



PSR Toscana 2014-2022

Sottomisura 16.2

*“Sostegno a progetti pilota e allo sviluppo di nuovi prodotti,
pratiche, processi e tecnologie”
annualità 2022*

Progetto: PrimaveraIli Intelligenti- PRINT

Pisa, 27 febbraio 2025

Tommaso Gaifami
Marco Acutis



OBIETTIVI DEL PROGETTO



- Collaudare strategie produttive sostenibili per il settore delle produzioni erbacee
- Quantificare le emissioni prodotte dalle singole aziende
- Favorire la diffusione ad ampio raggio delle agrotecniche innovative collaudate

COME?



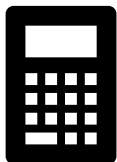
- ✓ Raccolta dati
- ✓ Uso di modellistica
- ✓ Analisi aziendale



Permette di quantificare i cambiamenti in stock di carbonio nel suolo in base al contesto pedoclimatico e gestione agronomica.

Consente di stimare lo stoccaggio di carbonio organico nel suolo (espresso in tonnellate di CO₂ equivalenti) . Il calcolatore è basato sul modello peer-reviewed "ARMOSA".

[illegible]



Il modello «ARMOSA»



Dati Meteo giornalieri:

Taria (min e max)
Radiazione solare
Piovosità
Velocità del vento*
Umidità relativa (min e max)*

Suolo:

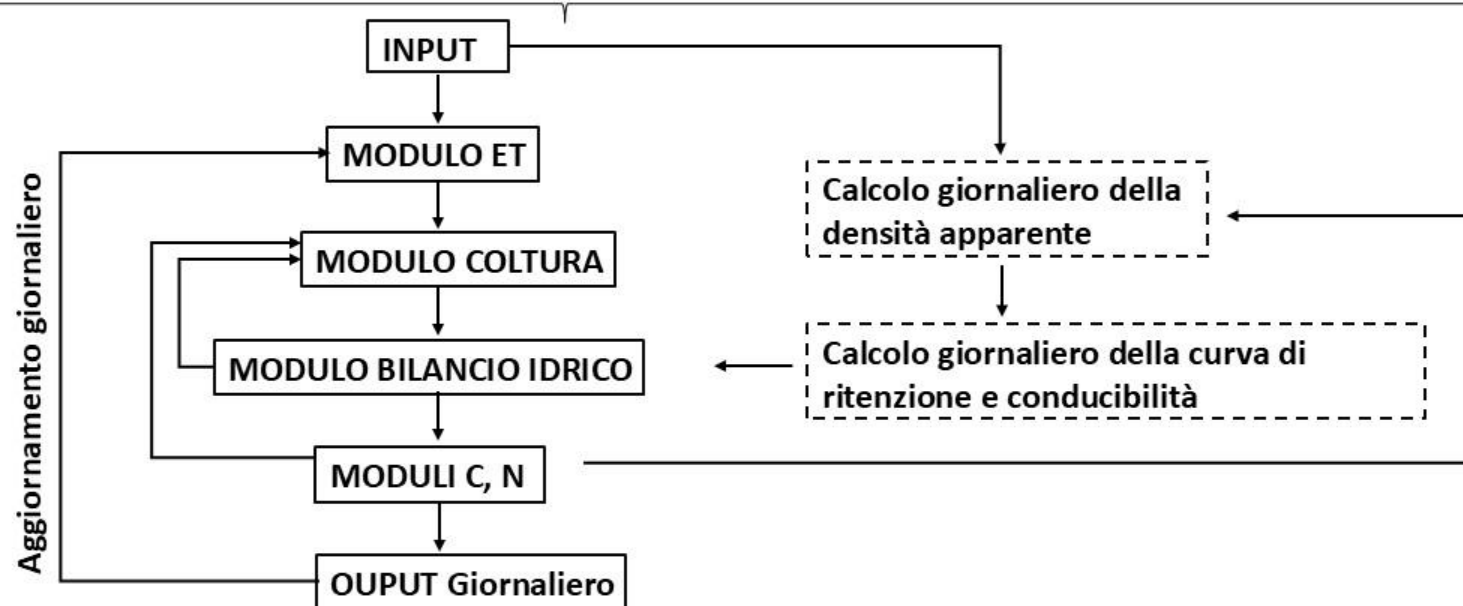
Sabbia, limo, argilla %
Carbonio organico
Densità
Inizializzazione C-pools
Ritenzione idrica e
Parametri della curva di conducibilità**

Coltura:

Specie, varietà
Assorbimento lordo di CO₂
Gradi-giorno di crescita***
Partizionamento***
Frazione C e N nei residui
Tasso di decomposizione dei residui

Gestione:

Concimazione organica e minerale con azoto:
tipo, tempistica, quantità, NH₄-N/N totale, tasso di mineralizzazione, rapporto C.N, frazioni NO₃ e NH₄
irrigazione: Quantità e tempistica
Lavorazione del terreno: tempistiche, indice di perturbazione del terreno e rimescolamento



Acqua:

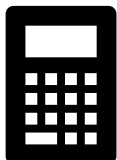
Contenuto d'acqua nel suolo
Acque di drenaggio
ET₀
Et crop
ET effettiva

