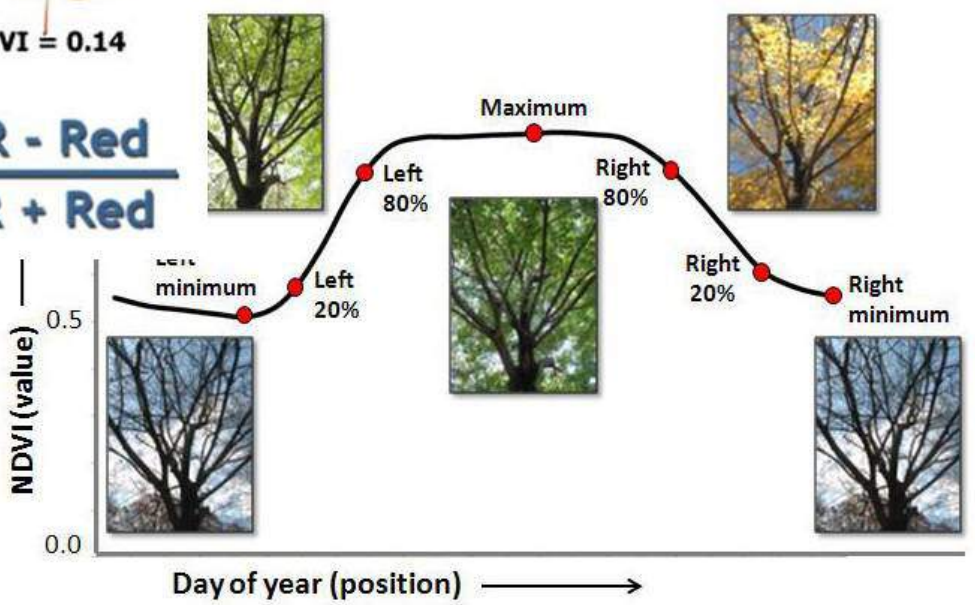
AIRMAP GROUP

Gli indici spettrali



$$NDVI = \frac{NIR - Red}{NIR + Red}$$





Modelli digitali

- DTM: il modello digitale del terreno (DTM, dall'inglese Digital Terrain Model), è ottenuto dall'interpolazione delle curve di livello.
- DEM: Un modello digitale di elevazione (anche noto come DEM, dall'inglese Digital Elevation Model) è la rappresentazione della distribuzione delle quote di un territorio, o di un'altra superficie, in formato digitale. Il modello digitale di elevazione viene in genere prodotto in formato raster associando a ciascun pixel l'attributo relativo alla quota assoluta.
- la principale differenza tra i due modelli risiede nel fatto che il DEM tiene conto di tutti gli oggetti insistenti sul terreno (vegetazione, edifici ed altri manufatti) mentre il DTM riproduce l'andamento della superficie geodetica.

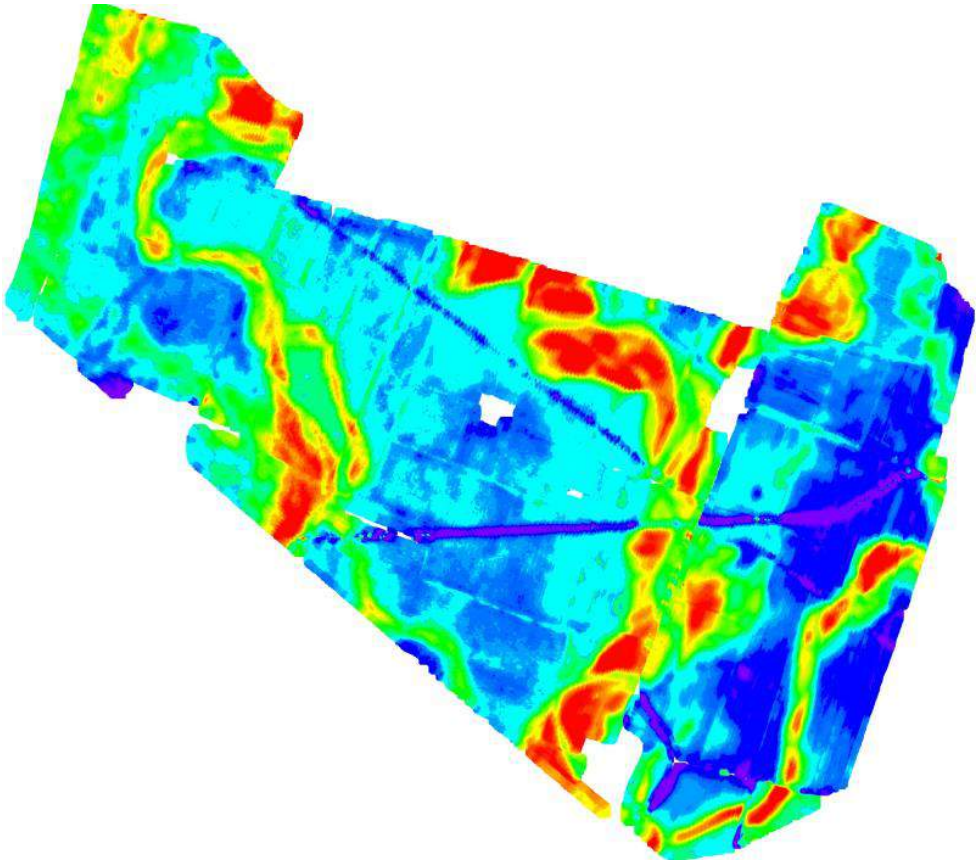
Fonte: R. Casa 2016

Sensori prossimali (1)

- Con il termine sensori prossimali si intende un insieme di tecnologie di misura in cui in cui il sensore è a diretto contatto con l'oggetto da misurare, il terreno o la coltura, oppure è a distanza minore di 2 metri.
- Permettono di ottenere in breve tempo una grande quantità di dati che possono essere georiferiti tramite l'uso di GNSS.
- Possono essere utilizzati con configurazioni mobili, velocizzando notevolmente l'acquisizione dei dati.
- Consentono di determinare la variabilità di una o più parametri del suolo/vegetazione all'interno di un appezzamento restituendo delle mappe.
- L'informazione che si ottiene permette di:
  - Individuare e determinare una certa problematica nel suolo (ristagno idrico) o nella coltura;
  - Attuare una gestione sito specifica degli interventi (irrigazione, concimazione, inerbimenti, ecc.)
- Si utilizzano diverse tipologie di sensori:
  - geofisici;
  - spettroradiometri;

Fonte: R. Casa 2016

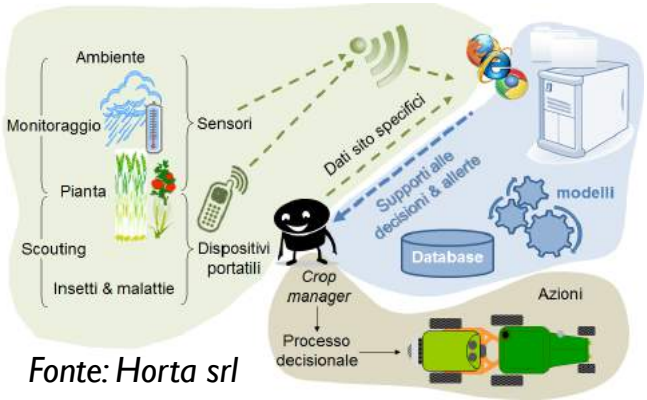
Sensori prossimali (2)



Fonte: AgriSoing

Sistemi di Supporto alle Decisioni - DSS

- i dati provenienti dalle diversi fonti di informazioni (sensori e database) rappresentano il supporto informativo per l'elaborazione di consigli all'operatore;
- le diverse informazioni combinate insieme permettono di individuare in maniera preventiva la **probabilità** che un determinato evento si verificherà;
- grazie a questi sistemi si può intervenire in maniera preventiva ed evitare trattamenti inutili o in fasi non idonee
- i Sistemi di Supporto alle Decisioni assistono l'imprenditore nell'ambito delle scelte per l'intervento nelle diverse attività aziendali;
- vantaggi:
  - semplificazione nella gestione delle colture e delle attività aziendali;
  - maggior tempestività negli interventi;
  - riduzione degli input;
  - aumento dell'efficacia degli interventi;



Fonte: Horta srl

Sistemi di posizionamento (1)

