



Progetto SmartFIT

Tecniche innovative di fertilizzazione organica e minerale in ambienti pedologici soggetti al compattamento

Report di sintesi

Autori

Fantinato L., Moretto J., Rasera R., Tombacco M., Daniel A., Sartori L., Morari F., Gobbo S., Gasparini S., Obber S., Ragazzi F., Giomo M., Favretto M.



Fondo europeo agricolo per lo sviluppo rurale: l'Europa investe nelle zone rurali

Anno pubblicazione 2022

smartfitproject.it

Disclaimer

Report di sintesi del progetto SmartFIT - Tecniche innovative di fertilizzazione organica e minerale in ambienti pedologici soggetti al compattamento

Il presente report di sintesi è volto a fornire importanti informazioni e conclusioni e a stimolare la discussione tra i soggetti interessati allo studio dell'Agricoltura di Precisione.

I risultati e le conclusioni di ogni singola attività del progetto SmartFIT sono disponibili agli enti governativi di ogni livello, amministrazioni, università, industrie, professionisti e al pubblico tramite il sito internet <https://smartfitproject.it/>.

Questa pubblicazione è soggetta a diritto d'autore, ma ne è incentivata la diffusione.

Richieste e domande riguardanti la riproduzione e diritti vari sono da presentare a Dott. For. Roberto Rasera (roberto.rasera@studiorasera.it).

Dettagli di contatto degli autori:

Johnny Moretto (johnny.moretto@ateagroup.it)

Luciano Fantinato (luciano.fantinato@libero.it)

Roberto Rasera (roberto.rasera@studiorasera.it)

Matteo Giomo (matteo.giomo@ateagroup.it)

Michelangelo Tombacco (soc.agr.gaiarine@gruppotombacco.it)

Alberto Daniel (info@agridaniel.it)

Publicato in dicembre 2022

© 2022 SmartFIT project partnership

All rights reserved.

Riassunto

In contesti pedologici soggetti al compattamento uniti alla presenza di tecniche agronomiche tradizionali, comportano l'insorgenza di fenomeni di degradazione con conseguente riduzione delle rese produttive.

La difficoltà di programmare gli interventi in campo e la fragilità di tali suoli costituiscono i due principali fattori limitanti.

Il focus principale del progetto sarà incentrato sulla preservazione della struttura dei suoli attraverso una riproposizione delle tecniche agronomiche con particolare riferimento alla modalità e alla tempistica di esecuzione della fertilizzazione chimica e organica.

L'acquisizione delle variabili agronomiche, attraverso misurazioni dirette in campo e tecniche di telerilevamento, verrà gestita in un database dedicato. Le informazioni saranno elaborate in un sistema di supporto alle decisioni (DSS) in grado di prescrivere input geo-localizzati, modalità e tempistica di entrata in campo. Il DSS in progetto permetterà una gestione digitale dei "Big Data" e supporterà le scelte operative.

Il miglioramento della struttura dei suoli mediante l'utilizzo di tecniche innovative di entrata in campo, di distribuzione dei fertilizzanti e della gestione dei dati aziendali costituiranno i principali risultati attesi.

Il progetto verrà condiviso con aziende operanti in contesti simili per facilitare il trasferimento del know-how acquisito.

Abstract

In pedological contexts vulnerable to compaction, joined with traditional agronomic technique may degrade the soil structure and therefore the yields.

The difficulty of planning field activities and the fragility of such soils represent the two main limiting factors.

The main focus of the Smart FIT project will be centred on the decrease of the releases of input into the waters, through a more efficient distribution of organic (agrozootechnical digestate) and mineral fertilisers, that will be sustainable in complex pedological contexts.

The acquisition of the agronomic variables of interest, through direct in-field measurements and remote sensing techniques, will be managed in a dedicated database. The information will be elaborated in a decision support system (DSS), able to forecast georeferenced input, modalities and timing of in-field actions.

A better efficiency in the use of farm resources, a reduction of mineral fertilisers and the improvement of the soil structure, represent the main expected results.

The use of DSS within the project, will further allow a digital and structured management of the farm information, supporting the operational choices.

The whole project procedure will be shared with farms operating in similar contexts to facilitate the transfer of the gained know-how.

Sommario

1	Introduzione.....	3
2	Individuazione appezzamenti studio e suddivisione in "tesi" di analisi.....	4
3	Rilievo topografico degli appezzamenti di terreno.....	6
4	Traffico controllato: linee di transito e test applicativi.....	8
5	Mappe vigoria vegetativa (NDVI) nei diversi cicli colturali.....	10
6	Mappe suoli, elettroconduttività, vigoria, prescrizione e produzione.....	12
7	Decision Support System (DSS) SmartFIT.....	14
8	Raccomandazioni.....	17
9	Conclusioni.....	18
10	Bibliografia e sitografia.....	20

1 Introduzione

La vulnerabilità dei suoli alla compattazione, in presenza di tecniche agronomiche tradizionali, comporta l'insorgenza di fenomeni di degradazione con conseguente riduzione delle rese produttive, che si manifesta in maniera differenziata nelle diverse aree dell'appezzamento (Pezzuolo et al., 2016).

Tale problema emerge nelle aziende agricole coinvolte nel progetto in cui la pratica di fertilizzazione con digestato, eseguita con metodi di distribuzione tradizionali (carro botte), in presenza di suoli vulnerabili alla compattazione risulta difficoltosa a causa delle limitate finestre temporali utili per lo spandimento e del rischio di favorire fenomeni di degradazione dei suoli in seguito al passaggio di mezzi pesanti.

La distribuzione degli input nutritivi inoltre, a dosi costanti e senza tener conto della variabilità alla risposta produttiva, comporta una riduzione dell'efficienza della fertilizzazione nelle aree maggiormente interessate dal fenomeno della compattazione. Ne consegue un aumento della frazione disponibile di nutrienti per il rilascio nelle acque e nell'atmosfera.

Il focus principale del progetto Smart FIT è incentrato sulla preservazione della struttura dei suoli attraverso una riproposizione delle tecniche agronomiche con particolare riferimento alla modalità e alla tempistica di esecuzione della fertilizzazione chimica e organica.

Considerate le realtà aziendali in studio, gli obiettivi specifici in grado di ottemperare al focus del progetto sono:

- ~ preservare la struttura dei suoli;
- ~ valorizzare il digestato prodotto;
- ~ ridurre i concimi minerali;
- ~ mantenere elevate le rese produttive;
- ~ ridurre i costi delle operazioni colturali.

Una volta analizzate le problematiche e focalizzati gli obiettivi per raggiungere tale scopo, sono state individuate tre distinte strategie indispensabili al raggiungimento dei fini preposti:

- ~ Valutazione del momento ottimale di intervento in campo.
- ~ Ottimizzazione delle linee di transito;
- ~ Applicazione differenziata di input minerali ed organici;

Affinché tali mezzi operino in modo organico e interconnesso, considerando in modo congiunto le variabili pedologiche, agronomiche, ambientali, economiche e strutturali aziendali, il progetto si propone lo sviluppo e l'utilizzo di un "Sistema di Supporto alle Decisioni" (DSS).

Il DSS che è stato sviluppato funge da nodo centrale e strategico nel processo decisionale dell'azienda, sia dal punto di vista della gestione dei dati aziendali (gestione strutturata dei "Big Data"), sia nelle modalità operative sostenibili per la riduzione del compattamento dei suoli e la massimizzazione della resa aziendale (Moretto et al., 2017).