Coltura

Biomassa fusti
biomassa organi di riserva
Biomassa radicale
Biomassa fogliare (verde e morta)
LAI, HI
Fase di sviluppo
Coefficiente di stress idrico
Coefficiente di stress da azoto

Suolo:

Pools minerali: NH₄-N, NO₃-N
Organic Pools organici: frazioni N-stabile, N-litter, N-manure,
Frazioni C stabile, C-litter, C-manure
Assorbimento di N
Lisciviazione di NO₃-N
emissioni di N₂O-N per nitrificazione e denitrificazione
Emissioni per volatilizzazione di NH₄-N
Emissioni di CO₂ dalla decomposizione dei pools di C organico



Il modello «ARMOSA»

Cropping system editor



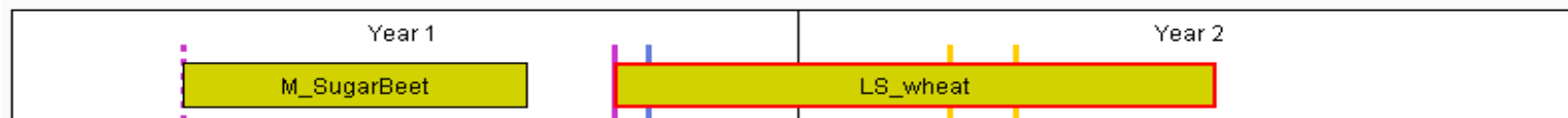
PROGETTO
PRINT



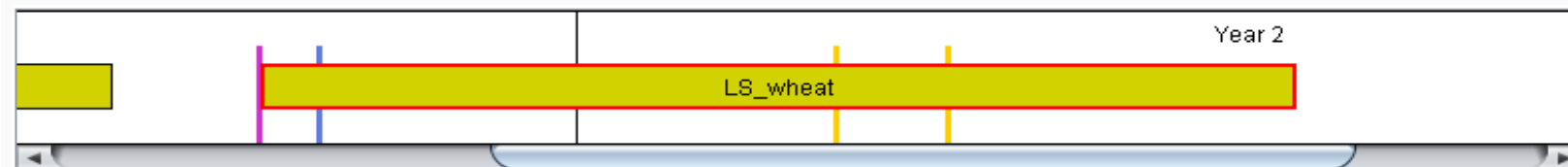
Rotation outline

Add crop...

Set rotation length...



Detail



1 - 214



2 - 272

Selected crop

Details...

LS_wheat

	Year	DOY
Sowing	1	280
Harvest	2	195

- ☒ Residue at harvest enabled
- ☐ Auto irrigation enabled

Duplicate...

Remove

Date format: ☐ dd/mm ☒ DOY

Management operations

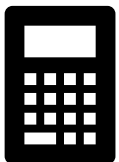
Add operation...

1 - 279	Tillage		
1 - 280	Sowing		
1 - 295	Irrigation		
2 - 070	Inorganic fertilization		
2 - 100	Inorganic fertilization		
2 - 195	Harvest		

Legend

- Bare soil
- Crop
- Year boundary
- Irrigation
- Organic fertilization
- Inorganic fertilization
- Tillage
- Cut

Close



Il modello «ARMOSA»

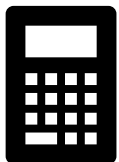
La ricerca internazionale per arrivare alle realtà locali



PROGETTO
PRINT



- **LANDSUPPORT – H2020 RUR-03-2017:** Quantificazione degli effetti della gestione, degli scenari climatici sull'assorbimento del carbonio nel suolo e sulla lisciviazione dei nitrati su scala europea in scenari what-if per offrire soluzioni ottimizzate agli stakeholder multiscala (agricoltori, autorità pubbliche)
- **ΣOMMIT – EJP Soil CM8:** SUsustainable Management of soil Organic Matter to Mitigate Trade-off between C sequestration and nitrous oxide, methane e nitrato perdite. Il modello ARMOSA è stato applicato a casi di studio europei contrastanti per la simulazione dei bilanci C e N.
- **EFSOA:** sviluppo di una produzione biologica competitiva e sicura per l'ambiente. Il progetto effettuerà anche una valutazione completa dell'impatto ambientale della produzione biologica sull'ambiente.
- **AgMIP:** Progetto di Interconfronto e Miglioramento del Modello Agricolo: Insiemei modellistici di mais e orzo con il modello ARMOSA per la simulazione della domanda idrica del mais e di nuovi genotipi di orzo adattati a condizioni climatiche difficili
- **HelpSoil - Progetto LIFE:** Stima dell'effetto dell'agricoltura conservativa sullo stock di carbonio organico del suolo in diverse condizioni pedoclimatiche
- **MACSUR – FACCE JPI:** Analisi modellistica della produttività del frumento invernale e dei pascoli e della dinamica del carbonio nei suoli in scenari contrastanti di cambiamento climatico in Europa
- **GENESIS - 7° Programma Quadro dell'UE:** analisi modellistica della lisciviazione dei nitrati in suoli vulnerabili in un'agricoltura a basso input basata su dati lisimetrici