- Il capostipite è il sistema Navstar, fondato dal Dipartimento della Difesa Statunitense per scopi militari, noto poi come GPS;
- la strumentazione necessaria è un ricevitore GNSS che elabora i segnali ricevuti da alcuni satelliti attorno alla terra ed effettua i calcoli necessari per elaborare la propria posizione;
- l'informazione posizionale viene poi resa disponibile ad un software applicativo per gli impieghi desiderati; dalla navigazione stradale, alla topografia, ad applicazioni di automazione spinta;
- è l'elemento chiave quando le informazioni richieste dal processo decisionale necessitano di essere georeferenziate all'interno di un sistema spaziale di riferimento;
- diverse costellazioni:
  - Glonass (Russo-in disuso);
  - Galileo (Europeo-in fase di realizzazione);
  - Compass (Cinese-in fase di realizzazione);
  - Navstar-GPS (USA-Comunemente utilizzato);
- Il funzionamento si basa sulla trilaterazione satellitare;

Fonte: R. Casa 2016

Sistemi di posizionamento (2)

- A causa degli errori che interessano il sistema di poszionamento nessun ricevitore, se adoperato «stand-alone» è in grado di determinare la sua posizione con elevata accuratezza e precisione.
- la posizione di un punto sulla terra è affetta da un errore di 5-10 metri;
- per ridurre l'entità dell'errore si possono applicare tecniche di correzione differenziale e non differenziale;
  - dGPS (differential GPS), aumenta in modo significativo l'accuratezza della posizione ed è indispensabile per l'utilizzo delle attrezzature agricole. Fornisce una precisione nell'ordine dei 20-50cm con una correzione che avviene attraverso il canale satellitare;
  - RTK (Real Time Kinematic), utilizza un segnale inviato via radio al ricevitore da una stazione di base situata a breve distanza. Il segnale satellitare viene integrato con quello radio per arrivare ad una precisione centimetrica. La soluzione è più costosa, poiché prevede il pagamento di un canone per appoggiarsi alla rete GSM/UMTS/GPRS (modem).
- La scelta del tipo di segnale, e quindi del tipo di precisione dipende dalle necessità dell'utilizzatore.

Fonte: R. Casa 2016

Sistemi di guida

- L'agricoltura di precisione richiede come requisito primario di poter condurre i mezzi agricoli lungo traiettorie predefinite;
- per fare ciò gli operatori devono concentrare la propria attività e coordinarla con il lavoro delle macchine operatrici;
- tale abilità è richiesta in misura maggiore per le operazioni che prevedono la distribuzione dei fattori della produzione e che necessitano per un corretto svolgimento la percorrenza di traiettorie equidistanti limitando il più possibile le sovrapposizioni e porzioni di terreno e/o coltura non coperte;
- la precisione di guida manuale è influenzata anche dalle condizioni di visibilità (nebbia) e dalle luminosità ambientale;
- in generale è impossibile evitare la sovrapposizione tra una passata e l'altra, soprattutto se si impiegano macchine operatrici di elevata larghezza;
- nelle migliori condizioni il grado di sovrapposizione si aggira intorno al 10% con punte fino al 20-25% in appezzamenti di piccole dimensioni e di forma irregolare;
- ne consegue un aumento di:
  - tempi di lavoro;
  - consumi di combustibili;
  - spreco di prodotto.

Fonte: R. Casa 2016

Section control

- Sistema che equipaggia le macchine operatrici destinate alla distribuzione degli input;
- è in grado di dialogare con il sistema di guida della macchina motrice al fine di comprendere la propria posizione.
- permette la chiusura/apertura di una sezione di distribuzione al fine di azzerare le sovrapposizioni nel corso della distribuzione del prodotto;
- prevede l'utilizzo di attuatori in grado di spegnere/accendere la sezione;
- si applica:
  - seminatrici/trapiantatrici;
  - barre irroratrici;
  - spandiconcime.

Fonte: R. Casa 2016

Fonte: John Deer

Distribuzione a rateo variabile

- Sistema che equipaggia le macchine operatrici destinate alla distribuzione i mezzi tecnici;
- è in grado di dialogare con il sistema di guida della macchina motrice al fine di comprendere la propria posizione;
- permette di distribuire in maniera differenziata il quantitativo di prodotto nell'ambito delle diverse sezioni di distribuzione;
- il sistema funziona seguendo le indicazioni di mappe caricate sul sistema di guida della macchina operatrice;
- prevede l'utilizzo di motori elettrici applicati agli organi di distribuzione in grado di variare l'intensità della distribuzione (gestione sito specifica);
- si applica:
  - seminatrici/trapiantatrici;
  - barre irroratrici;
  - spandiconcime;
  - sistemi irrigui.

Fonte: R. Casa 2016

I livelli dell'agricoltura di precisione

5 livelli di agricoltura di precisione, in funzione delle dotazioni aziendali e del livello di precisione del segnale

5. Utilizzo di mappe e distribuzione a rateo variabile;
4. Guida automatica con section controll;
3. Guida automatica;
2. Guida assistita con section controll;
1. Guida assistita;

Guida assistita

Sistema che indica all'operatore la direzione da seguire indicando la correzione della traiettoria attraverso una barra luminosa e/o un monitor.

Costo: 2.000-2.500 €/unità

Errore: 20-50 cm (segnale DGPS)

Vantaggi: Semplificazione nelle operazioni in cui non viene lasciata a terra una traccia, come trattamenti e concimazioni, permettendo di evitare l'uso di schiumogeni o tracciafile.

Alleggerimento del lavoro dell'operatore

Guida assistita con section control

Integrazione di sistemi di spandimento e irrorazione con controllo delle sezioni (spandiconcimi e irroratrici) con i sistemi di guida assistita.

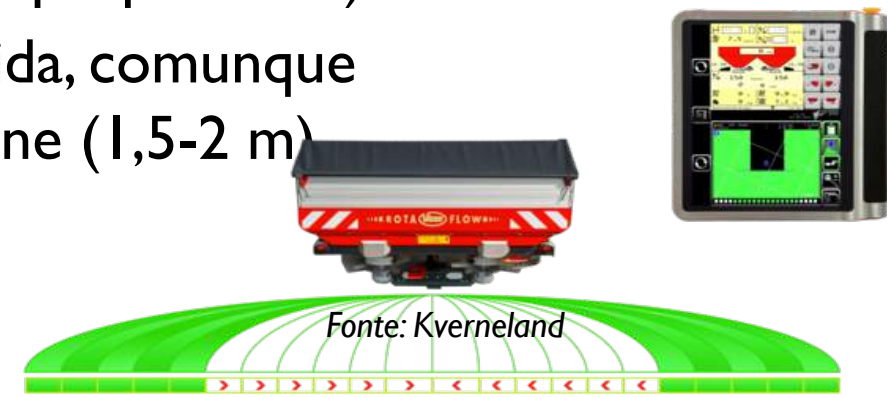
Costo: 2.000-2.5000 €/unità per la guida;

6.000 €/ unità per la maggiorazione dello spandiconcime con pesa e section control (24 sezioni, ISOBUS o proprietario);

5.000 €/unità per la maggiorazione dalla botte irroratrice (ASC) con section control (7 sezioni, ISOBUS o proprietario).

Errore: 20-50 cm (segnale DGPS) della guida, comunque inferiore alla dimensione della sezione (1,5-2 m)

Vantaggi: riduzione delle sovrapposizioni.



Fonte: Kverneland

Guida automatica

Sistema che guida il trattore attraverso l'integrazione con il sistema di guida (motore elettrico o idraulico) e un segnale satellitare centimetrico.

Costo: 12.000-18.000 €/unità (a seconda del monitor e dell'impianto);

1.000 €/unità per sensori di sterzo nelle ruote per lavori a bassissime velocità;

4.000 €/unità per l'ingresso automatico nella fila di lavoro;

280-400 €/anno per il canone del segnale (a seconda dell'operatore);

Errore: 2,5 cm (segnale RTK)

Vantaggi: riduzione delle sovrapposizioni a livello centimetrico per tutte le operazioni colturali (compresa preparazione del terreno).

Sfruttamento della ripetibilità della posizione.

Ulteriore alleggerimento del lavoro dell'operatore.

Fonte: Topcon

Guida automatica con section control

Integrazione di tutte le attrezzature di lavoro (seminatrici, spandiconcime, botti irroratrici) con i sistemi di guida automatica a livello centimetrico.

Fonte: Topcon

Costo: 14.500-18.000 €/unità (a seconda del monitor e dell'impianto);

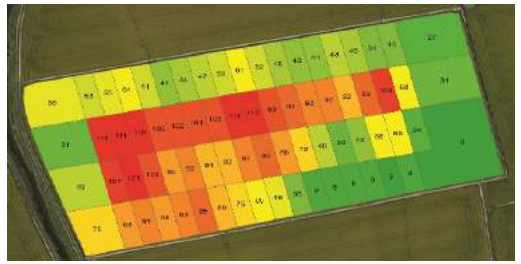
- 500 euro/attrezzo sbocco interfaccia ISOBUS;
- 1.500-3.000 euro/guida sbocco interfaccia ISOBUS;
- 3.000 euro/unità per la maggiorazione della seminatrice;
- 6.000 €/ unità per la maggiorazione dello spandiconcime con pesa e section control (24 sezioni, ISOBUS o proprietario);
- 5.000 €/unità par la maggiorazione dalla botte irroratrice (ASC) con section control (7 sezioni, ISOBUS o proprietario).