2 Individuazione appezzamenti studio e suddivisione in "tesi" di analisi

La prima fase prevede la l'identificazione delle aree studio "Gaiarine" e "Case Levi". È stato individuato il perimetro dell'area di interesse e la superficie di ogni azienda è stata suddivisa in 6 "tesi". Nel caso specifico di Gaiarine, sono le seguenti:

- ~ R1 VRA + TRAF: Test distribuzione fertilizzanti a dose variabile con mappa di prescrizione unito al traffico controllato;
- ~ R1 CONV: Tesi con tecnica agronomica convenzionale;
- ~ R1 VRA: Test distribuzione fertilizzanti a dose variabile con mappa di prescrizione;
- ~ R2 VRA + TRAF: Replica test distribuzione fertilizzanti a dose variabile con mappa di prescrizione unito al traffico controllato;
- ~ R2 VRA: Replica test distribuzione fertilizzanti a dose variabile con mappa di prescrizione;
- ~ R2 CONV: Replica tesi con tecnica agronomica convenzionale.

Ortofoto, tesi e punti campione rilevati per Gaiarine sono riportati in Figura 2-1.



Figura 2-1. Ortofoto, tesi e punti campione Gaiarine

Nell'area di Case Levi (Figura 2-2) sono state individuate le seguenti tesi:

- ~ R1 CONV: Tesi con tecnica agronomica convenzionale;

- ~ R1 ON THE GO: Test distribuzione fertilizzanti a dose variabile con rilevazione e dosaggio in "real time";
- ~ R1 VRA: Test distribuzione fertilizzanti a dose variabile con mappa di prescrizione;
- ~ R2 CONV: Replica tesi con tecnica agronomica convenzionale;
- ~ R2 VRA: Replica test distribuzione fertilizzanti a dose variabile con mappa di prescrizione;
- ~ R2 ON THE GO: Replica test distribuzione fertilizzanti a dose variabile con rilevazione e dosaggio in "real time".

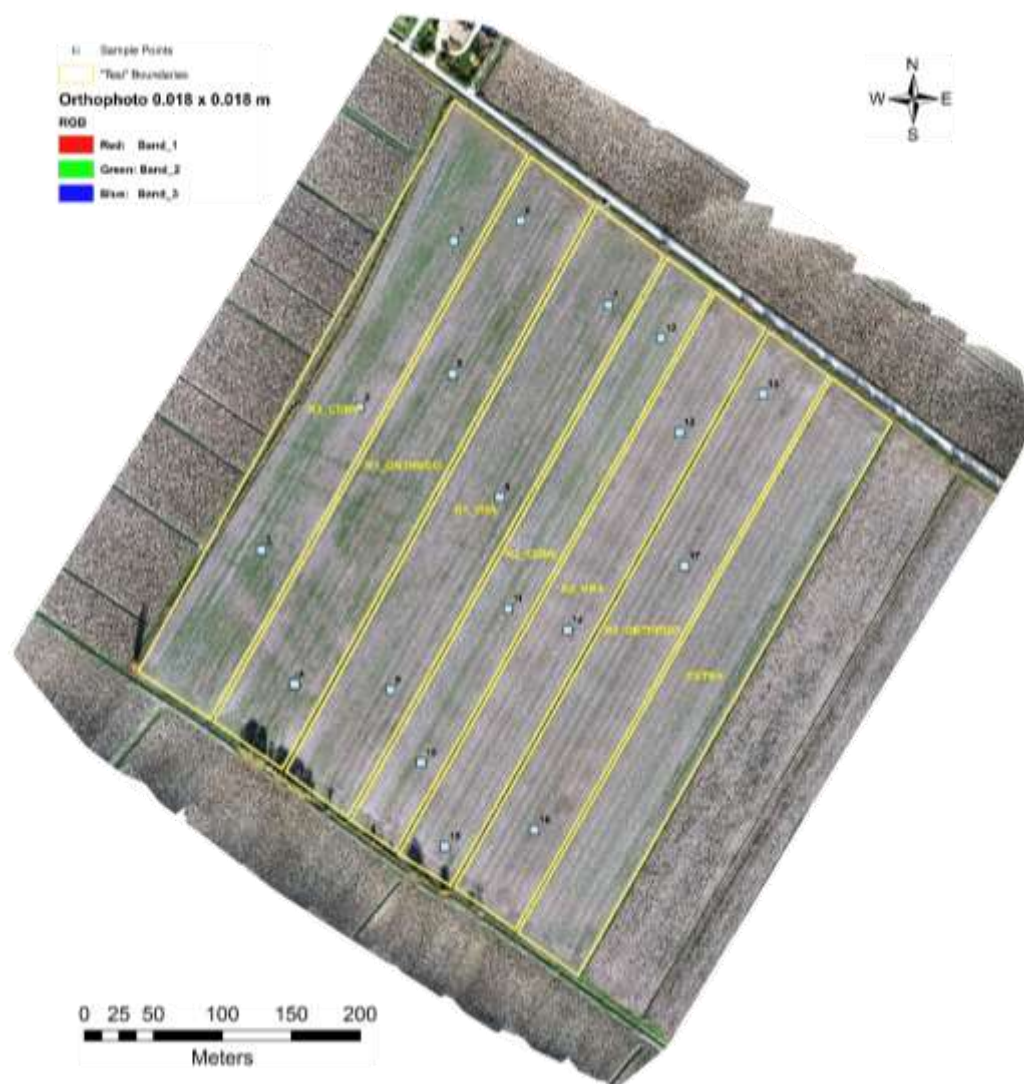


Figura 2-2. Ortofoto, tesi e punti campione Case Levi

3 Rilievo topografico degli appezzamenti di terreno

Sono stati definiti i piani di volo S.A.P.R. (drone aereo) con l'individuazione delle traiettorie di volo e la posizione dei marker a terra sia per l'azienda di Gaiarine (LP -) che per la l'azienda di Case Levi (PP1 - Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.). Il rilievo fotogrammetrico con immagini da drone DJI Mavic Mini 2 è stato eseguito sia presso l'azienda di Gaiarine che di Case Levi e la relativa elaborazione è stata eseguita mediante software Pix4Dmapper®.

Successivamente l'elaborazione della nuvola di punti grezza è proseguita con CloudCompare e in seguito con ArcGIS, dove sono stati prodotti DSM, DTM, mappe di pendenza del terreno e sezioni rappresentative.

Da queste si nota che per l'azienda Case Levi il terreno è prevalentemente pianeggiante, con differenze di quota contenute, mentre per Gaiarine il dislivello trasversale totale è di circa 2.4 m (Figura 3-3).

DTM e curve di livello per Gaiarine sono riportate in Figura 3-1.