Il modello «ARMOSA» E' un riferimento

Il modello fornisce ottime performance quando comparato ai dati misurati per rese, lisciviazione, carbonio nel suolo, emissioni climalteranti



Ma gli input richiesti e il tempo necessario è eccessivo per usarlo su scala territoriale in potenzialmente centinaia di aziende



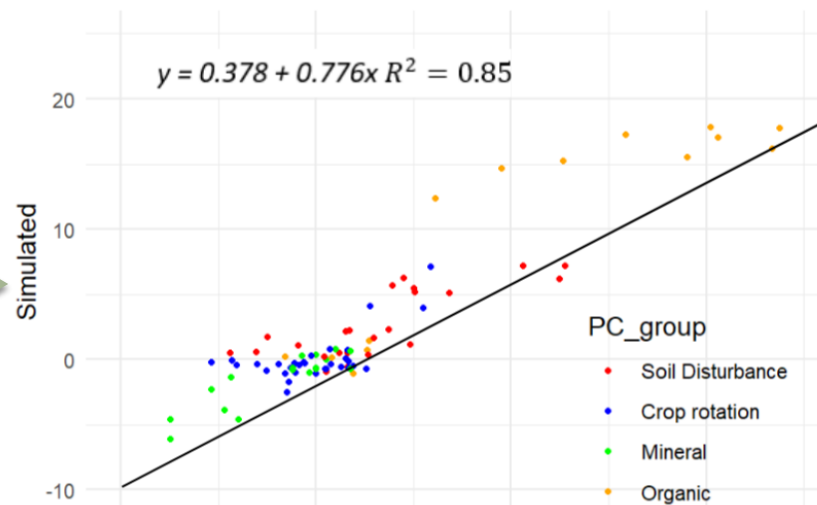
METAMODELLO (Calcolatore Carbon Change)



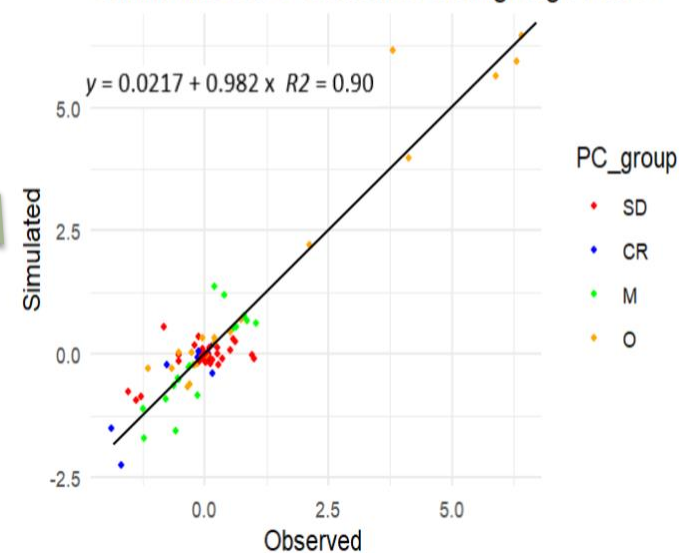
PROGETTO
DDINT

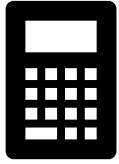


SOC change from the change of practice Mg ha⁻¹



Cumulative N₂O emissions change kg N ha⁻¹





Il «calcolatore CARBON CHANGE»



Basato su:

Oltre 20000 simulazioni, che derivano dalle combinazioni tra:

- Andamenti meteorologici pluriennali in diverse località
- Diverse specie in diverse rotazioni
- Diversi fertilizzanti (organici e minerali), dosi e epoche di distribuzione
- Cover crops
- Diverse lavorazioni del terreno a diverso livello di intensità.

Determinazione di coefficienti che permettono di riprodurre i risultati del modello con dati di ingresso e processi semplificati



E' stato implementato in Excel, per facilità di uso



.... per poi usarlo per simulare oltre 100 aziende riproducendo e valutando le loro pratiche distintive e migliorative

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1														
2	areale	Centro												
3	suolo	Medium												
4	contenuto di SO	basso												
5	Baseline													
6														
7	coltura 1	1 frumento	rimossi	convenzionale	minerale alta	no								
8	coltura 2	1 mais granella	rimossi	convenzionale	minerale alta	no								
9	coltura 3	0 frumento	rimossi	-	minerale alta	no								
10	coltura 4	0 mais granella	rimossi	-	minerale alta	no								
11														
12	Alternativa													
13	coltura 1	1 frumento	rimossi	ridotta	minerale bassa	no								
14	coltura 2	1 frumento	lasciati	ridotta	minerale bassa	no								
15	coltura 3	1 soia	lasciati	convenzionale	minerale alta	no								
16	coltura 4	1 mais granella	lasciati	ridotta	minerale alta	no								
17														
18														
19	Accettabilità delle scelte													
20	BASILINE						ALTERNATIVA							
21	accettabile Messaggio						accettabile Messaggio							
22	1 ok						1 ok							
23	1 ok						1 ok							
24	trovato nulla trovato nulla						0 Fertilizzazione soia sconsigliata							
25	trovato nulla trovato nulla						1 ok							
26														



METODOLOGIA



PROGETTO
PRINT



1

Oltre 100 aziende hanno partecipato al progetto rispondendo al seguente questionario




PROGETTO
PRINT

Questionario per Calcolatore Carbon Change

B I U  

Il presente questionario si inserisce all'interno del progetto PRINT e serve a raccogliere informazioni per stimare l'incremento di CARBONIO stoccato nei primi 30cm di suolo dell'azienda e quindi contribuire alla mitigazione dei cambiamenti climatici.