Errore: 2,5 cm (segnale RTK).

Vantaggi: azzeramento delle sovrapposizioni per tutte le operazioni.

Utilizzo di mappe e distribuzione a rateo variabile

Sistema che prevede la realizzazione di mappe di produzione, di mappe con le caratteristiche dei suoli, di mappe di vigore e la conseguente distribuzione dei mezzi tecnici in maniera variabile in funzione di mappe di prescrizione.



Costo: Attrezzatura descritta nella slide precedente;

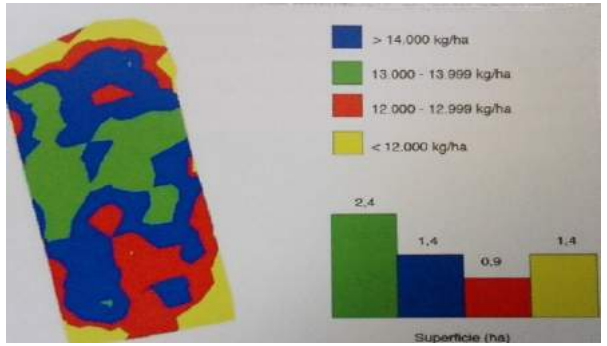
Professionista che elabora le mappe di prescrizione;

Servizio di mappatura del suolo;

2.000 € per eventuale software per elaborazione mappe in maniera autonoma.

Errore: 2,5 cm (segnale RTK)

Vantaggi: aumento della produttività, efficientamento dei consumi di mezzi tecnici.



Scegliere il livello ottimale

Livello	Vantaggi	Dotazione da integrare
1. Guida assistita	Semplificazione delle operazioni senza traccia (concimazioni e trattamenti). Alleggerimento del lavoro dell'operatore	Sistema di guida DGPS con Monitor/barra luminosa
2. Guida assistita con section control	Riduzione delle sovrapposizioni nelle operazioni senza traccia (concimazioni e trattamenti).	Sistema di guida DGPS con Monitor. Irroratrice con section control Spandiconcime con section control
3. Guida automatica	Riduzione delle sovrapposizioni a livello centimetrico per tutte le operazioni. Ripetibilità della posizione. Ulteriore alleggerimento del lavoro	Sistema di guida RTK con Monitor (diversi livelli di prezzo in relazione alle caratteristiche). Canone RTK
4. Guida automatica con section control	Annullamento delle sovrapposizioni	Sistema di guida RTK con Monitor (diversi livelli di prezzo in relazione alle caratteristiche). Canone RTK Irroratrice con section control Spandiconcime con section control Sbocco delle interfacce
5. Mappe e rateo variabile	Aumento della produttività delle colture Riduzione dei consumi di mezzi tecnici	Vedi sopra Predisposizione ed elaborazione mappe Mappatura del suolo

Un esempio di applicazione: semina/trapianto

Sistema di assistenza alla guida con segnale DGPS (er. 20-50 cm)

ISOBUS

- I sistemi sono composti da un insieme di unità di controllo elettronico (ECU Electronic Control Unit) a cui spetta la gestione di uno specifico sottosistema della macchina (sistema di trasmissione, sterzatura, interfaccia);
- in funzione della complessità del sistema, in una macchina agricola se ne possono trovare ance più di una decina;
- il BUS è un sistema di linee elettriche su cui, secondo protocolli predefiniti, le diverse ECU si trasmettono i dati in forma di pacchetti digitali;
- l'ottimizzazione complessiva di funzionamento della macchina si ottiene mediante il coordinamento integrato dei diversi apparati controllati dalle diverse ECU; il discorso è ancora più evidente nel caso dell'accoppiata macchina motrice-macchina operatrice, dal momento che le due macchine devono dialogare;
- una caratteristica del bus è la modularità, che permette di includere un componente aggiuntivo in qualsiasi momento;
- l'ISOBUS è un particolare BUS il cui protocollo di trasmissione dati e l'architettura strutturale sono standardizzate a livello internazionale dalla normativa ISO 11783;
- la caratteristica fondamentale dell'ISOBUS è di permettere l'interconnessione fra sistemi automatici di controllo che equipaggiano macchine agricole di marchi differenti;
- al momento della connessione:
  - le ECU dell'operatrice trasferiscono al bus del trattore il set di funzioni necessarie a gestire il suo funzionamento
  - il monitor presente in gabina riceve dalla macchina operatrice il set di comandi attraverso cui l'operatore si interfaccerà alla macchina, di qualunque modello o marca si tratti

Fonte: R. Casa, 2016

Mappatura delle produzioni

- La registrazione sito-specifica delle produzioni (o georeferenziata) ha come obiettivo principale quello di fornire o di incrementare la conoscenza a scopi decisionali relativamente all'eterogeneità o variabilità delle produzioni in un appezzamento al fine di:
  - rendersi conto se esiste un potenziale produttivo differente in diverse sub-aree del campo e se questo potenziale deve essere considerato applicando delle tecniche di lavorazione differenziata (VRT);
  - calcolare le asportazioni di nutrienti connesse alla raccolta di prodotti e sottoprodotti per bilanciare le medesime;
  - valutare se le eventuali tecniche di VRT applicate nella distribuzione dei diversi fattori produttivi hanno avuto effetti;
  - effettuare una eventuale raccolta differenziata.

Fonte: R. Casa, 2016

Mappatura delle produzioni cerealicole (1)

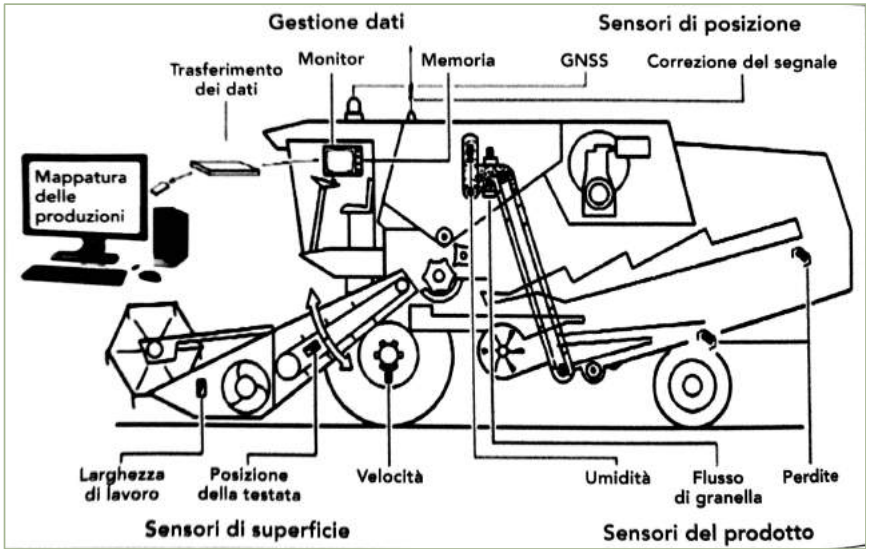
- Inizia negli anni '80 in USA con sistemi non satellitari;
- si stima che attualmente il 60% degli agricoltori americani faccia utilizzo dei dati derivanti dai sistemi di mappatura delle produzioni;
- funzionamento:
  - sensori di misura della quantità e qualità del prodotto raccolto (massa o volume, densità, umidità, perdite, ecc);
  - sistemi di localizzazione (GNSS) a correzione differenziale;
  - sensori di misura dell'area di riferimento (larghezza di raccolta, spazio percorso, tempo);
  - sistema di registrazione ed elaborazione, con specifici algoritmi, interfacce utente, sistemi di trasferimento dati.

