



PSR
2014 2020
LOMBARDIA
L'INNOVAZIONE
METTERADICI



Regione
Lombardia

Fondo Europeo Agricolo per lo Sviluppo Rurale: l'Europa investe nelle zone rurali



OTTIMIZZAZIONE DELLA CONCIMAZIONE ORGANICA ASSISTITA DA SENSORI AL SUOLO

01 dicembre 2022

LA MAPPATURA DEI SUOLI AGRICOLI – I RISULTATI DEL PROGETTO CONSENSI

Pricca N., Gasparini A., Cabassi G. – Consiglio per la Ricerca in agricoltura e l'analisi dell'Economia Agraria, Centro Zootecnia e Acquacoltura



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI MILANO

CONDIFESA
LOMBARDIA NORD EST



SOCIETÀ
AGRICOLA
BONETTI
DI ALESSANDRO E GIACOMO BONETTI

SOCIETÀ
AGRICOLA
Penati Luigi & Co

AZIENDA
Agricola
MOTTI

ITALIA
EVERGREEN
FRATELLI VISCONTI

OBIETTIVI



- Sviluppo di un algoritmo per la **zonazione dei campi** coltivati basato su **metodi speditivi** di raccolta dati di **conducibilità elettrica**, **analisi NIR** per sostanza organica di pochi campioni opportunamente selezionati per la **stima del deficit di carbonio**.
- Elaborazione di **mappe di prescrizione** per la distribuzione a rateo-variabile dei **fertilizzanti organici** alla dose media di campo massima consentita (170 KgN/ha), disproporzionando in base alla mappa di carbon deficit con l'obiettivo di **mantenere o migliorare il contenuto di sostanza organica** dei suoli e **massimizzare l'efficienza dell'azoto**.

SUCCESSIONE DEI LAVORI



Anno I

- Campionamento del suolo su griglia regolare
- Analisi di laboratorio ed ottiche dei campioni
- Mappatura geoelettrica
- Costruzione mappe di tessitura e sostanza organica

Anno II

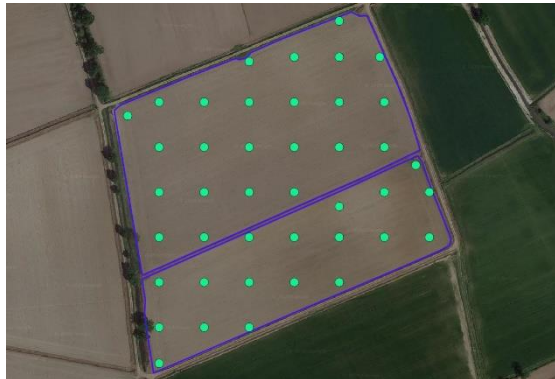
- Mappe di prescrizione basate sul carbon deficit
- Distribuzione a rateo variabile dei concimi organici
- Mappatura delle produzioni

Anno III

- Ottimizzazione disegno sperimentale
- Implementazione algoritmo elaborando target produttivi

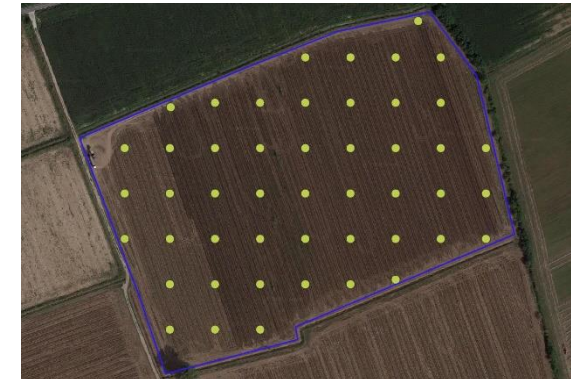
I CAMPI

CAMPIONAMENTO SU GRIGLIA



Az. Penati
42 punti

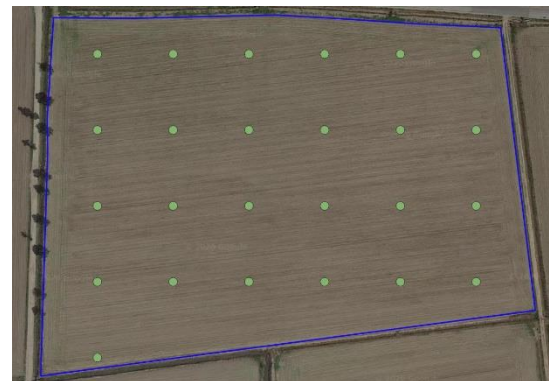
- 183 campioni di suolo 0-30cm
- I punti sono posti su griglia regolare con una maglia di circa 50 metri
- Raccolti circa 4-6 Kg per punto di campionamento per **stimare correttamente anche lo scheletro**