Email *

Indirizzo email valido

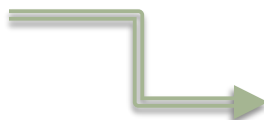
Questo modulo raccoglie gli indirizzi email. [Modifica impostazioni](#)

Nome dell'azienda (o del titolare)

Testo risposta breve

2

Le risposte sono state raggruppate in un foglio Excel per l'elaborazione dei dati



	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	
	Tessitura prevalente del suolo	sostanza organica del suolo	Coltura 1 - erbac	orticole di pieno campo specificati	Coltura 1: lavorazioni del terreno	fertilizzazione azotata	Coltura 1: cover crops	Coltura 1: gestione dei residui colturali	cui la coltura rimane in campo	Coltura 1: resa media (q.li/ha)	Coltura 2 - erbac	orticole campo
1	Argilloso	Basso (<1,8%)	Girasole		Minima lavorazione, sarchiatura	Minerale alta	NO	Lasciati in campo	1	26	Frumento	
2	Argilloso	Basso (<1,8%)	Girasole		Aratura, Erpice per lavorazioni verticali superficiali	Minerale alta	NO	Lasciati in campo	1	26	Frumento	
3	Argilloso	Basso (<1,8%)	Frumento			Minerale bassa	NO	Lasciati in campo	1	35	Girasole	
4	Argilloso	Basso (<1,8%)	Girasole		Minima lavorazione, sarchiatura	Minerale alta	NO	Lasciati in campo	1	26	Frumento	
5	Argilloso	Basso (<1,8%)	Frumento		Aratura, Erpice per lavorazioni verticali superficiali	Minerale alta	NO	Rimossi	1	60	Girasole	
6	Argilloso	Medio (1,8-2,2%)	Erba medica		Aratura, Erpicatura, Rullatura	Assente	NO	Rimossi	5	80		
7	Franco	Basso (<1,8%)	Frumento		Minima lavorazione	Minerale alta	NO	Lasciati in campo	1	60	Girasole	
8	Franco	Basso (<1,8%)	Frumento		Minima lavorazione	Minerale alta	NO	Rimossi	1	60	Sorgo	
9	Argilloso	Basso (<1,8%)	Frumento		Minima lavorazione	Minerale alta	NO	Rimossi	1	60	Girasole	
10	Argilloso	Basso (<1,8%)	Frumento		Discatura, Rullatura, Minima	Minerale alta	NO	Lasciati in campo	1	50	Avena	
11	Argilloso	Basso (<1,8%)	Frumento		Discatura, Rullatura, Minima	Minerale alta	NO	Lasciati in campo	1	50	Avena	
12	Franco	Basso (<1,8%)	Frumento		Erpicatura, Minima lavorazione	Minerale bassa	NO	Rimossi	1	60	Colza	
13	Argilloso	Basso (<1,8%)	Frumento		Minima lavorazione	Minerale alta	NO	Lasciati in campo	1	50	Girasole	
14	Limoso	Medio (1,8-2,2%)	Favino		Aratura, Minima lavorazione	Assente	NO	Lasciati in campo	1	10	Colza	
15	Argilloso	Basso (<1,8%)	Frumento		Aratura, Erpicatura, Rullatura	Minerale bassa	NO	Rimossi	1	35	Erba medica	