Fonte: R. Casa, 2016

Fonte: Precisionag

Mappatura delle produzioni cerealicole (2)

- La mietitrebbia durante il lavoro effettua ad intervalli di campionamento frequenti, generalmente inferiori al secondo misure della quantità di prodotto raccolto durante quell'intervallo, le quali vengono registrate e georeferenziate.
- per poter calcolare la produzione areica per ciascun punto la produzione misurata dai sensori deve essere divisa per l'area in cui è stata raccolta:
  - necessità di conoscere la larghezza effettiva di lavoro (sensori che misurano il grado di riempimento della barra);
  - necessità di calcolare la lunghezza dell'area, frutto della velocità di avanzamento della macchina (Velocità x Tempo);
  - i sensori di flusso o quantimetri misurano in continuo il flusso di prodotto che attraversa la macchina, ma ad ogni intervallo di campionamento viene integrata la quantità raccolta e divisa per l'area di riferimento per ottenere il dato di resa aerica;
  - il dato può essere registrato tal quale o convertito in sostanza secca, conoscendo il grado di umidità misurato da un altro sensore.
- Sensori:
  - di flusso; volumetrici, (a volume elementare), ottici, a impatto;
  - di densità (da volume a massa);
  - di umidità;
  - di misura delle prestazioni della barra (larghezza effettiva di lavoro);
  - di qualità della granella (umidità, proteine, grassi

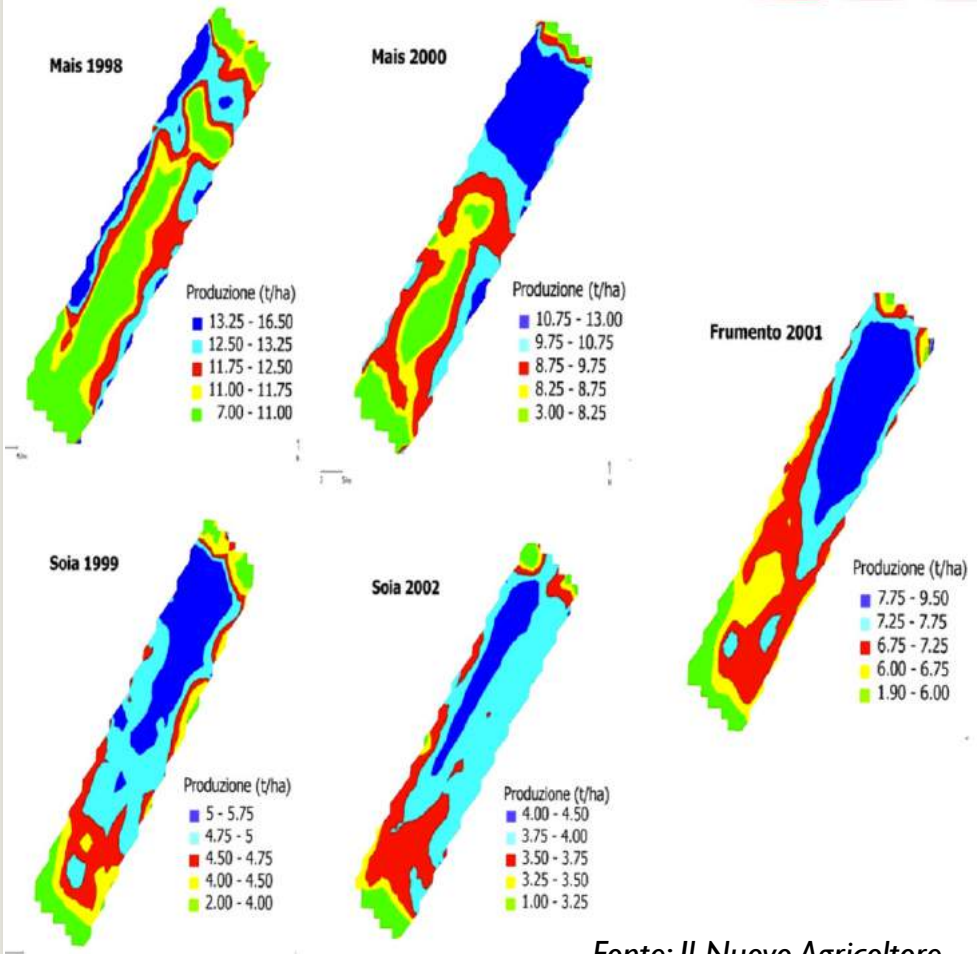


Fonte: R. Casa, 2016

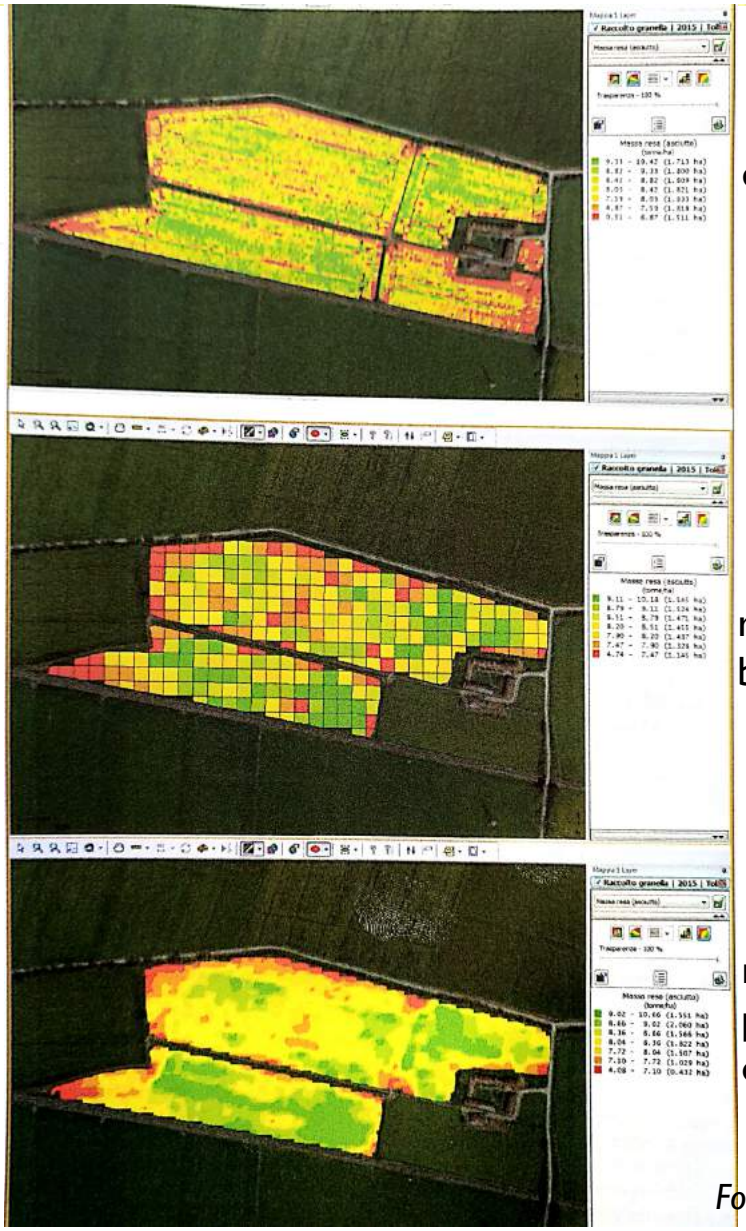
Esempi di mappe (1)

Fonte: Spektra Agri

Esempi di mappe (2)



Fonte: Il Nuovo Agricoltore



dati grezzi

rappresentazione block kriging

rappresentazione per aree omogenee

Fonte: R. Casa, 2016

Altri sistemi di mappatura

- Colture foraggere: rimorchi o imballatrici con sistema di pesatura e ricevitore GNSS;
- prodotti trinciati: in diverse fari del processo di lavorazione;
- radici, tuberi e bacche: diretti (celle di carico e sensori di velocità angolare) e indiretti (misurazione del prodotto caricato);
- uva: in corrispondenza dell'apparato convogliatore allo scarico in continuo (sensori di flusso) oppure nei serbatoi di raccolta quando la vendemmiatrice prevede l'accumulo e lo scarico in capezzagna (celle di carico).
- colture arboree: pesatura dei cassoni o sensori sulle macchine raccoglitrici.