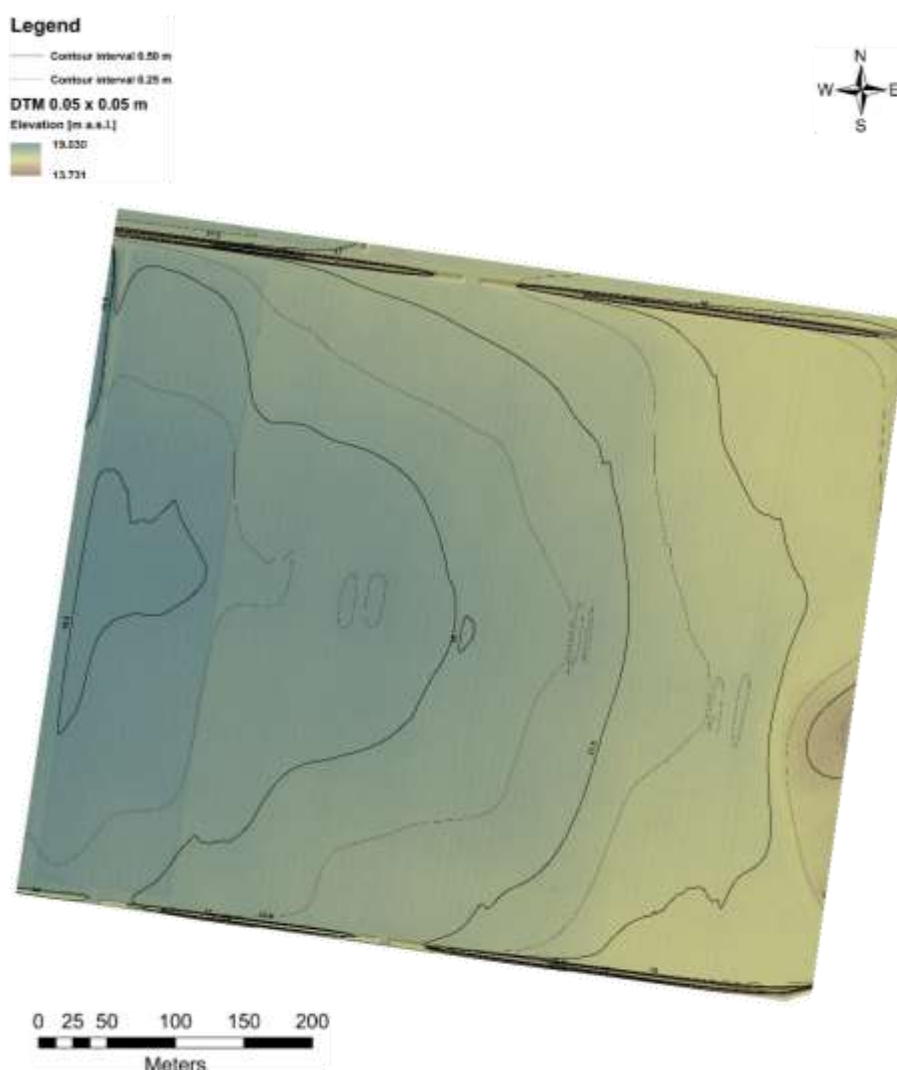


Figura 3-1. DTM e curve di livello derivati da elaborazione fotogrammetrica per Gaiarine

DTM e curve di livello per Case Levi sono riportate in Figura 3-2.

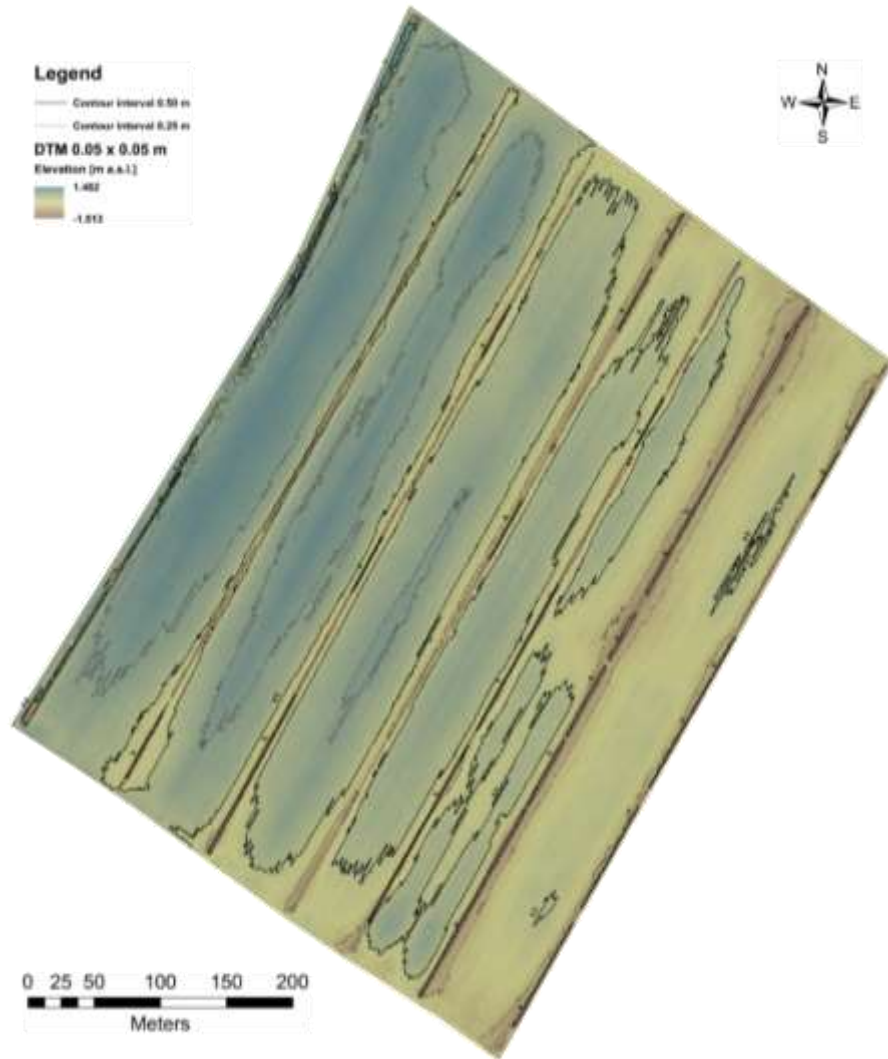


Figura 3-2. DTM e curve di livello derivati da elaborazione fotogrammetrica per Case Levi.

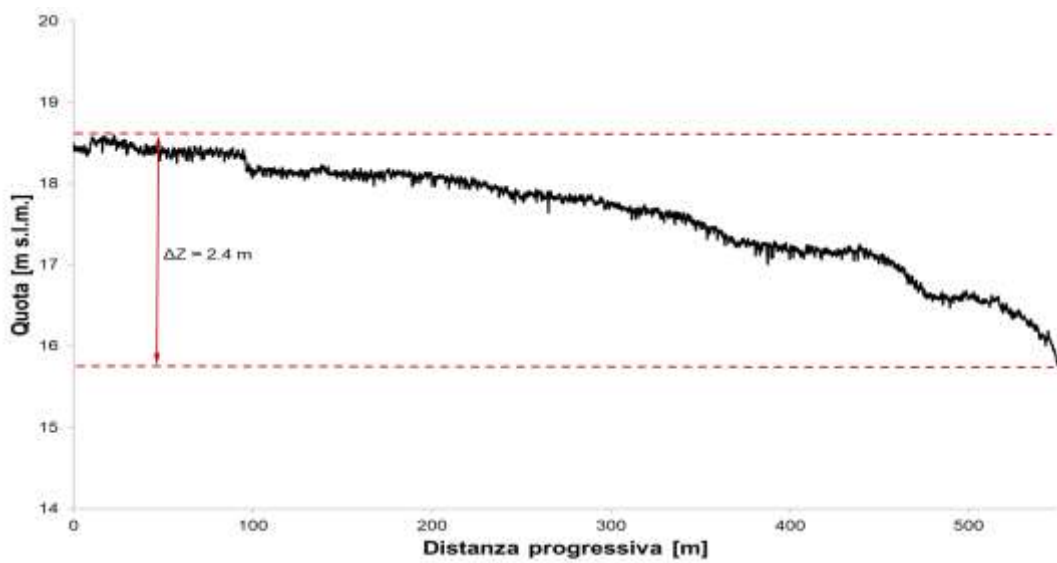


Figura 3-3. Profilo trasversale DTM Gaiarine

4 Traffico controllato: linee di transito e test applicativi

Il traffico controllato (CTF) è un sistema di gestione colturale nel quale la superficie destinata alla coltivazione e le linee di transito risultano essere separate, localizzando quindi la transitabilità e la compattazione in queste apposite corsie, mentre la superficie coltivata non viene mai interessata dal transito delle macchine operatrici.

Per minimizzare il numero e la larghezza delle corsie di transito presenti nell'appezzamento è necessario che tutte le macchine coinvolte presentino la stessa carreggiata e la stessa larghezza di lavoro.

Se le caratteristiche delle macchine impiegate durante il ciclo colturale sono talmente differenti da rendere impossibile l'adeguamento ad un'unica carreggiata si può impostare la gestione del traffico con due tipi di linee di transito caratterizzate da larghezze differenti, in maniera che comunque tutte le macchine possano transitare su corsie commisurate alla loro larghezza.