METODOLOGIA



PROGETTO
PRINT



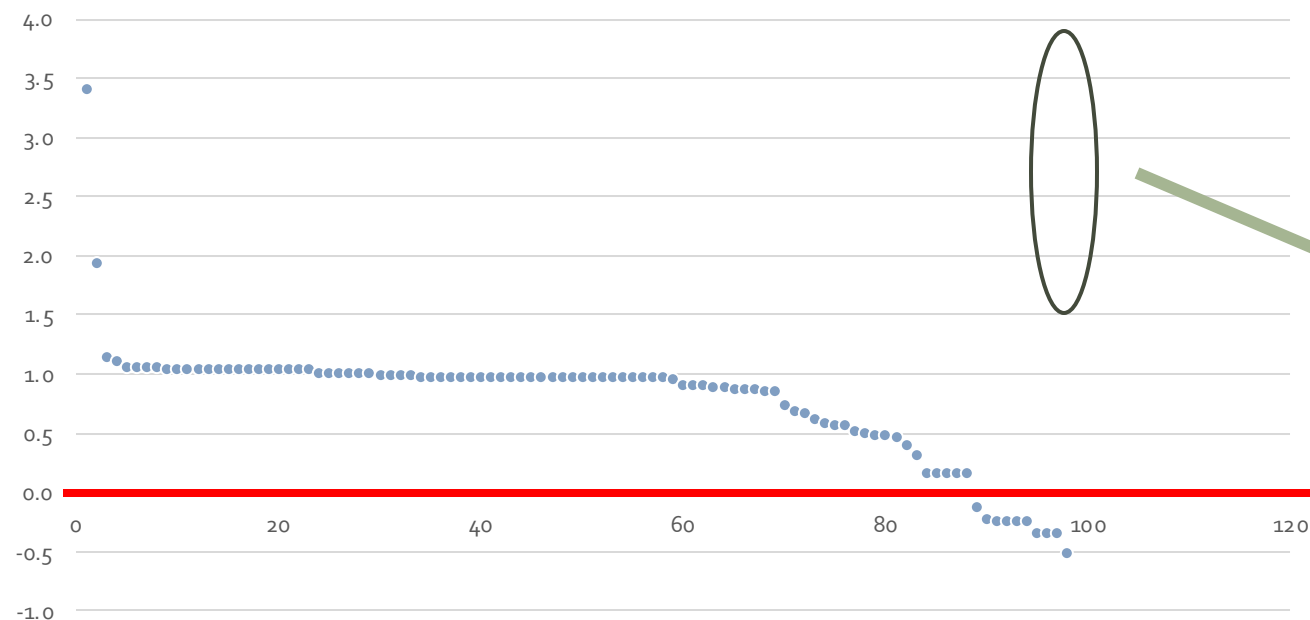
3

L'applicazione del «calcolatore CARBON CHANGE»

4

Risultati delle 100 aziende che hanno un maggior stoccaggio di CO₂

Carbon Credit (ton/ha/y CO₂)



BASELINE: -3.5 ton/ha/y

- 2 colture: frumento, mais.
- Mineralizzazione alta,
- residui rimossi,
- lavorazione convenzionale,
- no cover.



Le prime due aziende eseguono:

- concimazioni organiche,
 - residui in campo
- moutooutinima lavorazione
 - cover crop.



METODOLOGIA



PROGETTO
PRINT



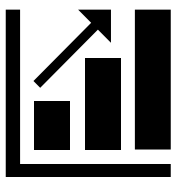
5

Identificazione di 5 aziende pilota

6

Di cui sono state valutate:

- I risultati del «calcolatore CHARBONCHANGE»
- 1 risultato di «ARMOSA»
- La rotazione colturale
- L'analisi semi-quantitativa delle «buone pratiche agricole»



LE AZIENDE E LE PRATICHE



5 AZIENDE PILOTA:

- Azienda agricola De Angeli Società agricola
- Azienda agricola Musu Giuseppe e Francesco Società agricola
- Azienda agricola Malacarne Marco
- Azienda agricola Zalum Giulia
- Il Rinnovo Agricolo Soc. Coop



«BASELINE»

Rotazione: frumento, mais da granella

Concimazione: minerale elevata

Nessun uso di cover crop

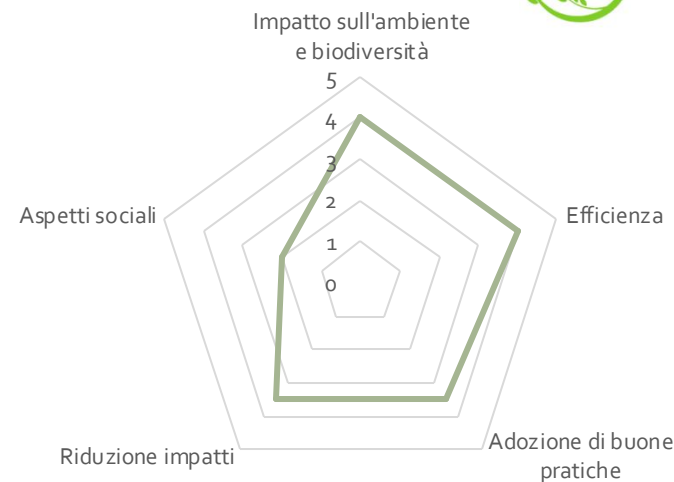
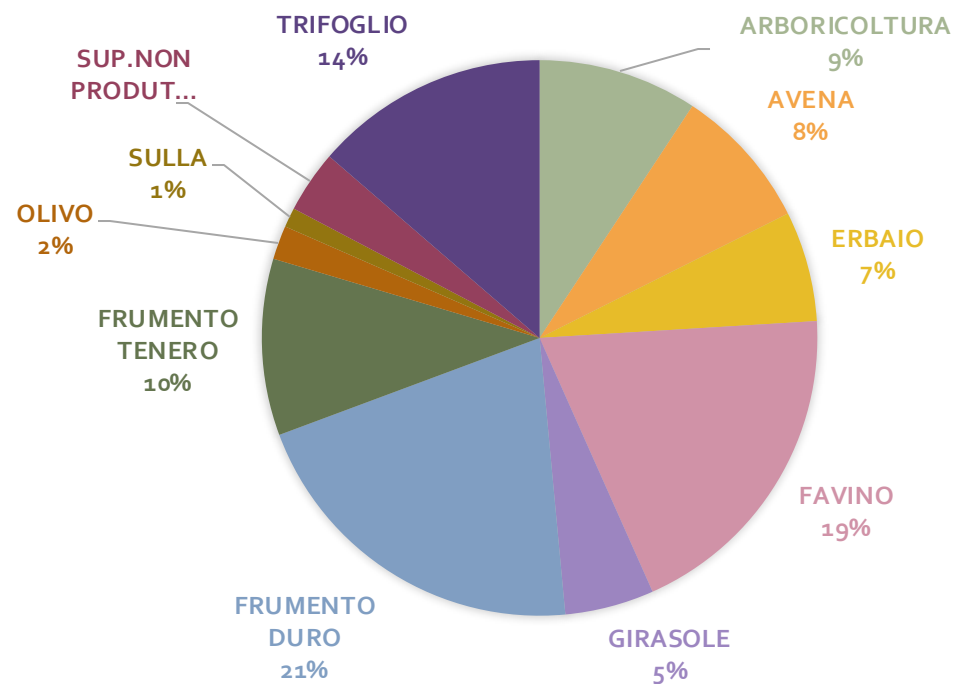
Lavorazioni profonde del suolo