Fonte: R. Casa, 2016

Raccolta selettiva

- Prevede la differenziazione del prodotto al momento della raccolta in base a precisi criteri qualitativi, al fine di sfruttare economicamente la variabilità temporale e spaziale delle caratteristiche della produzione di un appezzamento;
- trova applicazione soprattutto in viticoltura attraverso la raccolta in due (o più) tramogge o in passaggi differenti.
- permette di raccogliere prodotti di qualità omogenea attuando raccolte scalari ed il conferimento di prodotti con caratteristiche merceologiche omogenee;
- si applica in 2 modi:
  - sensori sulle macchine da raccolta, con macchine dotate di NIR in grado di determinare il contenuto qualitativo del prodotto e di separalo tra 2 contenitori;
  - mappe di resa qualitative, operando in zone omogenee differenziate, in tempi differiti;

Fonte: R. Casa, 2016

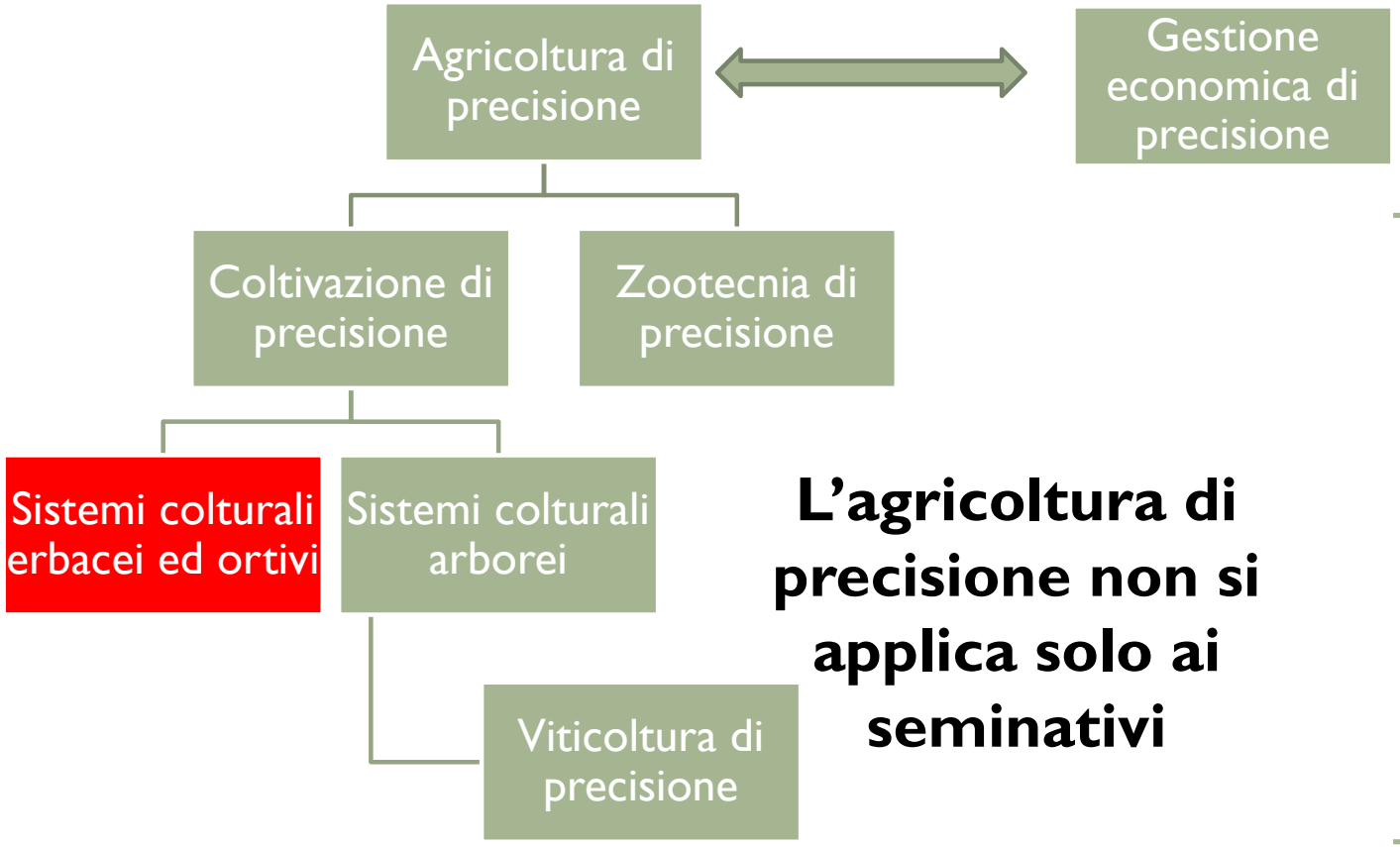
Contenere i costi!

- Per i sistemi di guida e le attrezzature: agni azienda, in virtù delle proprie caratteristiche, può individuare l'ottimale livello di precisione in funzione delle proprie necessità. Parallelamente è necessario considerare l'integrazione con le risorse dei contoterzisti.
- Per la sensoristica:
  - acquisto attraverso una struttura associativa (cooperativa, OP, consorzio) e condivisione della risorsa tra i soci di questa;
  - noleggio dei sistemi presso ditte specializzate;
  - acquisto dei servizi da conto terzisti.
- Per i DSS è necessario considerare le finalità per cui si intende beneficiare di questi sistemi, individuando le aziende che offrono un servizio specifico. Tuttavia il costo del servizio non è particolarmente alto, l'importante è USARLO!!!

	Vantaggi	Svantaggi
Dimensione economica	Riduzione dei tempi di esecuzione delle operazioni: • minor incidenza delle quote di ammortamento ad ettaro; • riduzione dei consumi di gasolio; • riduzione dei consumi di lubrificanti;	Aumento dei costi: • fissi (costo di acquisto); • manutenzione e riparazione; • Assicurazione (furto/incendio se presenti)
	Riduzione delle sovrapposizioni e delle zone scoperte: • miglior efficienza nella distribuzione di agro-farmaci e minor spreco di prodotto; • riduzione del consumo di seme, • Riduzione dei consumi di acqua.	
	Riduzione dei tempi: • minor incidenza del costo della manodopera; • aumento della produttività del lavoro	
	Aumento delle rese ad ettaro: • ottimizzazione degli spazi; • maggior efficienza degli input agronomici	
	Utilizzo delle informazioni: • utilizzare le informazioni a scopo documentale (rispetto dei disciplinari) • vendita dell'informazione (mappe)	Aumento dell'obsolescenza, anche dell'attrezzo su cui è istallato
Dimensione ambientale	Riduzione dell'impatto ambientale: minor consumo di gasolio, lubrificanti e input agricoli	
	Possibilità di aumentare la produttività nei terreni marginali grazie all'abbattimento dei costi e all'aumento delle rese.	Difficoltà di applicare le tecnologie per l'AP nei terreni marginali
	Adattamento ai cambiamenti climatici attraverso l'acquisizione di nuove forme di resilienza.	
Dimensione umana	Miglioramento delle condizioni di lavoro: • riduzione della stanchezza; • aumento della sicurezza • allargamento dei periodi di lavoro (scarsa visibilità, ore notturne); • Impiego di operatori tecnicamente preparati ma con limitata esperienza.	Richiede capacità professionali più elevate: • cambiamento di mentalità; • individuazione di nuovo personale; • competenze elettroniche e informatiche • associata al ricambio generazionale

5. Dove si applica

Non solo colture erbacee!



L'agricoltura di precisione non si applica solo ai seminativi

- Sistemi di supporto alla guida;
- Sistemi di distribuzione dei prodotti;
- Sistemi di mappatura delle produzioni;
- Sistemi di lavorazione
- Sensoristica;
- Sistemi di supporto alle decisioni.

Fonte: Casa e Pisante, 2016

Zootecnia di precisione

- si compone di diversi elementi:
  - identificazione e localizzazione dell'animale:
    - lettori di segnali;
    - analizzatori di immagini;
  - misuratori di parametri fisiologici e produttivi:
    - rilevatori di alcune funzioni vitali (al piede, al collo, ecc);
    - monitoraggio dei parti;
    - misuratori delle caratteristiche del latte;
  - sistemi di automazione:
    - robot di mungitura;
    - sistemi di alimentazione robotizzati;
  - strumenti di controllo:
    - virtual fence.

Viticultura di precisione

- Il principio fondamentale della viticultura di precisione poggia sulla attuazione delle migliori pratiche agronomiche, negli specifici contesti produttivi, ai fini del raggiungimento della sostenibilità;
- abbraccia tutte le attività riguardanti la viticultura:
  - rilievo ad alta precisione;
  - progettazione in ambito CAD-3D;
  - posa delle barbatelle con sistemi satellitari (a controllo longitudinale e trasversale) anche senza squadro;
  - gestione del suolo:
    - inerbimento differenziato;
    - distribuzione a rateo variabile dei fertilizzanti sulla fila;
    - irrigazione differenziata;
  - gestione della chioma;
    - defogliatrici VRT, sulla base di aree omogenee desunte da sistemi prossimali o remoti
    - irrorazione VRT, commisurando il trattamento alle reali necessità, in termini dimensionali e associata a sensori;
  - raccolta differenziata;
  - telemetria e sistemi di monitoraggio

Fonte: R. Casa, 2016

Cerealicoltura

- è di fatto il settore dove l'agricoltura di precisione ha avuto una più ampia diffusione e dove si concentra la maggior parte dell'interesse;
- le innovazioni hanno riguardato tutte le fase dei processo produttivo;
- infatti, attualmente, è possibile utilizzare sistemi per l'agricoltura di precisione in tutte le fasi:
  - lavorazioni del terreno;
  - semina;
  - concimazioni;
  - trattamenti fitosanitari;
  - irrigazioni;
  - ecc.