Dopo attenta analisi la soluzione adottata è una variante del sistema OutTrac a 8 file mais (6 m) con modulo di 12 m realizzato dalle seguenti attrezzature:

- ~ Trattore carreggiata 1,9 m
 - ~ interruttore liquame 3 m
 - ~ vangatrice 3m
 - ~ erpice rotante 6 m
 - ~ seminatrice 8 file (6 m)
 - ~ sarchiatrice 6 m
- ~ Trattore con carreggiata 1,5 m
 - ~ irroratrice 18 m
- ~ Trincia con carreggiata 2,1 m con barra da 6 m
- ~ Guida satellitare RTK-GNSS e monitor di guida.

Il sistema utilizza un'unica carreggiata comune con una larghezza standard, ma permette ai veicoli con pneumatici di sezione più larga e di carreggiata più larga di tenere la propria traccia fuori rispetto a quella più stretta. In questi casi quindi l'impronta della mietitrebbiatrice risulta essere in parte incidente con la linea di traffico e in parte esterna a questa. La larghezza degli attrezzi può essere uguale a quella della motrice oppure multipli diretti.

La variante prevede che durante le operazioni di vangatura e distribuzione del liquame venga creata una traccia supplementare in corrispondenza del lato degli pneumatici non coincidente con le corsie di traffico previste. In altre parole, in questo caso solo un lato del trattore viaggia sulle ormaie già formate, mentre l'altro lato calpesta sul terreno non trafficato (Figura 4-1).



Figura 4-1. Attrezzature utilizzate nell'esperienza del controllo del traffico presso l'azienda Tombacco di Gaiarine.

L'applicazione del sistema di traffico è proceduta poi con la definizione delle linee di traffico all'interno del sistema di guida satellitare, fissando i punti A-B all'interno degli appezzamenti e impostando la larghezza appropriata di lavoro per ogni macchina operatrice. In questo modo gli operatori potevano agevolmente trovare l'esatto punto di entrata in campo per ogni passaggio anche quando le corsie non fossero ben visibili (Figura 4-2).



Figura 4-2. Esempio di definizione delle linee di transito e la successiva visualizzazione sul computer di bordo del trattore.

5 Mappe vigoria vegetativa (NDVI) nei diversi cicli colturali

L'indice NDVI (vigoria vegetativa) è stato estratto da proximal sensing (sensore multispettrale applicato alle macchine) e da remote sensing (da satellite). Durante il progetto sono state utilizzate tutte e due le modalità di raccolta del dato, sia per confrontare le differenti metodologie, sia per identificare una eventuale variabilità all'interno degli appezzamenti di terreno.

In Figura 5-1 è riportato un confronto tra mappe classificate sull'indice NDVI estratto da remote sensing (Sentinel-2).

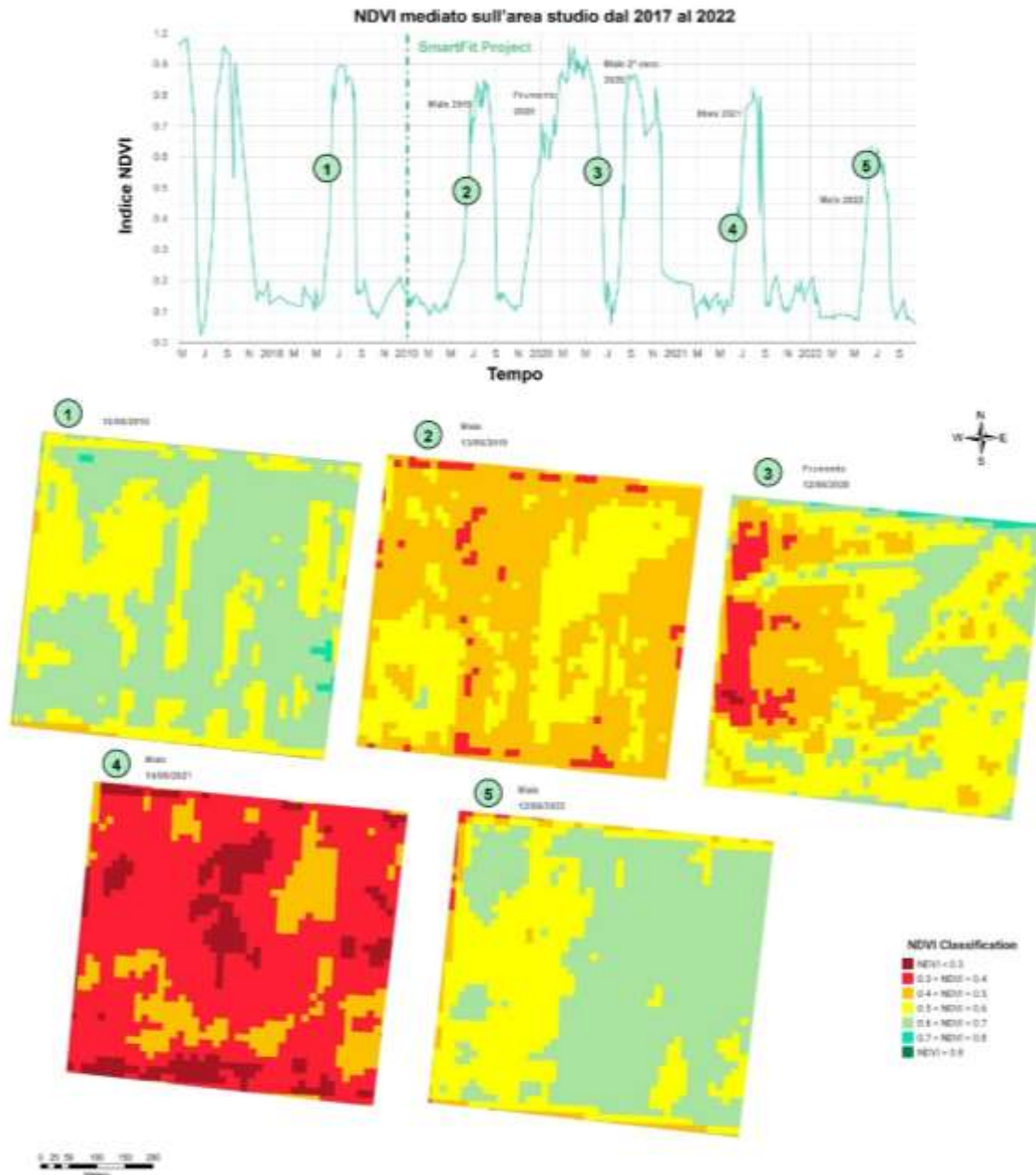


Figura 5-1. Confronto tra mappe classificate sull'indice NDVI per Gaiarine.

In Figura 5-2 è riportato un confronto tra mappe classificate sull'indice NDVI estratto da remote sensing (Sentinel-2).