I RISULTATI del «calcolatore CARBON CHANGE»

Il Rinnovamento Agricolo Soc. Coop



PROGETTO
PRINT

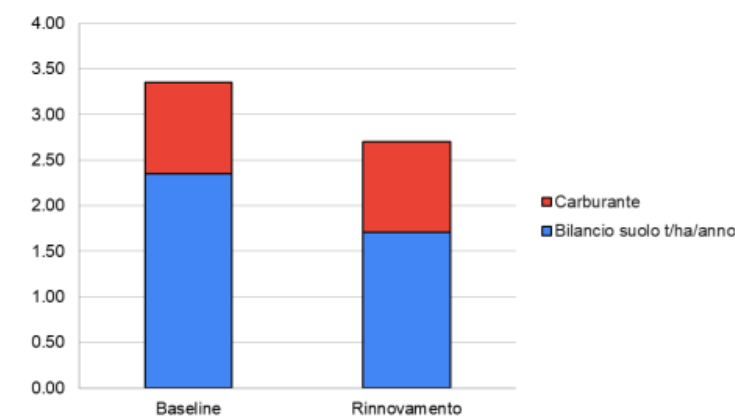


Azienda	Coltura	Bilancio (C t/ha/anno)	Pratiche
Baseline	Frumento	-0.61	Aratura, concimazione alta, residui asportati
	Mais	-0.61	
Rinnovamento	Frumento	-0.48	Aratura, residui asportati/lasciati
	Avena	-0.48	
	Girasole	-0.47	
	Favino	-0.43	



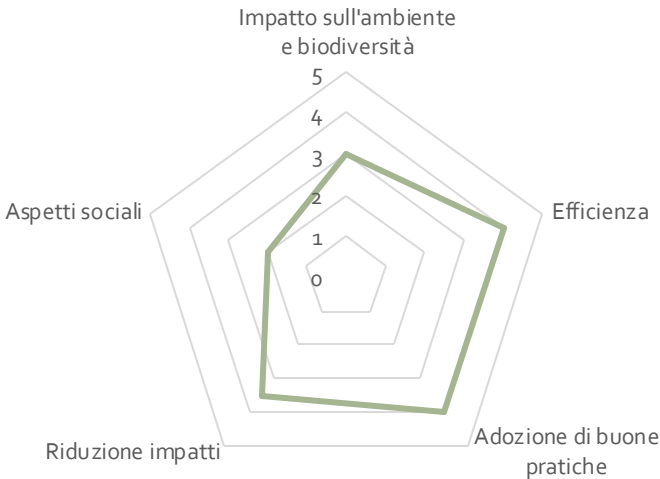
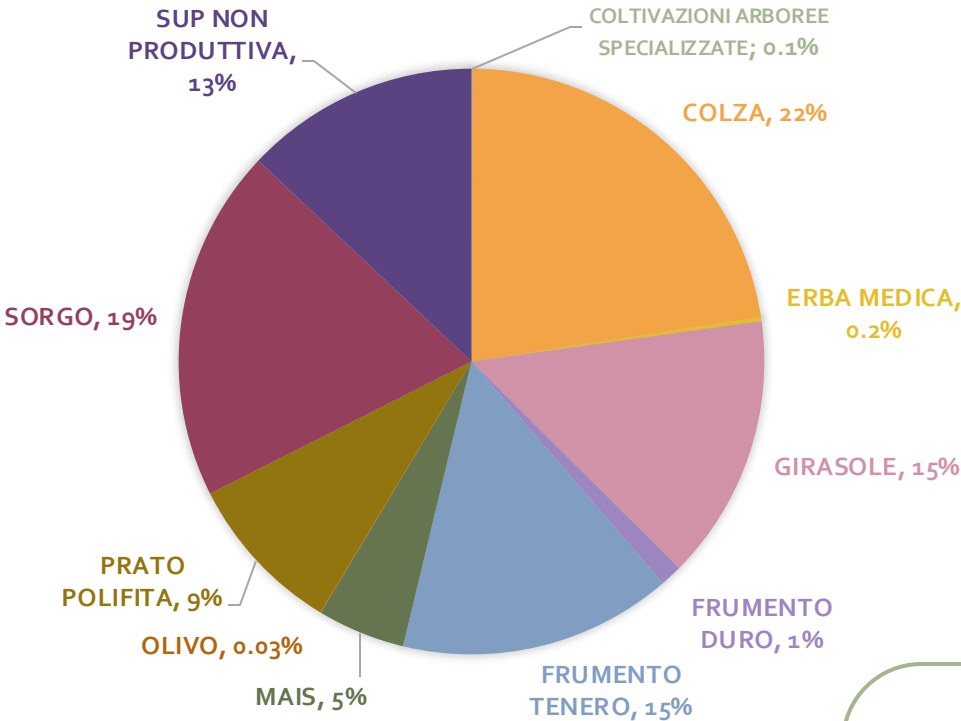
- Utilizzo delle tecnologie satellitari
- Azienda certificata biologica
- Aratura
- Residui rimossi o lasciati in campo