Az. Fondazione Bolognini
48 punti



Az. Motti
43 punti



Az. Bonetti
25 punti



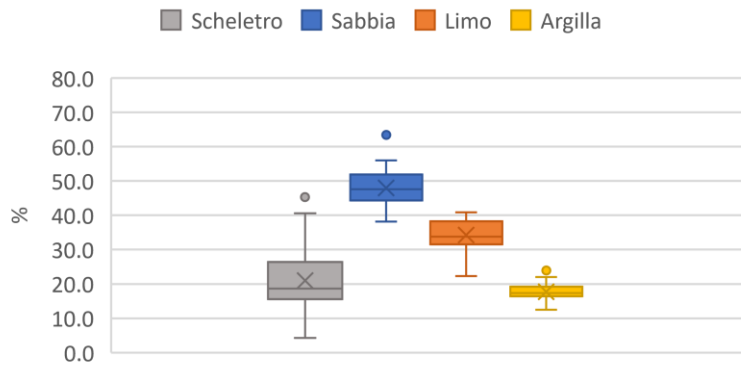
Az. Evergreen
25 punti

I CAMPI

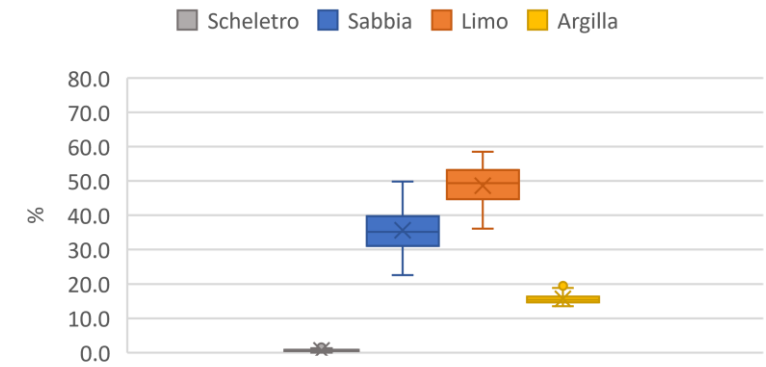
CARATTERISTICHE GRANULOMETRICHE



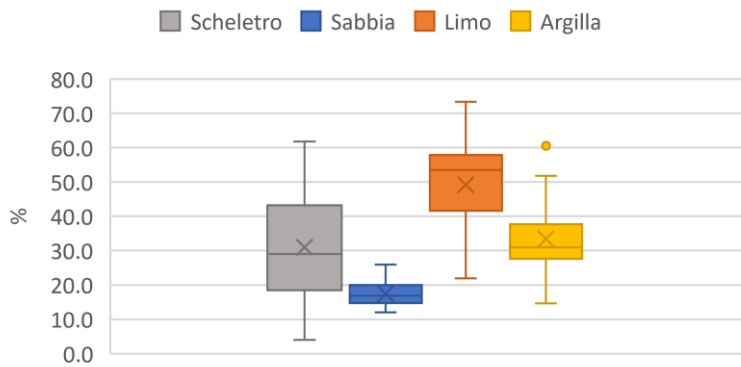
Az. Penati



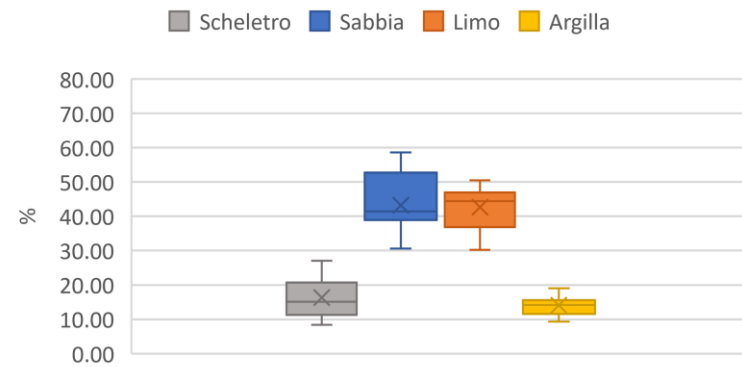
Az. FMB



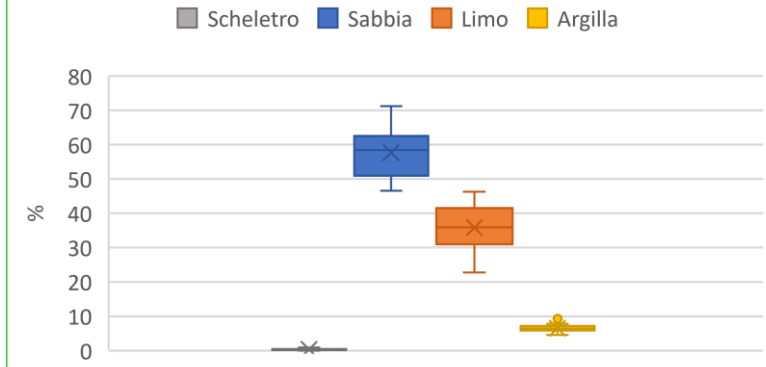
Az. Motti



Az. Bonetti

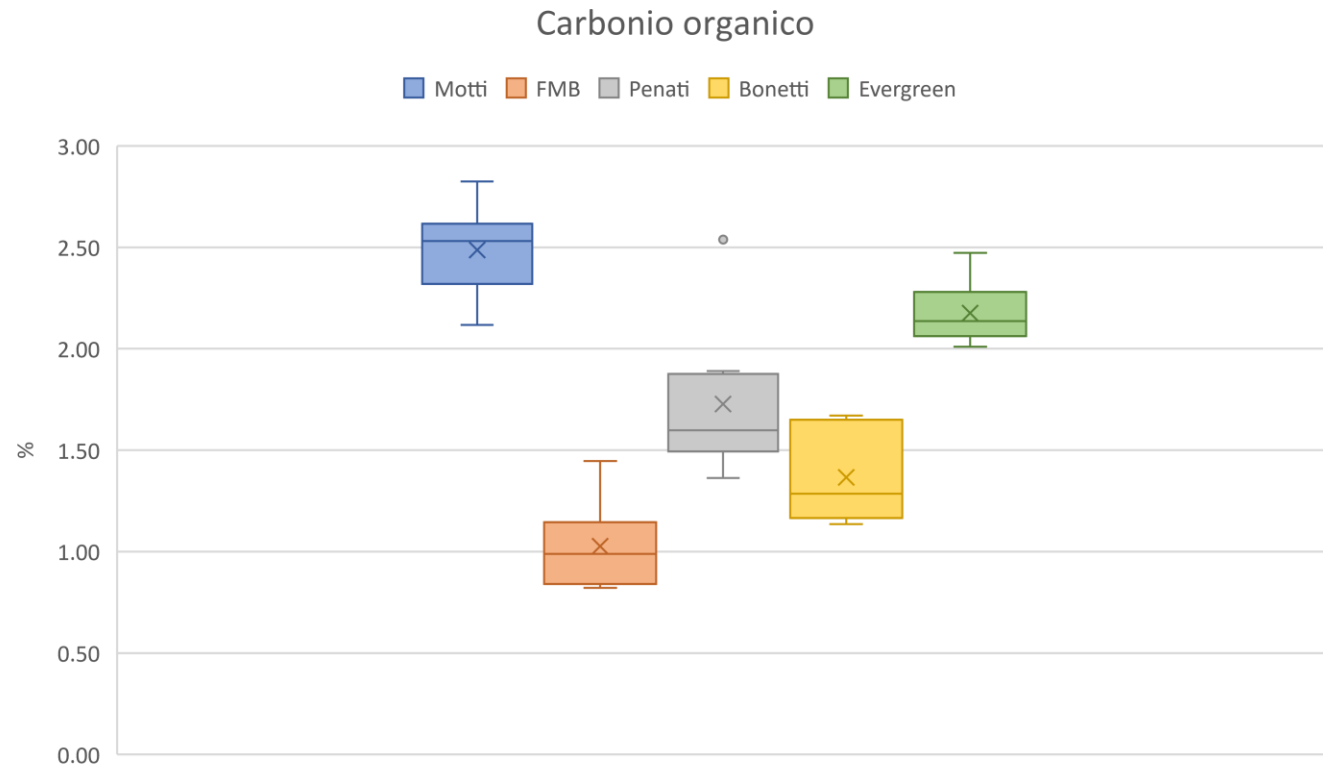


Az. Evergreen



I CAMPI

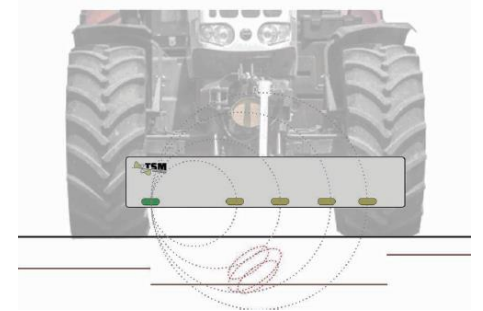
CONTENUTO DI CARBONIO ORGANICO



- **Az. Motti**: indirizzo zootecnico
- **Az. FMB**: indirizzo strettamente cerealicolo senza uso di concimi organici
- **Az. Penati**: indirizzo zootecnico
- **Az. Bonetti**: indirizzo Zootecnico
- **Az. Evergreen**: indirizzo cerealicolo con uso di concimi organici

SENSORE ELETTROMAGNETICO, TOPSOILMAPPER

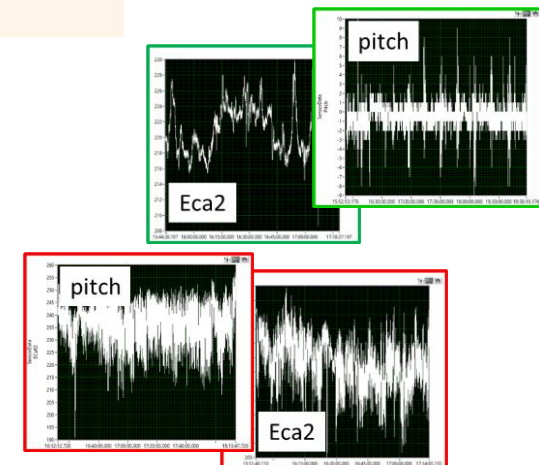
Il sensore è sensibile alla **densità** di cariche elettriche per unità di volume di suolo. **A parità di condizioni** di compattamento, lavorazione e residui vegetali in superficie, **tale grandezza fisica è influenzata maggiormente dalla granulometria** (e non dalla sola tessitura) come mostrato in figura. Nelle nostre condizioni di campo il contenuto di sostanza organica è troppo ridotto per influenzare la conducibilità.



- **4 strati informativi**
- Il sistema mette a disposizione i **dati grezzi** (formato .xml o .tdsm)
- È possibile effettuare l'elaborazione anche con **software OpenSource**

Strato	Profondità (cm)*
Eca1	0 – 25
Eca2	0 – 60
Eca3	0 – 95
Eca4	0 - 115

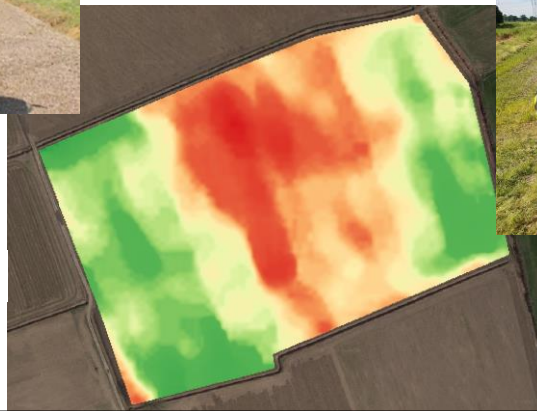
Il sistema è provvisto di sensori di distanza ausiliari per la rilevazione dei movimenti del sensore elettromagnetico rispetto alla superficie del terreno per la **correzione dei valori di conducibilità elettrica** durante l'acquisizione o come controllo delle elaborazioni in post.