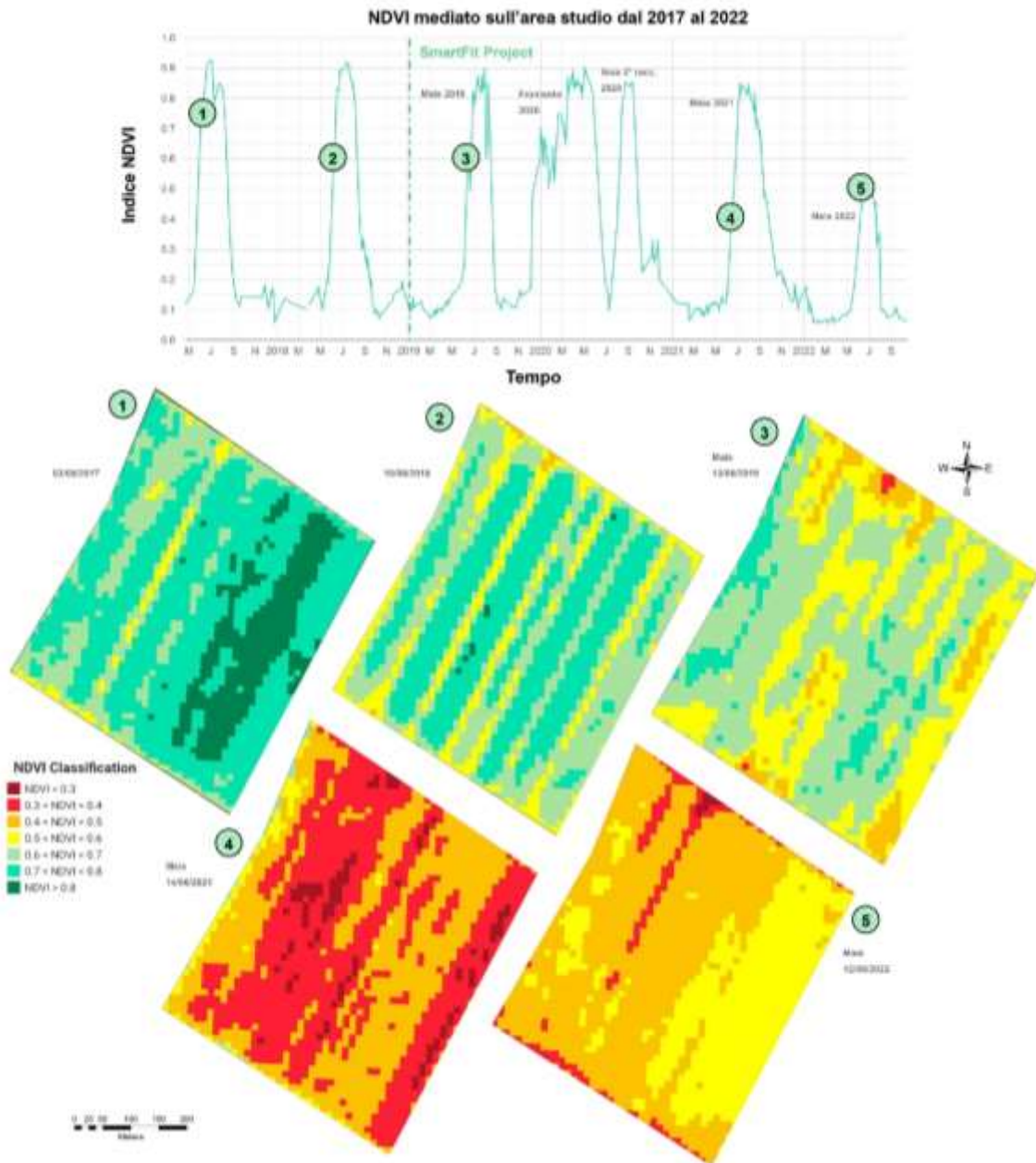


Figura 5-2. Confronto tra mappe classificate sull'indice NDVI per Gaiarine.

Tutte le aree da verde chiaro a scuro potrebbero essere considerate in “azoto non limitante” ovvero la quantità assorbita di N fino a questo momento è la quantità ottimale che la pianta assorbe in condizioni di massima disponibilità. Nelle zone in giallo e soprattutto in rosso si può ipotizzare che siamo in presenza di una carenza di azoto (o la pianta non è stata in grado di assorbirlo). Pertanto, in un’ipotesi di dose variabile queste sarebbero le due zone da concimare con una dose maggiore, in particolare in quella rosso acceso.

6 Mappe suoli, elettroconduttività, vigoria, prescrizione e produzione

Sono state realizzate alcune mappe al fine di identificare eventuali tendenze di correlazione tra le principali variabili coinvolte. Le più importanti sono: mappa zone omogenee di conduttività elettrica, mappa unità cartografiche, mappa vigoria vegetazione, mappa di prescrizione (solo per Gaiarine) e mappa di produzione.

Un esempio di confronto per la coltura frumento, annata 2020, azienda Gaiarine è riportato in Figura 6-1.

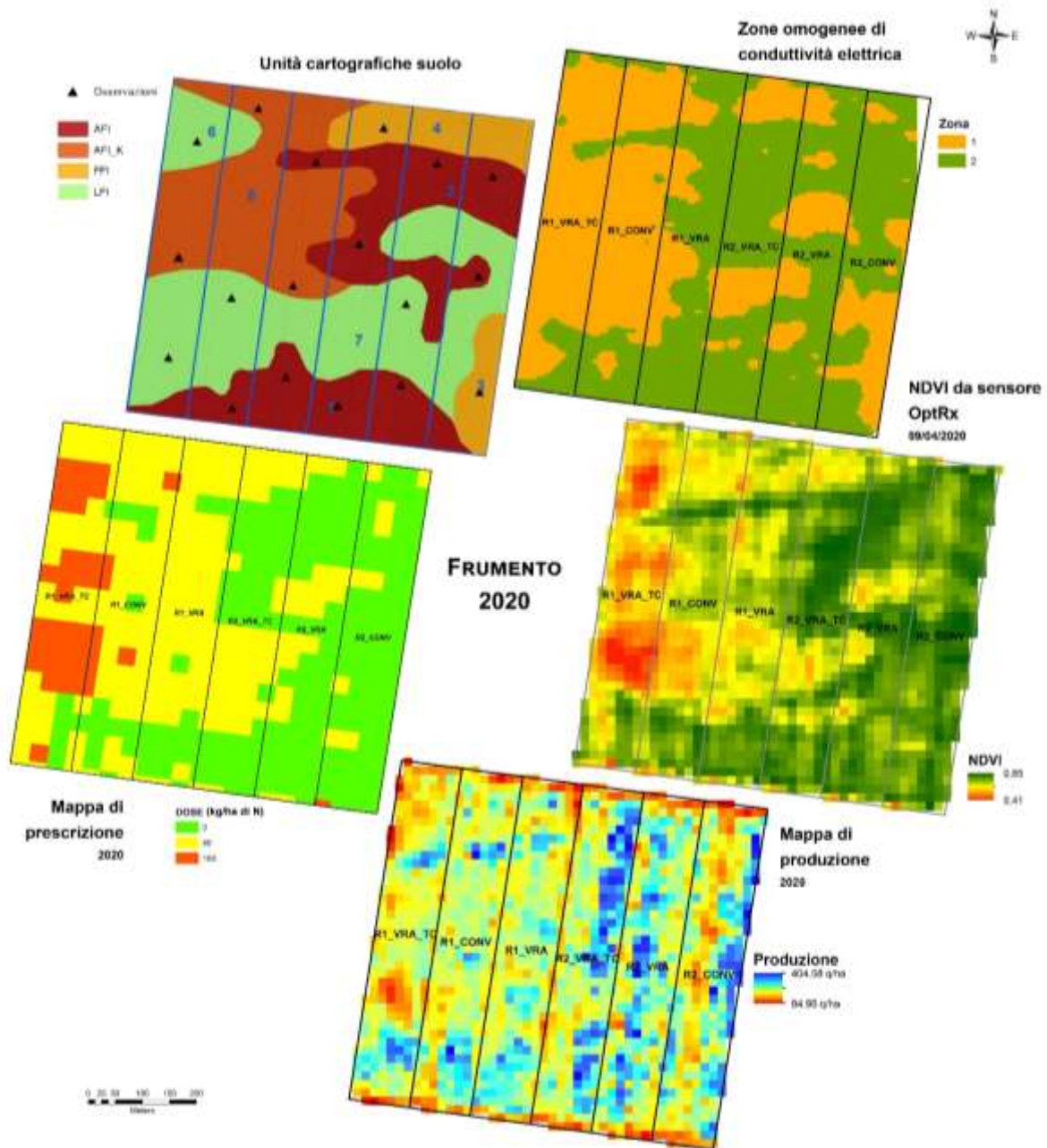


Figura 6-1. Confronto per frumento 2020 Gaiarine

Un esempio di confronto per la coltura mais, annata 2021, azienda Case Levi è riportato in Figura 6-2.