Bilancio suolo (t/ha/anno) e carburante



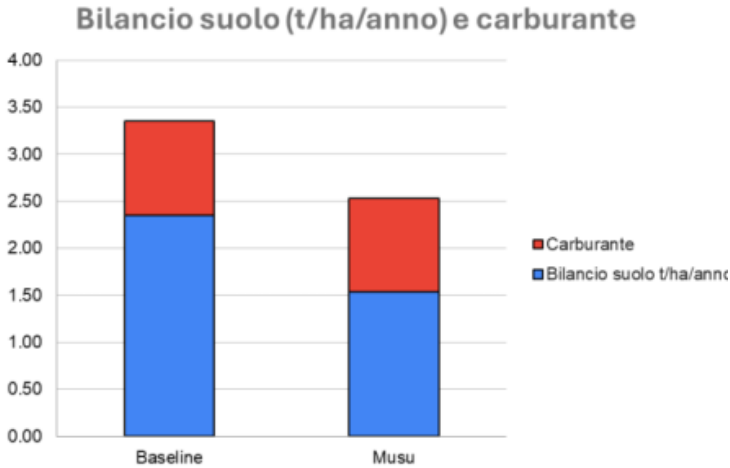
I RISULTATI del «calcolatore CARBON CHANGE»

Azienda agricola Musu Giuseppe e Francesco Società agricola



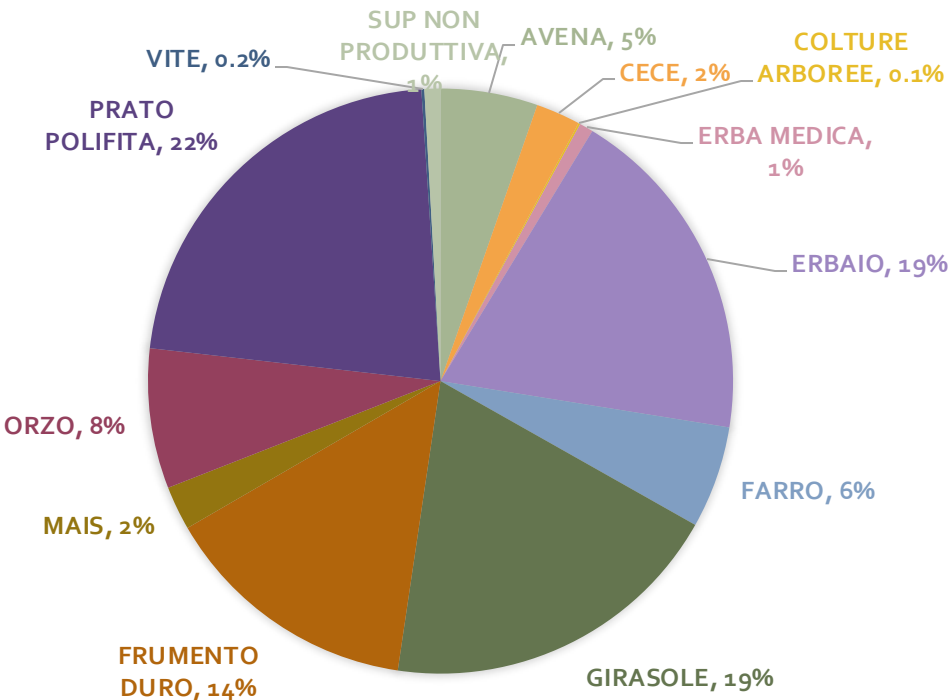
Azienda	Coltura	Bilancio (C t/ha/anno)	Pratiche
Baseline	Frumento	-0.61	Aratura, concimazione alta, residui asportati
	Mais	-0.61	
Musu	Frumento	-0.48	Minima lavorazione, concimazione minerale bassa, residui asportati/lasciati
	Avena	-0.48	
	Girasole	-0.47	
	Favino	-0.43	

- Uso di minime lavorazioni e agricoltura 4.0
- Concimazioni minerali basse
- Residui lasciati in campo
- Rotazione colturale ampia

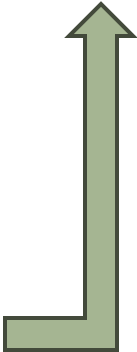


I RISULTATI del «calcolatore CARBON CHANGE»