MAPPE DI CONDUCEBILITÀ ELETTRICA



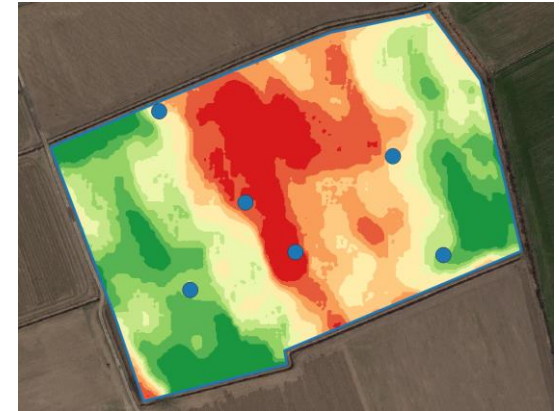
Le **correlazioni migliori** si ottengono utilizzando i **dati di granulometria** (e non di tessitura) ed **accorpare i valori di limo e argilla** (o limo fine e argilla)



Acquisizione mappe di conducibilità



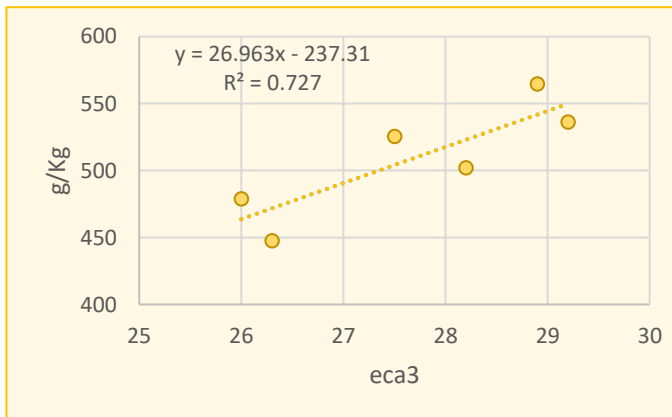
Individuazione punti di calibrazione



Suddivisione dei valori in classi di percentili

Limo e argilla (g/Kg)

* ϕ inferiore a $50\mu\text{m}$

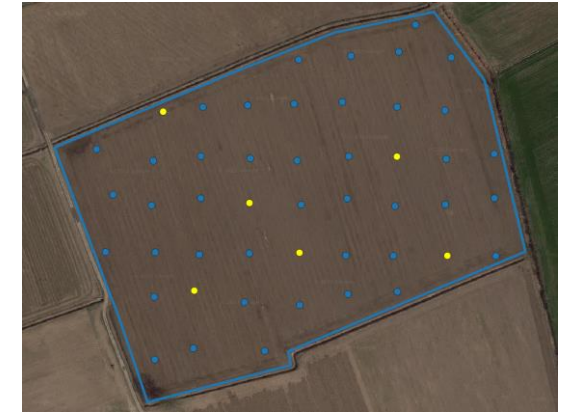


Calibrazione su punti selezionati

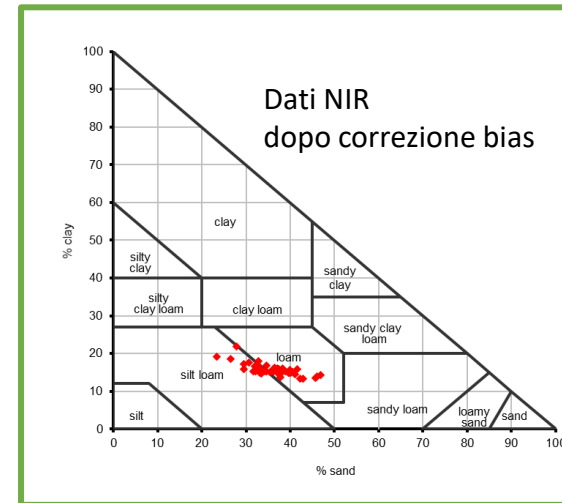
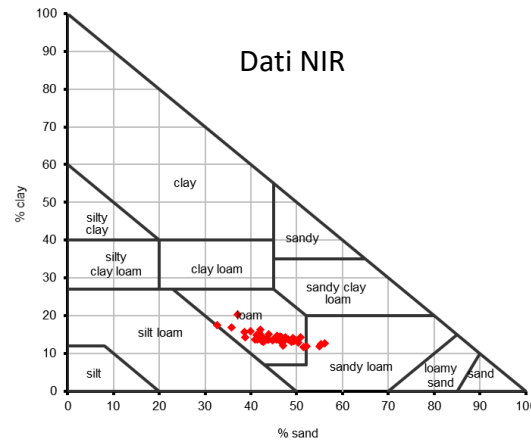
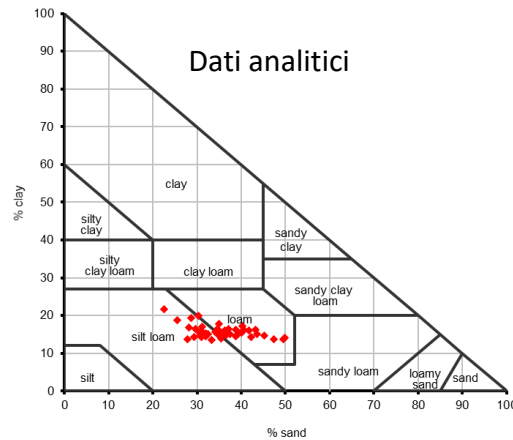
CORREZIONE DEI DATI NIR



	g/Kg Sabbia	g/Kg Argilla
Bias stimato su 48 campioni	-97.76	16.74
Bias stimato su 6 campioni selezionati	-92.56	16.65