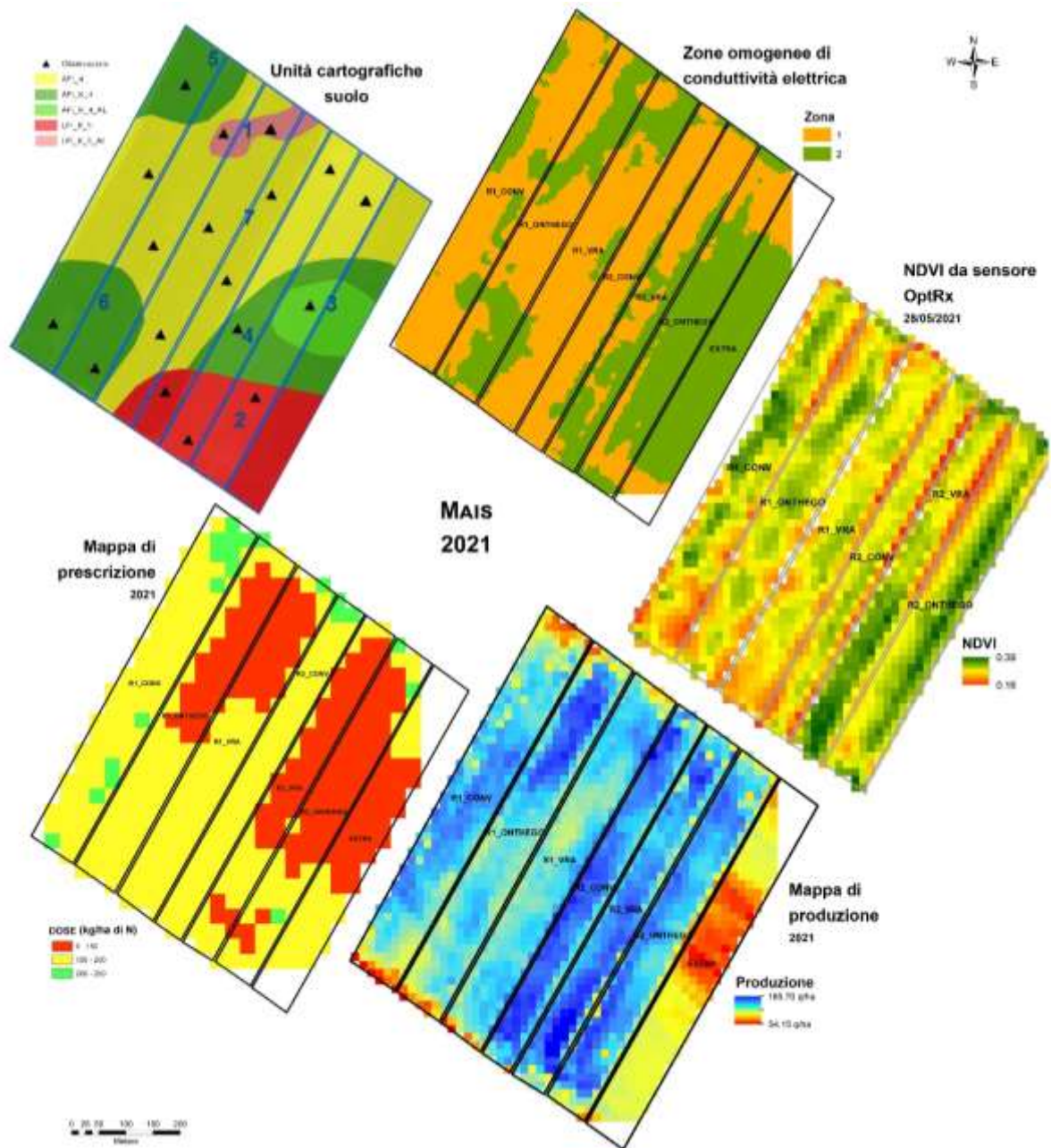


Figura 6-2. Confronto per mais 2021 Galarine

Interessante notare un simile pattern tra le varie mappe esposte. Dall'analisi di conduttività sono state identificate due zone principali (zona verde e zona gialla) le quali sono state poi suddivise in differenti tipi di suoli da ARPAV.

Confrontando la mappa di conduttività, con la mappa di vigoria e la mappa di produzione sembra che la zona gialla sia meno produttiva da quella verde.

7 Decision Support System (DSS) SmartFIT

Il progetto propone lo sviluppo e l'utilizzo di un "Sistema di Supporto alle Decisioni" (DSS). Il DSS sviluppato funge da nodo centrale e strategico nel processo decisionale dell'azienda nelle modalità operative sostenibili per la riduzione del compattamento dei suoli e la massimizzazione della resa aziendale.

In particolare, è stato sviluppato uno strumento operativo tecnico-gestionale (tool) fruibile direttamente dall'Azienda, in grado di fornire, sulla base di una serie di dati raccolti con diverse metodologie (centraline meteo, sensori su macchina, Sentinel 2 ESA, rilievi fotogrammetrici da drone - S.A.P.R., sensori di umidità disposti a terra, ecc.), indicazioni operative pratiche:

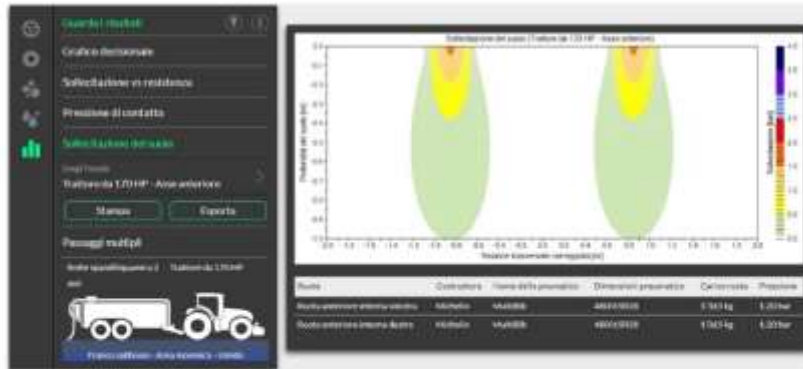
- ~ Analisi variabilità produttiva e climatologia storica appezzamenti;
- ~ Momento ottimale entrata in campo;
- ~ Individuazione specifiche linee di transito per favorire una diminuzione della superficie di calpestio;
- ~ Distribuzione geolocalizzata dei nutrienti (Dosaggio variabile).

Queste operazioni sono possibili grazie ai tool di cui il DSS è composto:

- ~ Sito web interattivo: percorso a domande "userfriendly" adatto all'uso sia da pc che da tablet o smartphone;
- ~ Manuali operativi: file digitali scaricabili generati dalle attività dell'intero gruppo operativo SmartFIT e dai suoi consulenti al fine di descrivere in modo esaustivo le corrette modalità di lavoro nell'applicazione delle operazioni sopra elencate. I manuali contengono inoltre casi operativi testati durante il progetto;
- ~ Video esemplificativi: al fine di favorire al massimo la trasmissione della conoscenza dei tool sono stati generati dei video che passo dopo passo applicano ogni tool sviluppato in casi operativi strategici;
- ~ Terranimo: modello utile alla valutazione se una determinata configurazione macchina e caratteristiche terreno possono generare un potenziale compattamento;
- ~ Agristoria: applicativo utile ad analizzare la vigoria vegetativa storica di un appezzamento unito a due variabili climatiche: precipitazione e GDD. Questo strumento permetterà di valutare se prima della concimazione vi è sufficiente variabilità per applicare il dosaggio variabile (apprezzabile dalla mappa di vigoria) e valutare se tale variabilità si ripete nel tempo o è data da un fattore non strettamente dipendente da una deficienza di azoto (es. attacco parassitario);
- ~ AgrifitModel for Corn: questo tool, calibrato per il mais, a partire da dati agronomici, di suolo ed economici permette di selezionare automaticamente dei casi simulati con le caratteristiche indicate e indicare la convenienza economica a concimare dosi crescenti di concime.
- ~ AgrifitModel for Wheat: stesso tool descritto sopra ma calibrato per il frumento;
- ~ AgrifitMap: applicativo utile a generare mappe di prescrizione a partire dalle informazioni degli applicativi precedenti e di scaricarle nel formato richiesto dalle macchine.