Lavorazioni

Fonte: Kverneland

- L'utilizzo dei sistemi di precisione è vantaggioso nel caso di:
  - elevate larghezze di lavoro;
  - elevate velocità;
  - scarsa visibilità;
  - tracciafile poco efficaci;
  - necessità di ridurre il calpestio, attraverso il sistema del *traffico controllato*
    - accurata progettazione del traffico e delle linee di transito;
    - ripetibilità del segnale (segnale RTK).
- Fondamentale per i moderni sistemi di coltivazione conservativa, in particolar per quanto riguarda lo strip tillage:
  - esigenza di ripercorrere la striscia lavorata a distanza di tempo (lavorazione autunnale e primaverile);
  - segnale RTK.
- Possibilità di effettuare lavorazioni:
  - a profondità e intensità variabile in base a mappe, frutto delle caratteristiche del terreno e/o della presenza dei residui colturali;
  - sulla base di a sensori on-going che sono in grado di regolare in maniera diretta ed automatica il funzionamento della macchina.

Fonte: R. Casa, 2016

Semina di precisione

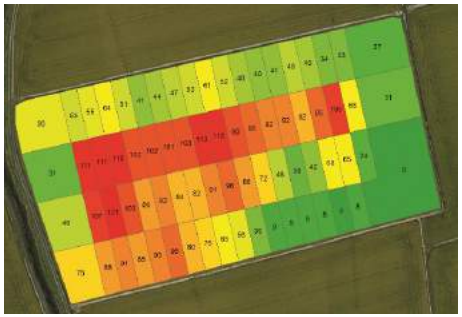
- I sistemi di precisione si applicano nell'ambito della semina per:
  - evitare le sovrapposizioni:
    - prevede l'utilizzo di sistemi di stacco/attacco delle sezioni.
  - variare la dose di seme, in modo da assecondare le caratteristiche del terreno (che variano nell'ambito di un appezzamento):
    - permette di variare l'investimenti di semi ad ettaro, riducendo gli sprechi di seme e ottimizzando i risultati;
    - si avvale di sistemi di distribuzione a rateo variabile.
- prevedono l'utilizzo di una mappa di semina:
  - potenzialità produttive sito-specifiche;
  - investimento di semi sito specifico e variabile tra le sezioni.

Fonte: R. Casa, 2016

Fertilizzazione di precisione

Fonte: Agronotizie

- In questo ambito i sistemi per l'agricoltura di precisione hanno la funzione di ridurregli sprechi, aumentare l'efficacia e l'efficienza della distribuzione:
  - riduzione delle sovrapposizioni;
  - somministrazione a rateo variabile (VRT);
  - epoca di intervento.
- prevede di fornire alla pianta i nutrienti in maniera più mirata, assecondando i propri fabbisogni in relazione allo sviluppo vegetativo;
- le metodologie che si possono adottare per la concimazione azotata in agricoltura di precisione si possono basare su informazioni ottenute negli anni precedenti, con la caratterizzazione delle potenzialità produttive di aree diverse degli appezzamenti:
  - serie storiche di mappe di rese;
  - mappe delle proprietà del suolo;
  - modelli di accrescimento delle colture;
  - immagini satellitari;
  - sensori prossimali;
- prevede l'utilizzo
  - di mappe di prescrizione realizzate individuando zone omogenee sulla base di dati pregressi (essenziale in uno stato iniziale della coltura):
    - informazioni del suolo;
    - produttività;
    - immagini storiche satellitari;
  - oppure di sistemi on-the-go;
  - algoritmi per la definizione delle dosi di concime da distribuire a tasso variabile, ossia modelli teorici semplificati in grado di calcolare la dose di fertilizzante in funzione dei valori degli indici vegetazionali.



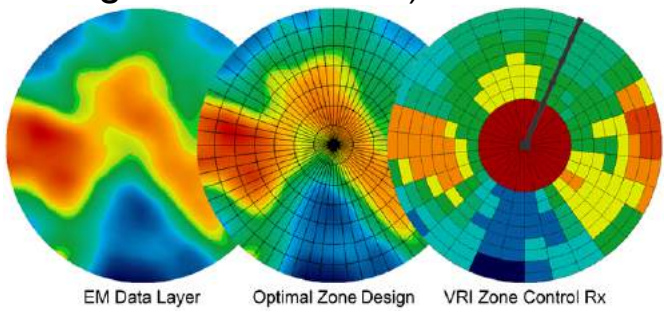
Fonte: Topcon

Fonte: R. Casa, 2016

Irrigazione di precisione

- ha come obiettivo la massimizzazione quantitativa e/o qualitativa delle produzioni mediante la gestione sito-specifica dei volumi irrigui
- mira a garantire condizioni favorevoli di contenuto idrico o situazioni di deficit idrico controllato in ogni posizione dell'appezzamento;
- limita fenomeni di percolazione e dilavamento (soprattutto dell'azoto);
- allo stato attuale la tecnologia in grado di gestire in modo sito-specifico (VRT) la dose irrigua è quella per aspersione tramite irrigatori semoventi;
- interessante anche per la possibilità di distribuire liquami e fertilizzanti;
- il parametro di maggior interesse è la variabilità granulometrica agganciata all'utilizzo di mappe:
  - **satellitari**, di vigore vegetativo o più ambiziosamente dei parametri biofisici della vegetazione stimati medianti indici spettrali;
  - **delle produzioni**, correlabili alla diversa disponibilità idrica e/o nutrizionale nell'appezzamento;
  - **delle proprietà geo-elettriche del terreno,** ottenute da sensori resistivi o sensori di prossimità ad induzione elettromagrnetica;
- mettendo a sistema le diverse informazioni (variabilità granulometrica, clima e esigenze della coltura) con dei software idonei è possibile ottenere un consiglio irriguo:
  - quando irrigare;
  - quanto irrigare;
  - dove irrigare.