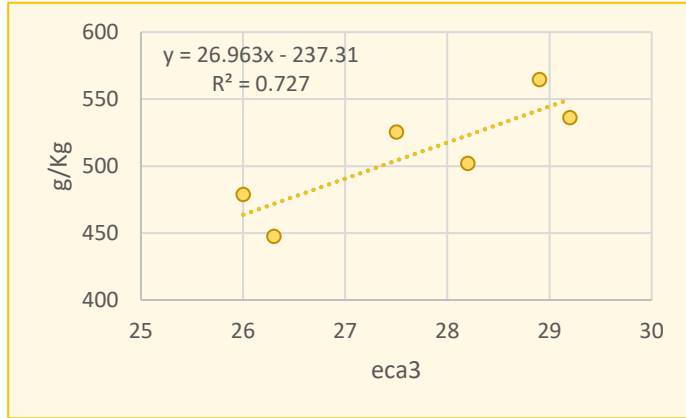
Az. Fondazione Bolognini



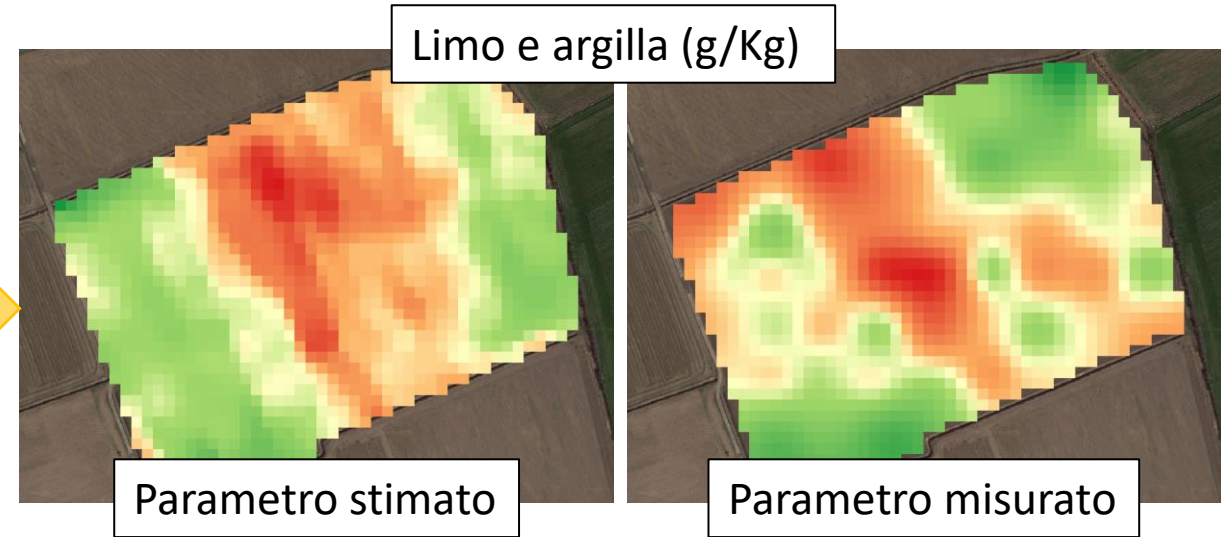
Fonte	Classe TXT
Reg. Lombardia	Franco sabbiosa
Dati Analitici	Franco limosa
Dati NIR	Franco
Dati NIR corretti	Franco limosa

Le stime prodotte dalla calibrazione LOCAL sviluppata su tutto l'areale della pianura padana richiedono per la tessitura una **correzione dell'errore sistematico (bias)** che può essere effettuata sui pochi campioni analizzati per la taratura del segnale geoelettrico

MAPPA DI VARIABILITÀ TESSITURALE STIMATA

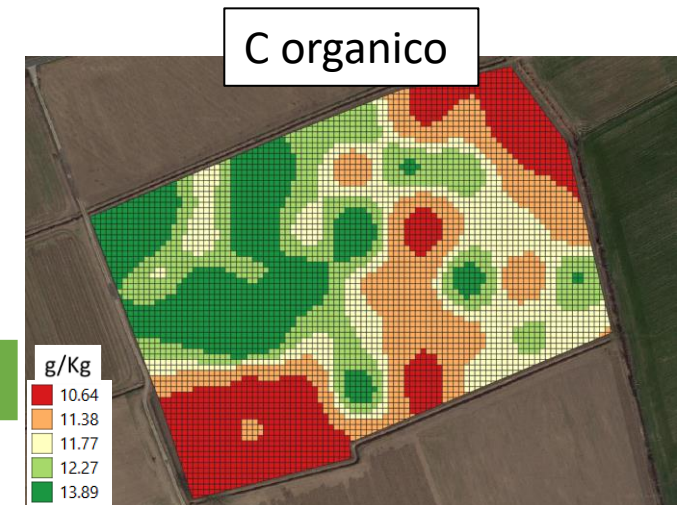


$y = 26.963x - 237.31$
 $R^2 = 0.73$



Mapa del deficit di carbonio

Stima della capacità di stoccare carbonio



STIMA DELLA CAPACITÀ MASSIMA DI STOCCAGGIO DI CARBONIO DI UN SUOLO

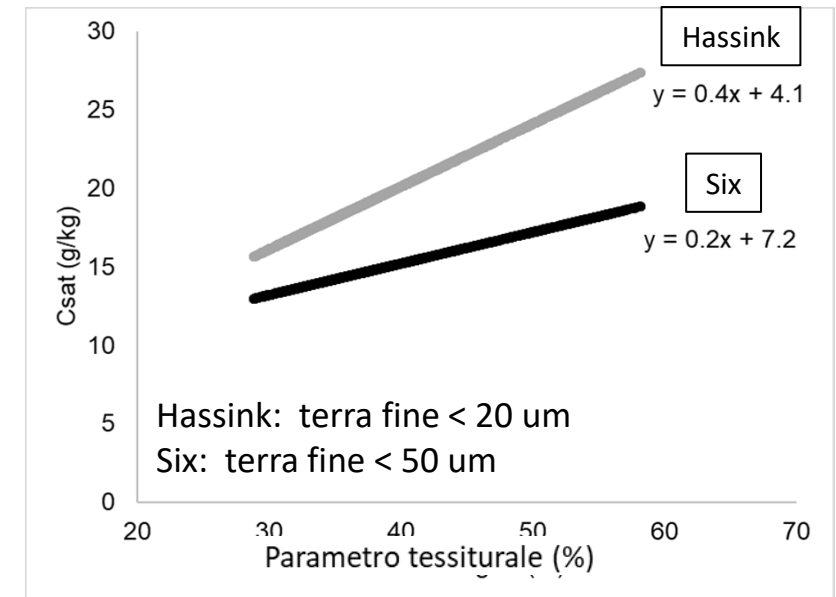
- La quantità massima di carbonio stoccabile da un suolo dipende dalla percentuale di frazioni fini (limo+argilla) che sono in grado di proteggere la sostanza organica da fenomeni ossidativi.

C_{sat} = QUANTITA' DI CARBONIO MASSIMA CHE IL SUOLO RIESCE A PROTEGGERE

Overview on approaches to estimate the SOC storage capacity for soils under different climates, land uses and clay types based on linear regressions with the fine mineral fraction (silt and clay particles < 20/ < 50 μm).

Study	Climate	Land use	Clay type	Soil depth	n	Fine fraction	Linear regression	r
Hassink, 1997	Temperate and tropical	Grassland	Diverse	0–10 cm	33	< 20 μm	$4.09 + 0.37 \times ff_{<20}$	0.89
Feller and Beare, 1997	Tropical	Uncultivated	1:1	0–20 cm	25	< 20 μm	$-2.3 + 0.49 \times ff_{<20}$	0.91
		Cultivated			25	< 20 μm	$3.2 + 0.29 \times ff_{<20}$	0.95
Six et al., 2002a	Diverse	Cropland	Diverse	–	146	< 20 μm	$4.38 + 0.26 \times ff_{<20}$	0.41
		Grassland				< 20 μm	$2.21 + 0.42 \times ff_{<20}$	0.44
		Forest				< 20 μm	$-2.51 + 0.63 \times ff_{<20}$	0.55
		Cropland	Diverse		66	< 50 μm	$7.18 + 0.20 \times ff_{<50}$	0.54
		Grassland				< 50 μm	$16.33 + 0.32 \times ff_{<50}$	0.35
		Forest				< 50 μm	$16.24 + 0.24 \times ff_{<50}$	0.35
		Diverse	1:1		47	< 20 μm	$1.22 + 0.30 \times ff_{<20}$	0.74
			2:1		93	< 20 μm	$3.86 + 0.41 \times ff_{<20}$	0.39
		Diverse	1:1		10	< 50 μm	$5.50 + 0.26 \times ff_{<50}$	0.38
			2:1		52	< 50 μm	$14.76 + 0.21 \times ff_{<50}$	0.07
Zhao et al., 2006	Temperate	Cropland	–	0–15 cm	12	< 20 μm	$-0.52 + 0.22 \times ff_{<20}$	0.88
Liang et al., 2009	Temperate	Grassland	2:1	0–30 cm	27	< 20 μm	$0.36 \times ff_{<20}$	0.51
Feng et al., 2013	Diverse	Diverse	1:1	–	101	< 20 μm	$1.04 + 0.23 \times ff_{<20}$	0.72
			2:1		241	< 20 μm	$1.68 + 0.32 \times ff_{<20}$	0.52
Beare et al., 2014	Temperate	Grassland	Allophanic	0–15 cm, 15–30 cm	29	< 20 μm	$1.35 \times ff_{<20}$	–
			Non-allophanic		184	< 20 μm	$0.62 \times ff_{<20}$	–
Wiesmeier et al., 2015a	Semi-arid	Grassland	2:1	0–10 cm	14	< 20 μm	$-0.23 + 0.36 \times ff_{<20}$	0.98

Wiesmeier, M., Urbanski, L., Hobbey, E., Lang, B., von Lütow, M., Marin-Spiotta, E., ... & Kögel-Knabner, I. (2019). Soil organic carbon storage as a key function of soils-A review of drivers and indicators at various scales. *Geoderma*, 333, 149-162.