I principali applicativi sono descritti in Figura 7-1, Figura 7-2, Figura 7-3 e Figura 7-4.

TERRANIMO EXPERT



FINALITÀ

Prevedere il rischio di compattamento del suolo dovuto al transito di macchine agricole. Il modello combina le sollecitazioni causate dal parco macchine e la resistenza del suolo (in funzione dalla composizione strutturale e dell'umidità). Il modello aiuta ad identificare il cantiere di lavoro più adatto e a prevenire il rischio di compattamento a seconda delle condizioni del terreno.

INPUT

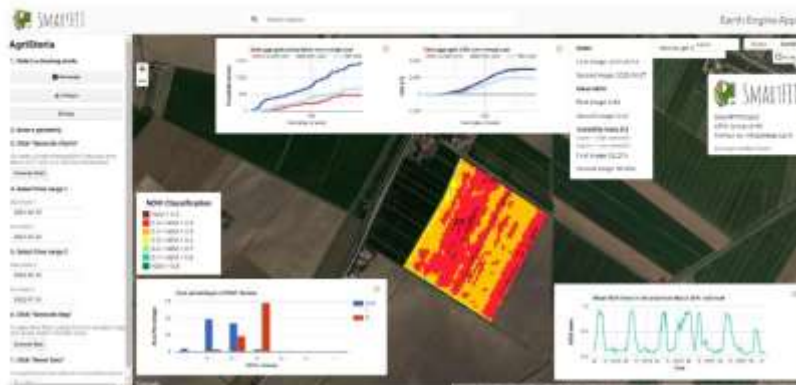
- Tipologia e caratteristiche parco macchine
- Modello di pneumatico (o cingolo), dimensioni e pressione di gonfiaggio
- Tipologia e tessitura del terreno
- Stato di umidità del suolo

OUTPUT

- Grafico decisionale con soglie di rischio al compattamento
- Confronto sollecitazione-resistenza
- Contributo di pressione di contatto di ogni ruota
- Profili verticali di sollecitazione al suolo
- Effetti causati da passaggi multipli

Figura 7-1. Terranimo

AGRISTORIA



FINALITÀ

Valutare la variabilità spaziale all'interno di un appezzamento di terreno mediante confronti di mappe classificate con l'indice NDVI (vigoria vegetativa). Fornire un supporto per identificare la condizione climatica dell'anno corrente rispetto a dati storici in termini di piovosità e temperatura. Supporto per valutazione convenienza fertilizzazione a dose variabile rispetto a dose uniforme.

INPUT

- Geometria perimetrale di un appezzamento di terreno
- Range temporali su cui effettuare l'analisi

OUTPUT

- Andamento medio dell'NDVI negli anni
- Precipitazione e GDD (Growing Degree Days) cumulati rispetto a dati storici
- Mappe classificate sull'indice NDVI
- Indici di variabilità
- Istogrammi distribuzione variabilità
- Ispezione di valori medi e puntuali di NDVI

Figura 7-2. Agristoria

AGRIFIT MODEL



FINALITÀ

Valutare la convenienza degli apporti di fertilizzante in relazione a tipologia di suolo, variabili agronomiche e economiche.

Modello calibrato per mais e frumento.

INPUT

- Localizzazione appezzamento
- Classe dell'orrido di mais
- Momento di semina
- Densità di semina
- Irrigazione presente o assente
- Quantità fertilizzazione a 40 giorni dalla semina
- Prezzo della granella
- Prezzo dell'unità di azoto contenuta nel fertilizzante

OUTPUT

- Totale fertilizzante utilizzato
- Totale azoto assorbito parte aerea
- Totale azoto suolo stimato
- Efficienza fertilizzazione
- Produzione sostanza secca stimata
- Convenienza a fertilizzare una determinata dose

Figura 7-3. AgriFit Model

AGRIFIT MAP



FINALITÀ

Generare mappe di prescrizione.

Generare tabella vigoria-dose per applicazione OnTheGo a partire da dati di output forniti da AgriFit Model di concimazione.

Modello calibrato per mais e frumento.

INPUT

- Geometria perimetrale di un appezzamento di terreno
- Range temporale prossimo alla concimazione
- Tipo di coltura (mais o frumento)
- Azoto totale assorbito dalla parte aerea della coltura
- Efficienza seconda fertilizzazione da AgriFit Model
- Azoto del suolo da AgriFit Model

OUTPUT

- Dati geometrici: appezzamento di terreno
- Tabella NDVI-dose
- Mappa di prescrizione scaricabile nel formato richiesto dai monitor aziendali

Figura 7-4. AgriFit Map

8 Raccomandazioni

Per le Aziende Agricole

- ~ Analizzare i problemi aziendali e sottoporli a gruppi operativi in contesti di cooperazione e innovazione come il progetto SmartFIT rappresenta un'importante occasione di crescita sia da parte dell'azienda Agricola sia da parte dei partner coinvolti, che merita, nonostante le possibili difficoltà operative, di essere sostenuta;
- ~ Il Progetto SmartFIT ha analizzato l'intero contesto legato alle principali operazioni di lavorazione, concimazione e raccolta di seminativi in suoli "complessi". Sono stati prodotti dei manuali operativi e tool applicabili. Si raccomanda, dato il notevole impegno dedicato alla produzione di tali risultati ad una loro presa visione approfondita e di contattare il Gruppo operativo per facilitarne la loro applicazione;

Per gli enti di Ricerca

- ~ Il Progetto SmartFIT ha evidenziato le potenzialità della cooperazione nell'ambito dell'agricoltura di precisione in quanto è stato possibile generare prodotti calibrati nei contesti agricoli di riferimento, ma allo stesso tempo è emersa la complessità della reale applicazione con risultati concreti di questa pratica. Fondamentale è la condivisione di dati ed esperienze raccolte presso altre realtà al fine di validare ed estendere la replicabilità di tali contesti.

Per la Pubblica Amministrazione

- ~ Grazie al lavoro del Progetto SmartFIT si può affermare che l'applicazione di tecniche innovative come l'agricoltura di precisione e le lavorazioni in suoli "difficili" ha spronato le aziende Agricole a fare qualche passo in avanti. La strada per la loro piena applicazione necessita ancora di supporto da parte dell'amministrazione pubblica la quale dovrebbe considerare che in questo contesto sono necessari più attori oltre al contesto aziendale e alle case produttrici di tecnologia come consulenti e innovation brokers che hanno il compito di facilitare l'incontro tra le diverse figure necessarie ad attuare tutti i passaggi applicativi;
- ~ Queste pratiche necessiterebbero di un sostegno iniziale per superare sia la diffidenza che le difficoltà iniziali ad approcciarsi a queste metodologie.

9 Conclusioni

Il Progetto SmartFIT si è inserito in contesti pedologici soggetti al compattamento, i quali uniti a tecniche agronomiche tradizionali comportano l'insorgenza di fenomeni di degradazione con conseguente riduzione delle rese produttive.

La difficoltà di programmare gli interventi in campo e la fragilità di tali suoli costituiscono i due principali fattori limitanti.

Il focus principale del progetto è stato incentrato sulla preservazione della struttura dei suoli attraverso una riproposizione delle tecniche agronomiche con particolare riferimento alla modalità e alla tempistica di esecuzione della fertilizzazione chimica e organica.