Fonte: R. Casa, 2016



Fonte: Precisionag

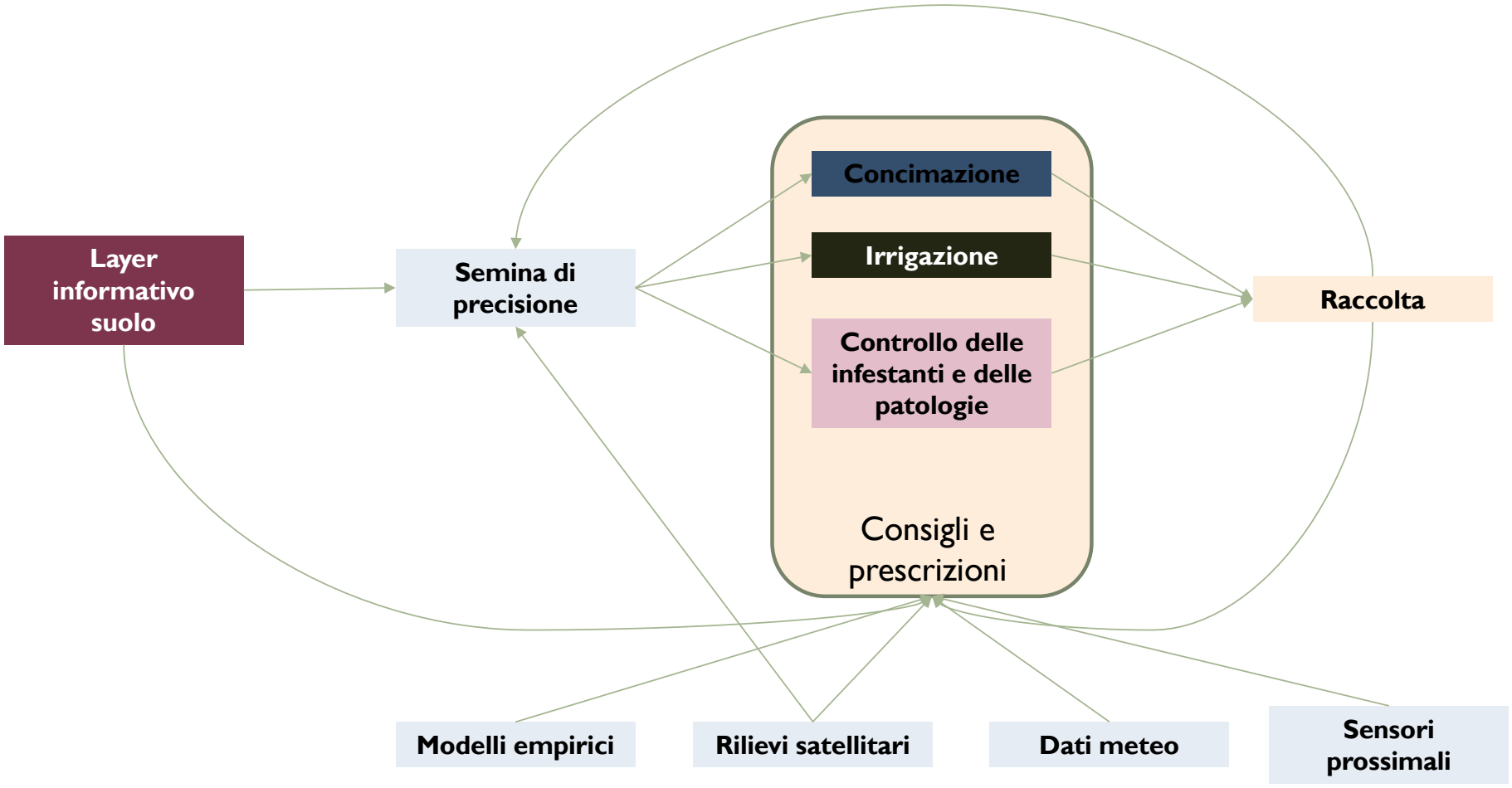
Trattamenti fitosanitari

- l'applicazione delle tecnologie per l'agricoltura di precisione è finalizzata alla distribuzione dei prodotti solo sul bersaglio, superando il concetto di distribuzione completa su tutto l'appezzamento
- l'irrorazione localizzata può essere eseguita con 2 modalità:
  - con sistemi in grado di individuare il problema con una serie di specifici sensori (presenza di infestanti o di patogeni) in maniera diretta, e di intervenire in tempo reale sugli attuatori che modificano l'irrorazione;
  - con una preventiva mappatura georeferenziata e successivamente, dopo la creazione di specifiche mappe di prescrizione, l'intervento mirato.
- gli strumenti di precisione utilizzati consentono:
  - l'annullamento delle sovrapposizioni;
  - la distribuzione a dose variabile (VRT) degli input;
  - la distribuzione mirata al bersaglio

Fonte: R. Casa, 2016

Fonte: Scientificarena

Cerealicoltura 4.0



6. Aspetti economici

Riduzione dei costi variabili - Guida assistita

Azienda/ colture	Riso	Mais	Erba medica
Piccola azienda	70	60	15
Grande azienda	60	59	13

Lazzari, 2015

Il risultato è massimo per le aziende piccole dove le larghezze di lavoro degli attrezzi sono minori e le occasioni di risparmio risultano maggiori.

VBS 20 cm

RTK 2,5 cm

Fonte: Trimble

Riduzione dei costi variabili - Guida automatica

Azienda/colture	Forma dei campi	Riso	Mais	Erba medica
Piccola azienda	piccoli irregolari	187	188	56
	piccoli regolari	120	103	50
	grandi irregolari	135	122	51
	grandi regolari	98	74	48
Grande azienda	piccoli irregolari	183	183	49
	piccoli regolari	96	98	43
	grandi irregolari	110	117	44
	grandi regolari	73	69	41

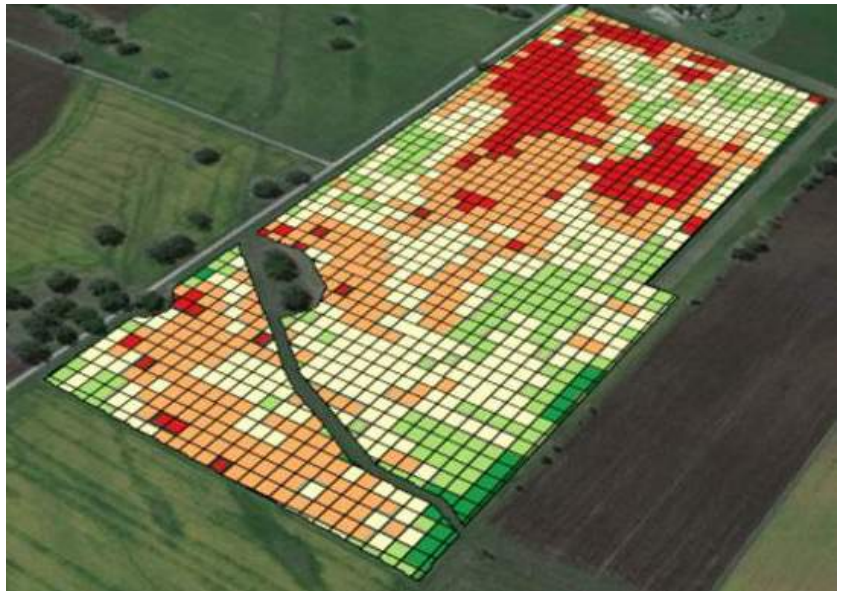
Lazzari, 2015

Fonte: New Holland

I valori di risparmio maggiori (più di 180 €/ha anno) sono conseguiti nel caso del mais e del riso su campi di forma irregolare. L'abbinamento della guida automatica (con sistemi RTK) consente di velocizzare l'operazione di semina, di ridurre la quantità di seme e di velocizzare a cascata anche tutte le altre operazioni successive (es. sarchiatura) (Lazzari *et al.*, 2015).

Riduzione dei costi variabili - Guida automatica e mappatura delle produzioni

Azienda/ colture	Campi	Riso	Mais	Erba medica
Piccola azienda	grandi irregolari	162	195	60
	grandi regolari	126	148	56
Grande azienda	grandi irregolari	187	190	52
	grandi regolari	149	143	49



Fonte: Forbes

I valori di risparmio maggiore (superiori a 190 €/ha anno) sono conseguiti nel caso del mais su campi di forma irregolare, con campi di dimensione medio grandi. In pratica in questa tipologia di campi i benefici vengono incrementati grossomodo di un 50%.

Risparmi molto consistenti si verificano anche sul riso, dove le tecniche tradizionali rendono difficile la precisione nelle operazioni meccaniche (Lazzari *et al.*, 2015).

Economicità dell'agricoltura di precisione

- La sostenibilità economica degli investimenti in AP varia in funzione dell'entità dell'investimento, della coltura e della dimensione aziendale.

Tecnologia/colture	Investimento (€)	Campi	Dimensione aziendale (ha)		
			Riso	Mais	Erba medica
Guida assistita	2.000-4.000	-	<10	10-20	20-30
Guida automatica	20.000-40.000	piccoli irregolari	20-30	20-40	50-100
		piccoli regolari	20-40	30-60	75-100
		grandi irregolari	20-40	30-60	75-150
		grandi regolari	30-60	40-70	100-200
Mappatura produzioni e trattamento sito-specifico	30.000-50.000	grandi irregolari	30-40	30-40	75-150
		grandi regolari	30-50	30-60	75-150

7. Sviluppi futuri

Nuove tecnologie (1)

- Ingresso di nuove attrezzature in grado di dialogare in maniera avanzata con il trattore, in grado di gestire i parametri di lavoro dello stesso (velocità, numero di giri del motore) in funzione delle esigenze dell'attrezzo, ottimizzando tempi e consumi.
- L'utilizzo dei droni, o meglio aeromobili a pilotaggio remoto (APR), è un passaggio tecnologico, i cui vantaggi economici dipendono dalle diverse applicazioni in campo agricolo: raccolta e monitoraggio dei dati, rilascio e distribuzione dei prodotti, raccolta di campioni in aria.
- L'utilizzo dei droni per il rilascio dei prodotti, necessariamente vincolato alle basse quantità, possono rispondere ad esigenze mirate e specifiche: rilascio di prodotti fitosanitari, rilascio di parassitoidi per azioni di lotta biologica integrata.
- La raccolta di informazioni e di dati geolocalizzati, con la possibilità di raccogliere immagini e spettri attraverso specifici indici di vegetazione (con satelliti o droni), permette di migliorare le decisioni imprenditoriali e la capacità di intervento nelle coltivazioni. Analoghi benefici si ottengono con le applicazioni dei droni per la raccolta di campioni in aria (pollini, inquinanti, insetti).
- Per tali applicazioni **la valutazione economica è estremamente complessa e difficilmente determinabile**, poiché è da ricondursi al caso specifico di applicazione.
- L'implementazione di sistemi di guida totalmente automatica (senza operatore a bordo) e di robot porterà a dei notevoli benefici, sia di natura economica che legati alla qualità del lavoro.