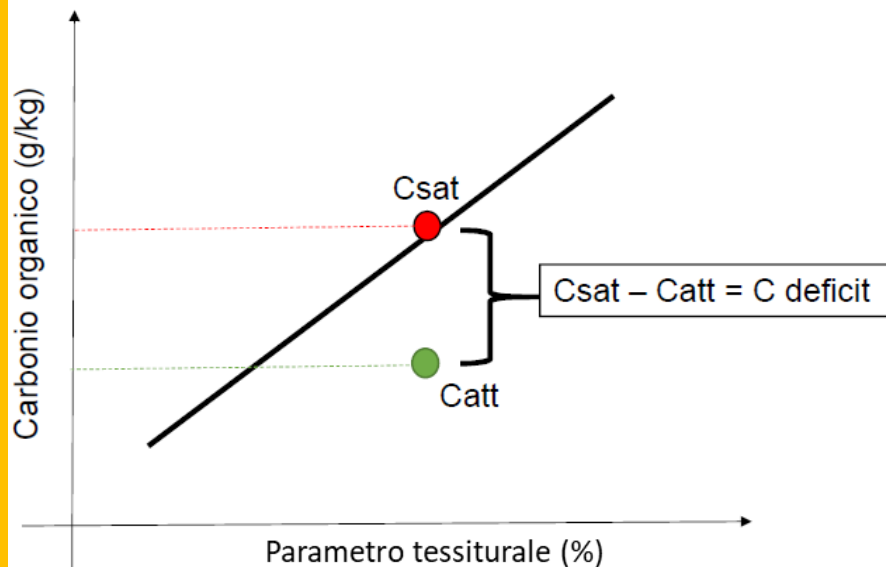


CALCOLO E MAPPATURA DEL CARBON DEFICIT

- E' possibile stimare quanto carbonio già è presente, protetto dalla frazione fine del suolo

$$C_{att} = \text{QUANTITA' DI CARBONIO GIA' STABILIZZATA} = \text{Carbonio organico (g kg}^{-1}) * 0.85 \quad (\text{Chen et al., 2018})$$

- La differenza tra C_{sat} e C_{att} è il deficit di carbonio ovvero il carbonio ancora potenzialmente stoccabile nel suolo



Chen, S., Soil & Tillage Research, <https://doi.org/10.1016/j.still.2018.11.001>

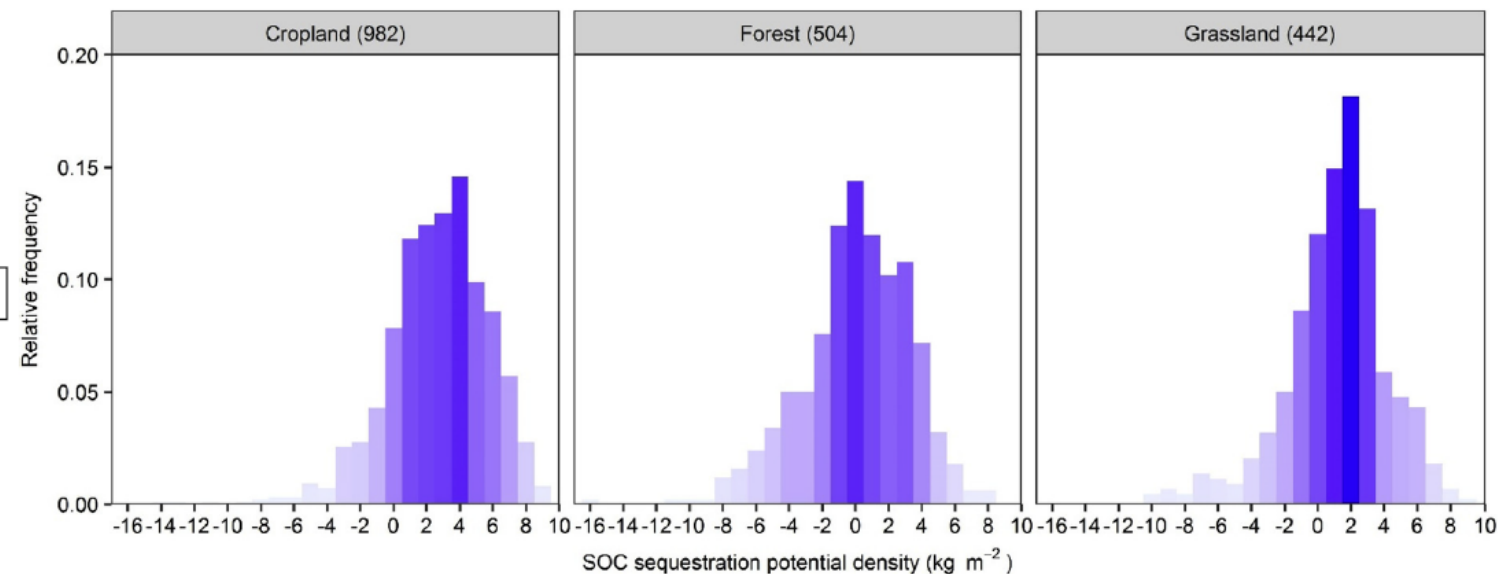


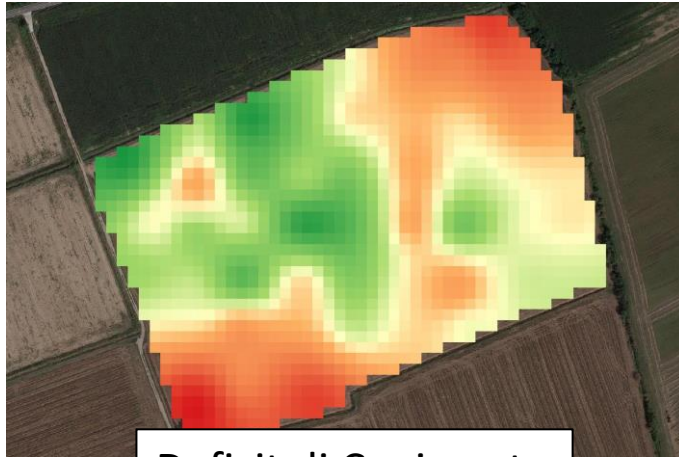
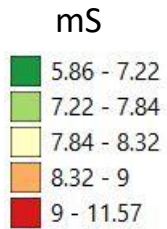
Fig. 1. Relative frequency distribution of SOC_{spd} for three land uses in topsoil (0–30 cm). The number of samples is indicated for each land use.

- Sulla base delle mappe di tessitura e di sostanza organica ottenute con metodi speditivi (mappa geoelettrica + analisi NIR di un numero ridotto di campioni) è possibile mappare il C deficit