L'acquisizione delle variabili agronomiche, attraverso misurazioni dirette in campo susseguite nei vari cicli colturali rilevati e tecniche di telerilevamento, è stata gestita in un database dedicato e ha permesso di definire le variabili più significative necessarie alla gestione "smart" delle operazioni aziendali che operano in tali contesti. I risultati evidenziano che il gestore aziendale dovrebbe considerare in particolare i seguenti aspetti:

1. Momento entrata in campo con una determinata configurazione di mezzo al fine di non generare un compattamento;
2. Linee di transito utili ad una gestione con guida assistita o semi-automatica in un'ottica di traffico controllato o comunque limitare il calpestamento e migliorare l'efficienza delle lavorazioni in termini di sovrapposizione;
3. Analisi variabilità pre-concimazione e storica necessaria a verificare se vi sono le condizioni per applicare la concimazione a reteo variabile e se si può considerare l'azoto il principale fattore limitante;
4. Utilizzo di metamodelli calibrati sia dal punto di vista pedologico che climatico per la definizione della dose ottimale che massimizza sia dal punto di vista degli assorbimenti colturali che della convenienza economica gli input azotati da fornire;
5. Utilizzo di modelli NDVI (vigoria vegetative) - N uptake (azoto assorbito) calibrati per la coltura e i suoli aziendali per definire mappe di prescrizione calibrate nei contesti in cui si opera;
6. Analizzare correttamente le mappe di produzione utili a valutare l'effetto delle operazioni colturali ed eventuali variabilità di produzione residue.

E' evidente che l'agricoltore nella maggior parte dei casi, non ha ne il tempo ne le competenze per entrare in merito a tutti gli aspetti sopra indicati, per tale ragione è stato sviluppato un sistema di supporto alle decisioni (DSS) in grado di prescrivere input geo-localizzati, modalità e tempistica di entrata in campo, seguendo interamente il percorso sopra indicato tramite una guida interattiva.

Il DSS sviluppato rappresenta un primo passo concreto utile alla gestione digitale semplificata dei "Big Data" necessario a supportare le scelte operative aziendali e permettendo di integrare nel processo decisionale l'esperienza dell'azienda agricola.

L'unione di dati, algoritmi complessi calibrati, la gestione dei big data e la conoscenza dei contesti agricoli da parte delle aziende inseriti nel processo interattivo semplificato del DSS sviluppato rappresenta una modalità innovative di gestire le operazioni aziendali dove sia la ricerca scientifica e sia l'esperienza "Agricola" trovano un punto di incontro.

Il miglioramento della struttura dei suoli mediante l'utilizzo di tecniche innovative di entrata in campo, di distribuzione dei fertilizzanti e della gestione dei dati aziendali costituiscono le principali esternalità positive e prospettive del progetto in un'ottica di sostenibilità ambientale ed economica.

10 Bibliografia e sitografia

- Antille, D. L., Bennett, J. M., Jensen, T. A. 2016. Soil compaction and controlled traffic considerations in Australian cotton-farming systems. *Crop and Pasture Science*, 67(1), 1-28
- Asseng, S., Ewert, F., Rosenzweig, C., Jones, J. W., Hatfield, J. L., Ruane, A. C., ... , Brisson, N. 2013. Uncertainty in simulating wheat yields under climate change. *Nature Climate Change*, 3(9), 827-832.
- Auernhammer H., Demmel M. 2016. "State of the art and future requirement". In: Q- Zhang (Ed.), Precision Agriculture Technology for Crop Farming, *CRC Press (Taylor&Francis), Boca Ranton FL (USA)*. 299-346.
- Balsari, P., Airoldi G. 2016. Distribuzione dei fertilizzanti. "Fertilizzazione sostenibile" a cura di Grignani C. *Edagricole Università & Formazione*. ISBN 978-88-506-5445-1. 219-260.
- Barracu, F. 2012. Variabilità spaziale e temporale di parametri applicati alla Precision Farming in risicoltura. Tesi di Dottorato. Ciclo XXV. *Scuola di Dottorato di ricerca in Scienze e Biotecnologie dei Sistemi Agrari e Forestali e delle Produzioni Alimentari. Università degli studi di Sassari*.
- Bloomer D., Hosking W. LandWISE Inc. 2006. Controlled Traffic Farming And the application of high accuracy GPS.
- Bochtis D.D., Sørensen, C.G., Busato P., Hameed I.A., Rodias E., Green O., Papadakis G. 2010. Tramline establishment in controlled traffic farming based on operational machinery cost.
- Chamen W., C., T. 2005. Controlled traffic farming-Its benefits and realisation. D. Jorajuría, D. Giménez & V. Sánchez Girón, eds. Agricultural soil reology under traffic. *Revista de la Facultad de Agronomia* 106 (1) Suplemento, pp. 107-129.
- Chen, P., 2012. A Comparison of Two Approaches for Estimating the Wheat Nitrogen Nutrition Index Using Remote Sensing, 7, 4527-4548.
- Delta-T Devices. (n.d.). SunScan Canopy Analysis - Canopy Analyser - LAI - PAR. Retrieved August 8,2018, from
- Diserens, D., Battiato, A. 2013. Guide TASC. *Département fédéral de l'économie, de la formation et de la recherche DEFR*.
- Eitel, J. U., Keefe, R. F., Long, D. S., Davis, A. S., & Vierling, L. A. 2010. Active ground optical remote sensing for improved monitoring of seedling stress in nurseries. *Sensors*, 10(4), 2843-2850.
- Febo P. 1991. Che cos'è e come si presenta-Dossier compattamento. *Macchine e motori agricoli* n°10, pp 56 - 62.
- Gasparini, F. 2014. Tecnologie di agricoltura di precisione: studio e realizzazione di macchine e attrezzature agricole per la distribuzione variabile dei fertilizzanti organici e inorganici. *Tesi di dottorato. Dipartimento Territorio e Sistemi Agroforestali (TeSAF). Università di Padova*.
- GRDC-Grains Research & Development Corporation. 2004. Tramline farming systems: Technical manual.
- Grignani, C. 2016. Fertilizzazione sostenibile. *Edagricole Università & Formazione*. ISBN 978-88-506-5445-1.
- Holpp M., Anken T., Rek J., Reiser R., Zihlmann U., Oberholzer H.-R., Weisskopf P., Hensel O. 2009. Controlled traffic farming under central european conditions.
- Konica Minolat. (n.d.). A lightweight handheld meter for measuring the chlorophyll content of leaves without causing damage to plants. SPAD-502Plus.

Lopresti, M. K. Di Bella, C. M. and Degioanni, A. J., 2015. Relationship between MODIS-NDVI data and wheat yield: A case study in Northern Buenos Aires province, Argentina. *Information Processing in Agriculture*, 2(2), 73,84.

Moretto, J., Fantinato, L., Rasera, R. 2017. Sustainable management of agriculture activity on areas with soil vulnerability to compaction through a developed decision support system (DSS). *EGU General Assembly 2017. Geophysical Research Abstracts*. Vol. 19, EGU2017-7988, 2017

Pezzuolo, A., Gasparini, F., Marinello, F., Sartori, L. 2016 Controllare il traffico in campo per ridurre il compattamento. *Informatore agrario*, 26, 40-42.

Quebrajo, L., Pérez-Ruiz, M., Rodríguez-Lizana, A. and Agtiera, J., 2015. An Approach to Precise Nitrogen Management Using Hand-Held Crop Sensor Measurements and Winter Wheat Yield Mapping in a Mediterranean Environment. *Sensors*, 15(3), 5504-5517.

Sartori L. Pezzuolo A. 2012. Minore compattamento controllando il traffico delle macchine in campo. *L'informatore Agrario* n° 3/2012, pp 1-6.

Stone, M. L., Solie, J. B., Raun, W. R., Whitney, R. W., Taylor, S. L. and Ringer, J. D., 1996. Use of Spectral Radiance for Correcting In-season Fertilizer Nitrogen Deficiencies in Winter Wheat. *Transactions of the ASAE*, 39(5), 1623-1631.

Trimble, 2010. *GreenSeeker • RT100 Data Collection and Mapping System 2 GreenSeeker RT100 System User Guide*. GreenSeeker User Manual.

<https://www.agroscope.admin.ch/agroscope/de/home/themen/wirtschaft-technik/agrartechnik-bau/tasc.html>

<https://ch.terranimoworld.com/expert>

<https://earthengine.google.com/>

<https://www.arpa.veneto.it/>

<https://hub3.cet.cloud/>