Fonte: Pregon Agropecuario

Fonte: CASE HI

Fonte: hlalau.skynetblogs.be

Futuri sviluppi (2)

- https://www.youtube.com/watch?v=T5k-Vx6WPFs
- https://www.youtube.com/watch?v=-YCa8RntsRE
- https://www.youtube.com/watch?v=6oElhMsfJ7I

8. Considerazioni

La professionalità

- Una parte consistente di agricoltori è normalmente reticente ad introdurre le tecnologie dell'AP, non tanto per gli investimenti monetari che comportano, quanto per la **riluttanza all'apprendimento delle innovazioni**.
- Molte imprese agricole hanno un parco macchine obsoleto, ma nello stesso tempo sovradimensionato se lo si considera in termini di rapporto tra potenza e terreno coltivati (Cv/Sau).
- L'AP richiede un "**salto culturale**" di sostituzione delle abilità personali e mentali, di cui molti agricoltori non hanno consapevolezza o, più frequentemente, sono reticenti all'innovazione.
- La crescita professionale dell'imprenditore e delle risorse umane dell'azienda sono propedeutiche all'introduzione dell'AP.
- Una certa tipologia di agricoltori è molto "affascinata" dagli investimenti nella meccanizzazione agricola e hanno normalmente un parco macchine sovradimensionato e continuano ad aumentare la potenza motrice, a volte, senza adeguate ragioni tecnico-economiche.

Il profilo socio economico dell'agricoltore di precisione (1)

- Le tecniche di AP si distinguono dalle tradizionali innovazioni meccaniche poiché, oltre alle normali forme di sostituzione dell'attività fisica dell'uomo, viene sostituito anche del lavoro intellettuale.
- Il titolare dell'impresa agricola e il suo management riescono a sfruttare le nuove tecnologie dell'AP solamente se dispongono di una predisposizione all'innovazione e adeguate competenze agronomiche, elettroniche ed informatiche.
- Normalmente, le macchine agricole vengono concepite come tecnologie che tagliano e spostano il terreno (oppure tagliano le colture, raccolgono i prodotti etc.) cioè che utilizzino delle forze che provocano degli spostamenti trasformando e modellando, attraverso il lavoro e mediante l'impiego di energia, la materia fisica del mondo concreto.

Il profilo socio economico dell'agricoltore di precisione (2)

- L'approccio dell'agricoltore all'AP è fortemente diversificato e, al momento attuale, si possono individuare tre categorie di agricoltori:
  - ✓ chi non considera l'AP;
  - ✓ chi la sfrutta solo in parte (solitamente minima);
  - ✓ chi con il GPS fa di tutto e di più.
- La prima categoria è nettamente la più numerosa; la terza categoria, che potremmo definire gli "agro-tecnologici" sono una netta minoranza, ma i pionieri di un percorso inevitabile.

L'attitudine "mentale", più che il capitale investito, è il requisito essenziale per l'introduzione delle tecnologie di precisione; per questa ragione, l'AP richiede un approccio graduale, che normalmente segue questo itinerario: si inizia con la sostituzione della guida manuale con la guida assistita, per poi progredire con la guida automatica, per arrivare alla mappatura delle produzioni.

Il profilo socio economico dell'agricoltore di precisione (3)

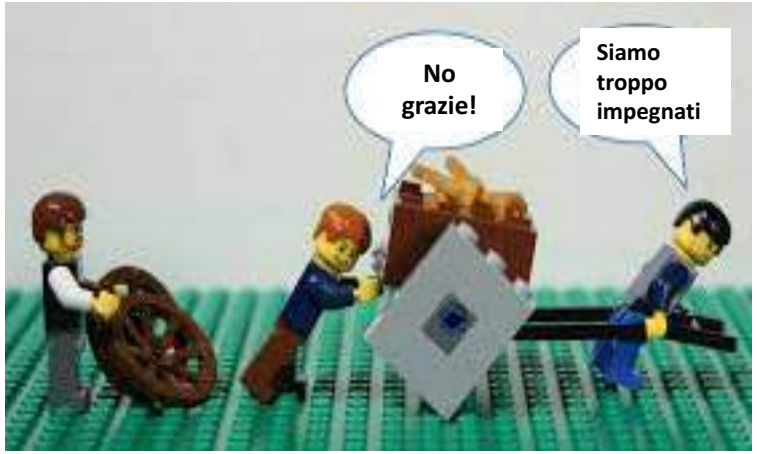
- La guida assistita può essere definita come la tecnica *entry-level*.
  - Non a caso la guida assistita ha incominciato a essere utilizzata in alcuni settori (come la risicoltura) da più di 10 anni orsono, specie per risolvere il problema delle traiettorie di guida durante la semina; attualmente essa è ben conosciuta ed è utilizzata dall'80% dei risicoltori che ne apprezzano i vantaggi.
- Il passo successivo, dopo la guida assistita, è la guida automatica con sistemi elettro-idraulici montati sul trattore e su altre machine semoventi, che evitano le sovrapposizioni.
- Dopo questi approcci, si può affrontare il passo più evoluto che consente di utilizzare tutte le tecniche dell'AP: mappatura delle produzioni, sistemi di dosaggio variabile, sensori di umidità, sensori per analisi fisiologiche, droni, ecc.
- La diffusione della mappatura delle produzioni subisce il tipico modello di adozione delle innovazioni nel settore agricolo che prevede che vi siano degli *early-adopters* (cioè gli agricoltori leader nel settore) che la impiegano per primi. Questi innovatori vengono monitorati da parte della maggioranza più conservatrice degli agricoltori.

Le difficoltà nell'introduzione dell'AP

- L'agricoltura di precisione è una tecnologia disponibile da più di un ventennio, ciononostante solo una piccolissima parte degli agricoltori italiani la utilizza nei processi produttivi.
- Principali ragioni di bassa adozione dell' AP:
  - ✓ resistenza da parte degli agricoltori ad investire risorse economiche, senza sapere se la tecnologia fornirà un profitto.
  - ✓ eppure, diversi studi, a livello internazionale e nazionale, hanno dimostrato i benefici economici dell'AP, a partire dalle forme più semplici (guida assistita, guida automatica) a quelle più avanzate (mappatura delle produzioni, sistemi di dosaggio variabile, sensori per l'analisi fisiologiche).
- Redditività economica: elemento essenziale per l'introduzione e la diffusione di un'innovazione.
  - ✓ la stima dei benefici economici dell'AP è un aspetto propedeutico rilevante per la divulgazione di questa tecnologia che, tra l'altro, è tra le meno costose delle innovazioni in agricoltura.
- La resistenza all'introduzione dell'AP nell'agricoltura italiana deriva:
  - ✓ non tanto dall'entità dell'investimento iniziale, ma dalla difficoltà a comprenderne i vantaggi rispetto alle tecnologie attuali,
  - ✓ da una forte resistenza degli operatori rispetto al tecniche consolidate e alla meccanizzazione tradizionale.

L'innovazione in agricoltura

- In Italia, il dibattito e l'attenzione degli agricoltori si concentrano molto sugli aiuti comunitari: pagamenti diretti e pagamenti agroambientali
- mentre l'interesse sull'innovazione è molto blando.
- Preferiamo le politiche di breve periodo (gli aiuti diretti) anziché investire nella competitività di lungo periodo.
- In una situazione di profonda mutazione dell'attività agricola, l'agricoltore e il contoterzista possono partecipare attivamente al processo di innovazione e trarne vantaggio:
  - interessa un ampio spettro di aziende agricole;
  - ha un'elevata turnazione delle proprie attrezzature;
  - può introdurre più facilmente le innovazioni e specializzarsi su determinate tecniche/operazioni.



Considerazioni sull'AP

- Qualsiasi azienda - di qualsiasi orientamento produttivo, anche di piccole dimensioni – può trovare dei **vantaggi nell'adottare la guida assistita**. Per le tecnologie superiori, la valutazione dipende dalla dimensione aziendale e dalla coltura.
- L'agricoltura di precisione non è un accessorio per abbellire la macchina agricola, **ma uno strumento per aumentare la redditività.**
- Nel settore dei seminativi e della viticoltura l'AP ha trovato un'importante applicazione, soprattutto su riso, mais e grano tenero.
- In una situazione di profonda mutazione dell'attività agricola, l'agricoltore e il contoterzista devono partecipare attivamente al processo di innovazione: proporre nuovi servizi alle aziende per aumentare la redditività della propria attività
  - sfruttare l'elevata turnazione delle attrezzature per mantenersi aggiornato sulle ultime tecnologie;
  - specializzarsi su determinate tecniche/servizi da offrire alle aziende agricole a soggetti terzi.
  - sfruttare la scarsa propensione ad innovare delle aziende agricole per offrire nuovi servizi in grado di ridurre i costi di produzione

Grazie per l'attenzione

Gabriele Chiodini
gabriele.chiodini@gmail.com

Dipartimento di Scienze Agrarie Alimentari e Ambientali
Università di Perugia