ELABORAZIONE MAPPE DI PRESCRIZIONE



Az. FMB

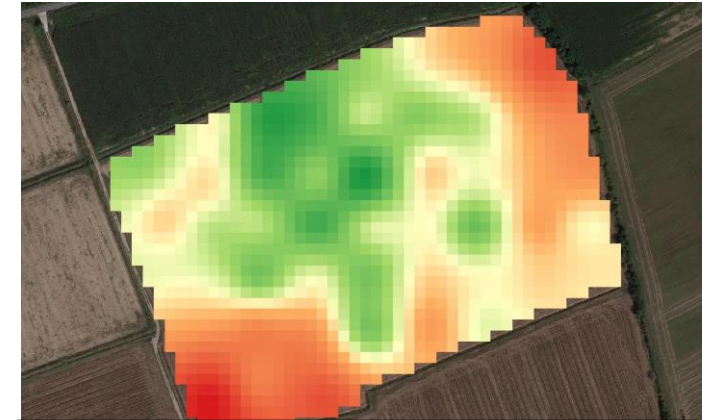


Deficit di C misurato

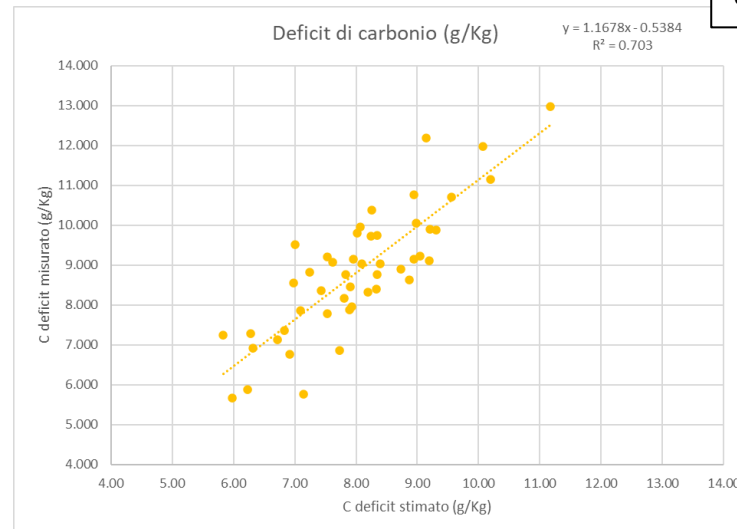
Deficit di carbonio (g/Kg)

$$C_def = f(\text{silt+clay}, C_{org})$$

Validazione su griglia



Deficit di C stimato su mappa tessiturale stimata e di SO NIR

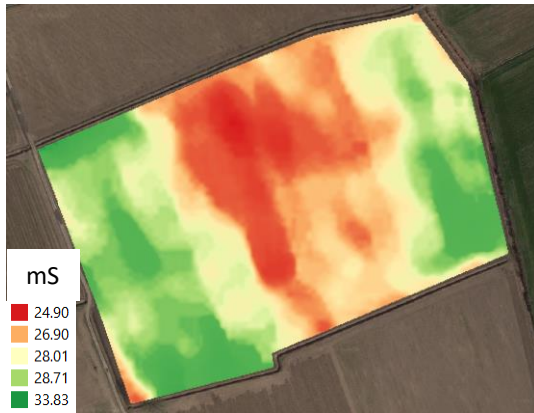


$R^2 = 0.703$

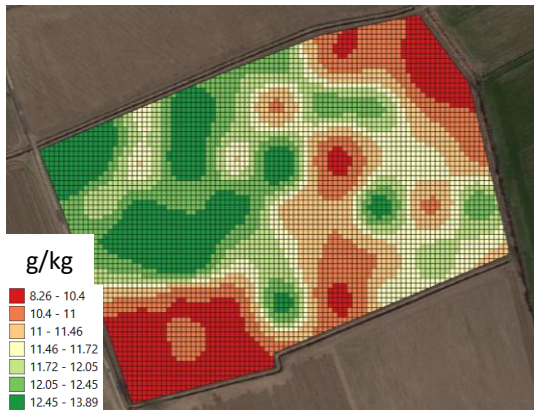
LE MAPPE DI PRESCRIZIONE



Eca 0-100cm



C organigco



C deficit



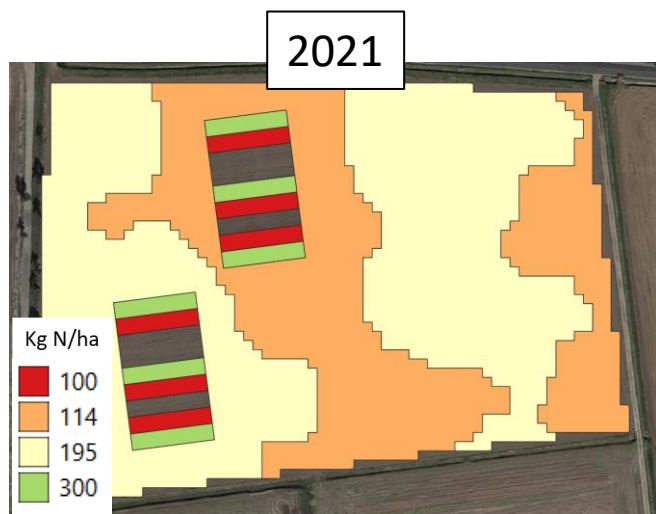
Mappa di prescrizione



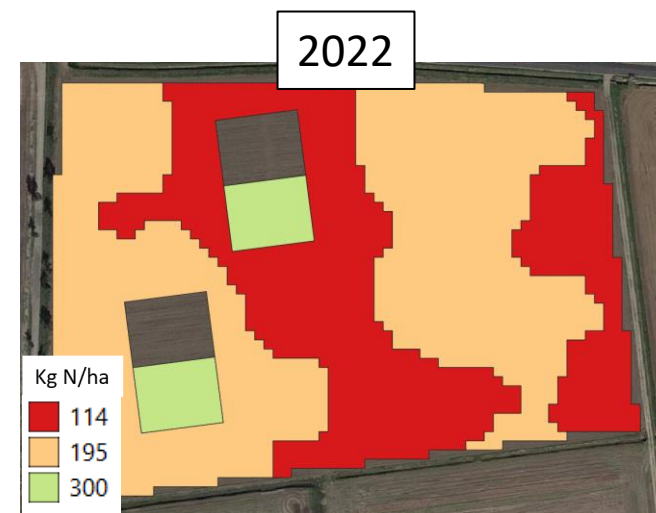
- La dose media di campo rispetta i limiti imposti dalla normativa
- Alle aree caratterizzate da alto carbon deficit è stata associata una dose maggiore di fertilizzante e viceversa
- La disproporzione è stata effettuata, per il primo anno, applicando un fattore arbitrario

RISULTATI DEL SECONDO ANNO DI SPERIMENTAZIONE IN CAMPO

DISTRIBUZIONE CONCIME ORGANICO MODIFICA DISEGNO SPERIMENTALE



Dimensione parcelle: 9m x 45m



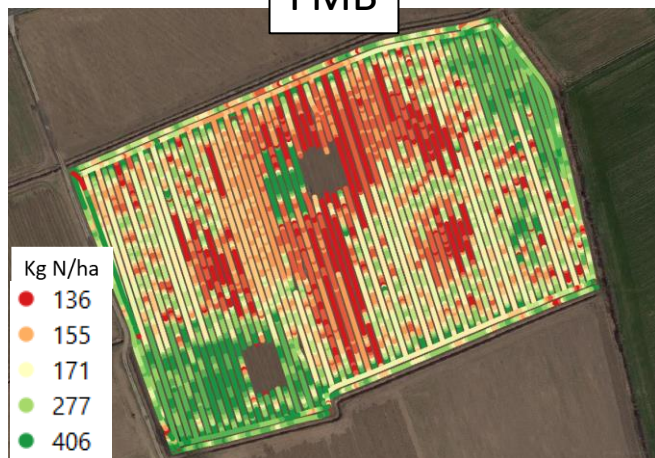
Dimensione parcelle: 36m x 45m

Dimensione delle parcelle modificata per assecondare le larghezze di lavoro delle macchine operatrici:
6m di larghezza della distributrice di concime organico
3.5m di larghezza della sarchia-interratrice
7.5m larghezza della barra di raccolta

DISTRIBUZIONE CONCIME ORGANICO VALUTAZIONE DELLE OPERAZIONI



FMB



	[N] (g/Kg)
Misurata	6.75
Stimata	6.8

	Desiderato	Reale
Kg di N	2061	2049
Kg di N/ha	166	165



Motti



	Desiderato	Reale
Kg di N	506	501
Kg di N/ha	167	169



CONCIMAZIONE DI COPERTURA

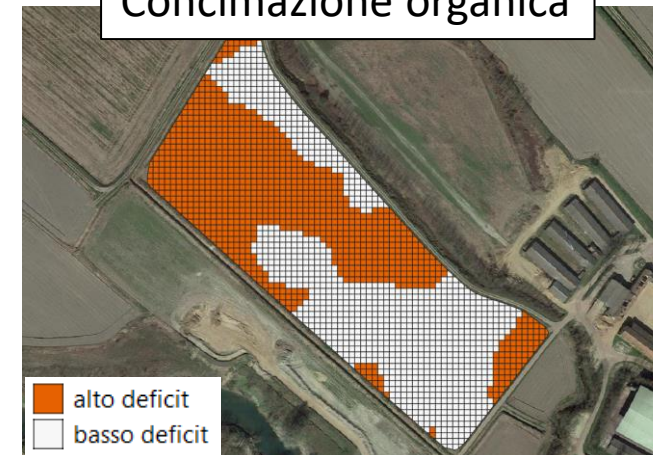


Produzione 2021

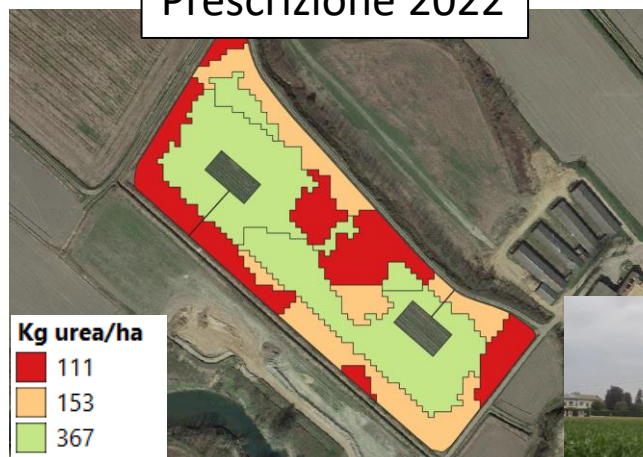


Azienda partner	Concime minerale (Kg/ha)
Bonetti	208
Evergreen	242
FMB	306
Penati	169

Concimazione organica



Prescrizione 2022

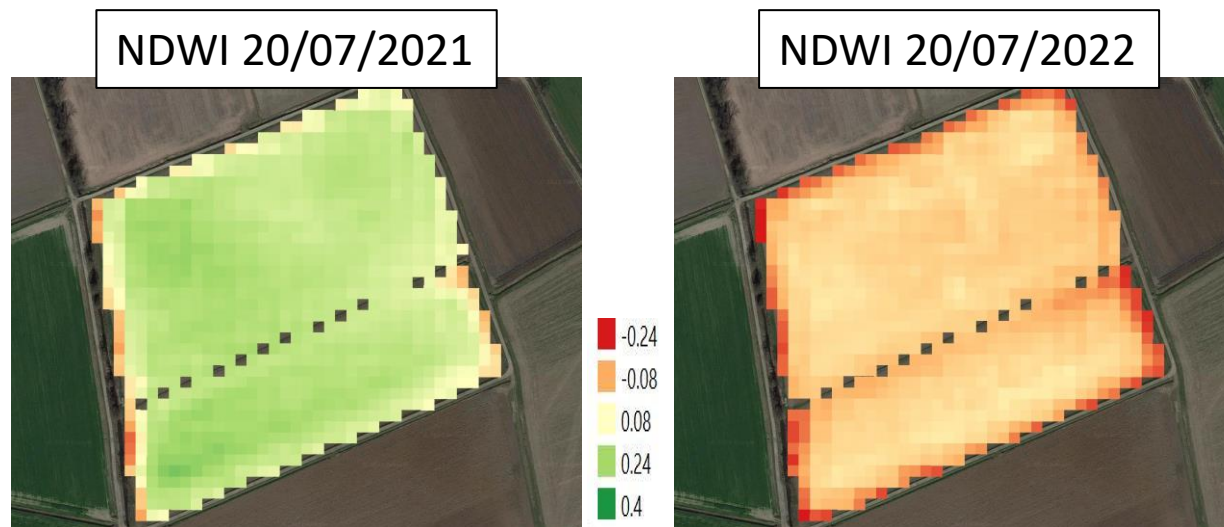


Target produttivi

N organico apportato



STAGIONE 2022: SICCITA' ED ELEVATE TEMPERATURE



	Precipitazioni (mm)		Giorni $T_{max} > 33^{\circ}C$	
	2021	2022	2021	2022
San Giuliano M. (MI)	483	143	2	16
S. Angelo L. (LO)	547	184	10	35
S. Giorgio in L. (PV)	526	338	9	33
Basiglio (MI)	521	119	3	23
Orzinuovi (BS)	599	252	15	39

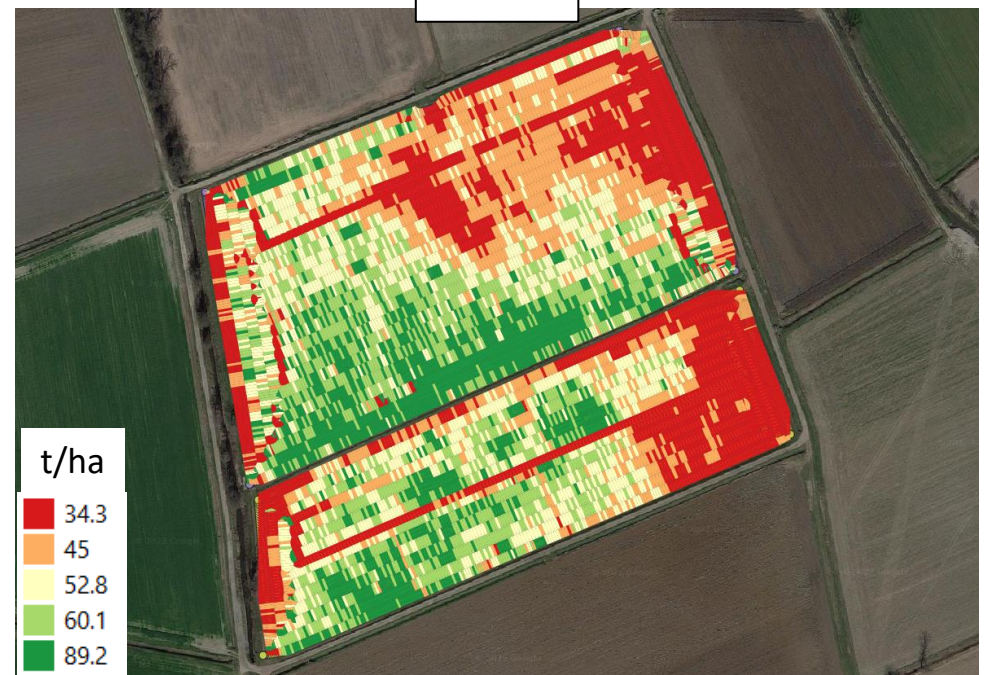
MAPPE DI RESA



FMB



Penati



MAPPATURA DELLA PRODUZIONE

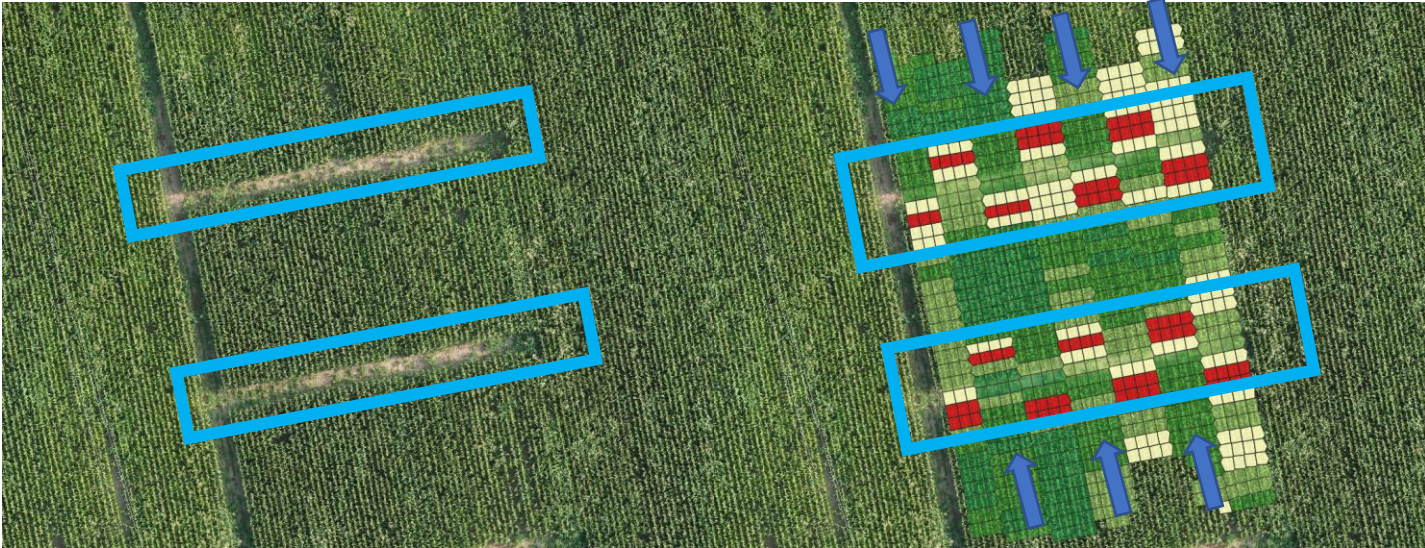


Azienda partner	Granella tq (t/ha)
Fondazione Morando Bolognini	9.1

Azienda partner	Silomais tq (t/ha)
Bonetti	60.6
Penati	46.9
Motti	37.1



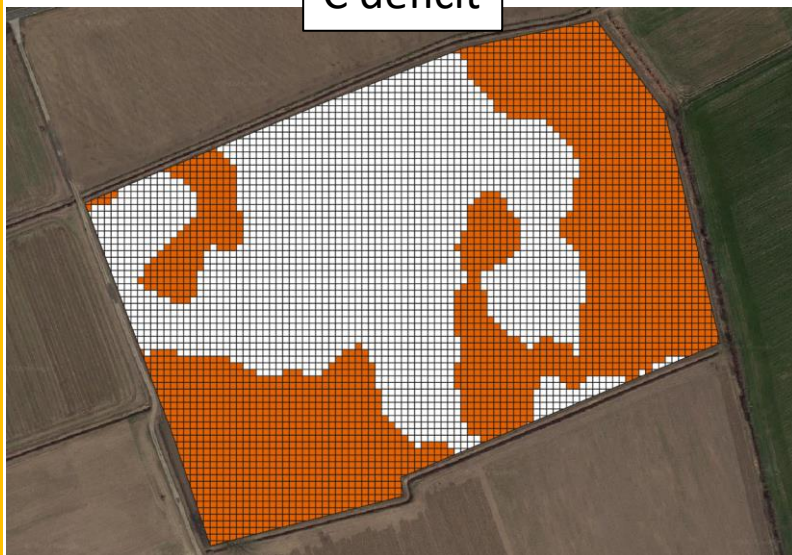
MAPPE DI RESA – PROBLEMATICHE



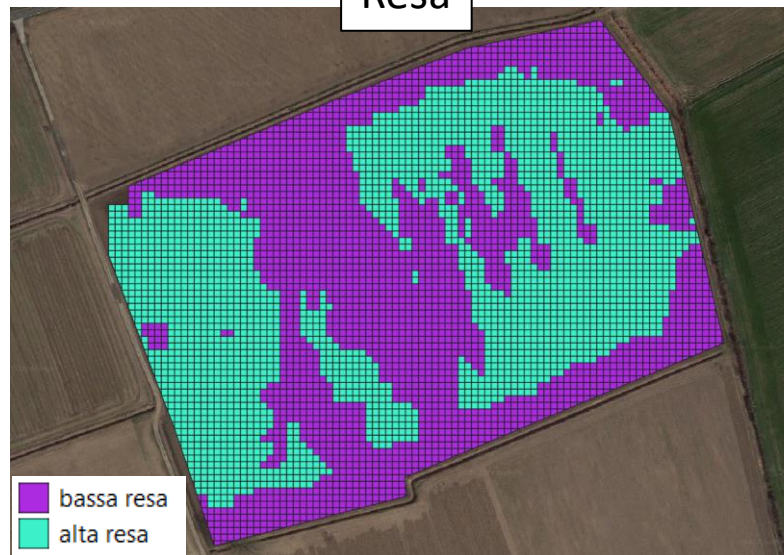
AREE CONSENSO FMB (Cdef – resa)



C deficit



Resa



Aree consenso

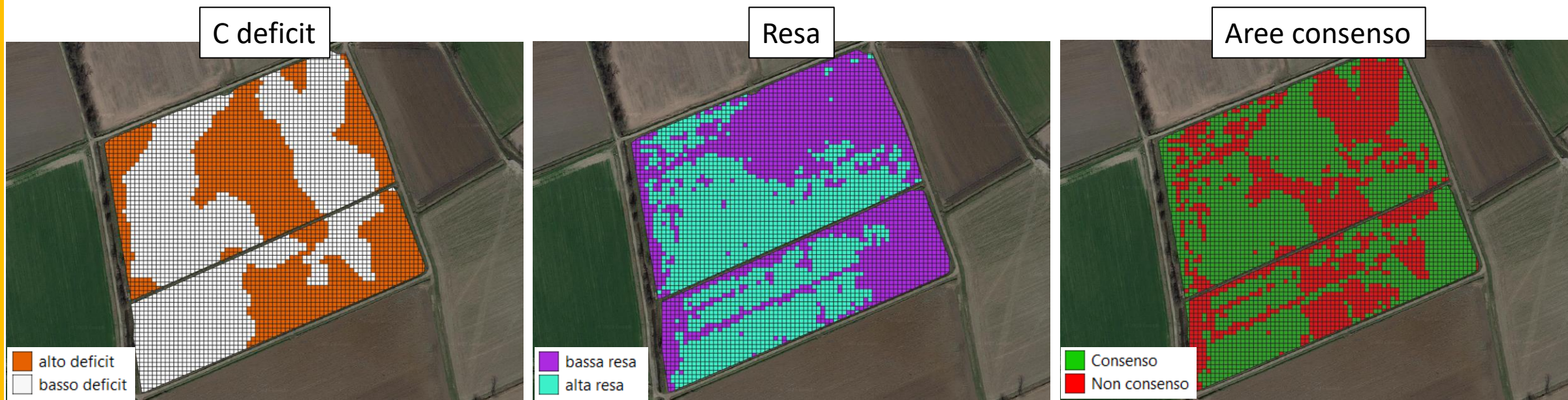


Azienda	Cdef (g/Kg)	
	Min	Max
FMB	6.8	9.6

- Il campo è caratterizzato da alti valori di carbon deficit ma da **poca variabilità**.
- La distribuzione di **N minerale** ha compensato l'effetto della concimazione organica

Area consenso	51%
Area non consenso	49%

AREE CONSENSO PENATI (Cdef – resa)



Azienda	Cdef (g/Kg)	
	Min	Max
Penati	2.0	8.0

- Il campo è caratterizzato da **alta variabilità** dei valori di carbon deficit.
- Non è stata effettuata concimazione minerale di copertura e ciò rende visibili gli effetti della concimazione organica

Area consenso	62%
Area non consenso	38%

EFFICACIA DELL'N DA LIQUAME ALLA DOSE MASSIMA



$$\frac{\Delta \text{ produzione utile (Kg ss/ha)}}{\Delta \text{ apporto di N (Kg/ha)}}$$

		Kg p.u. per Kg di N
Penati 1	alto Cdef	-18.3
	basso Cdef	6.4
Penati 2	alto Cdef	-13.2
	basso Cdef	20.5

		Kg p.u. per Kg di N
FMB	alto Cdef	15.7
	basso Cdef	27.9



ULTIMI STEP



- Con la conclusione del secondo anno di attività sperimentali in campo, si è evidenziato l'importanza di conoscere le caratteristiche dei suoli agrari e la composizione dei concimi organici per una corretta modulazione delle dosi da apportare.
- Lo storico dei dati raccolti verrà utilizzato per ottimizzare l'algoritmo presentato nell'ambito del proseguimento delle attività del progetto Infotec-N (in attesa di valutazione da parte dell'ente finanziatore).
- Collaudo in campo del sistema prototipale sviluppato nei tre anni di attività progettuale.

Grazie per l'attenzione