Azienda agricola Malacarne Marco



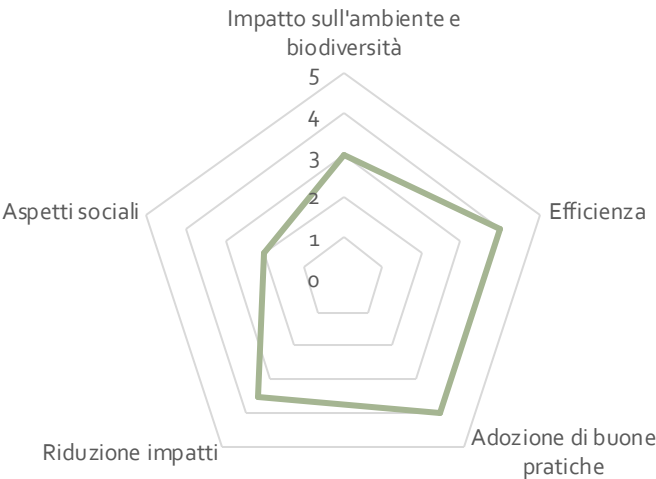
- Applicazione di minime lavorazioni e agricoltura 4.0
- Concimazione minerale bassa
- Residui lasciati in campo
- Adozione di ampie rotazioni colturali



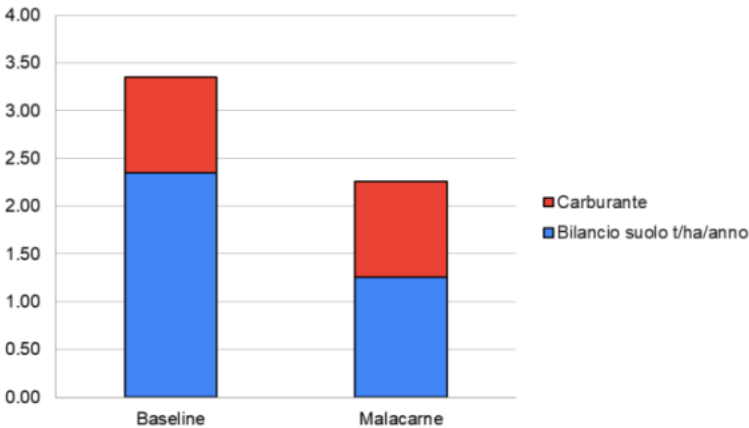
Azienda	Coltura	Bilancio (C t/ha/anno)	Pratiche
Baseline	Frumento	-0.61	Aratura, concimazione alta, residui asportati
	Mais	-0.61	
Malacarne	Avena	-0.26	Minima lavorazione, concimazione minerale bassa, residui lasciati
	Girasole	-0.30	
	Orzo	-0.26	
	Sorgo	-0.55	



PROGETTO
PRINT

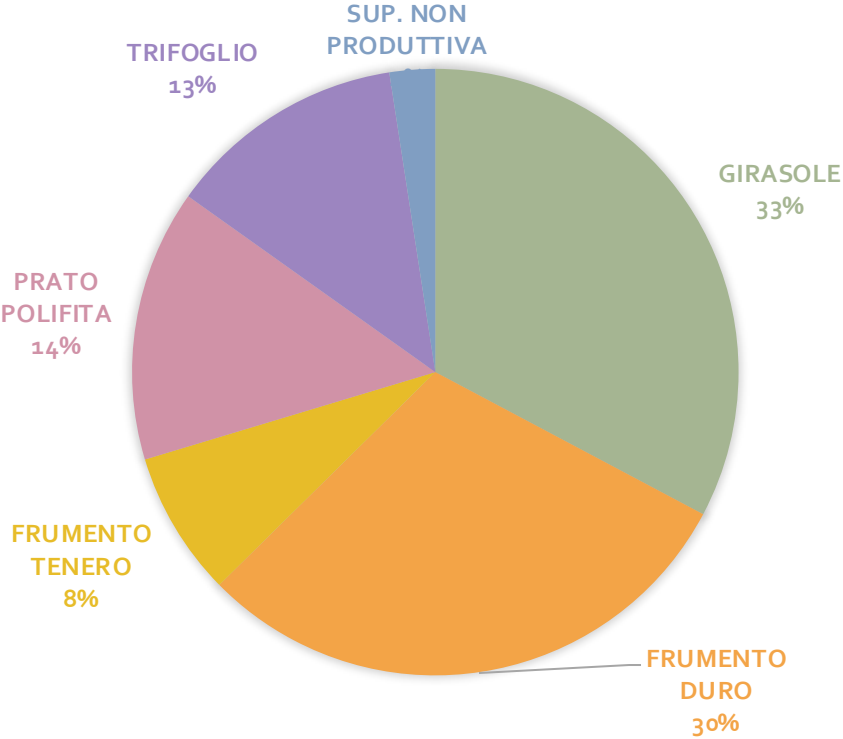


Bilancio suolo (t/ha/anno) e carburante

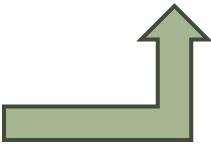


I RISULTATI del «calcolatore CARBON CHANGE»

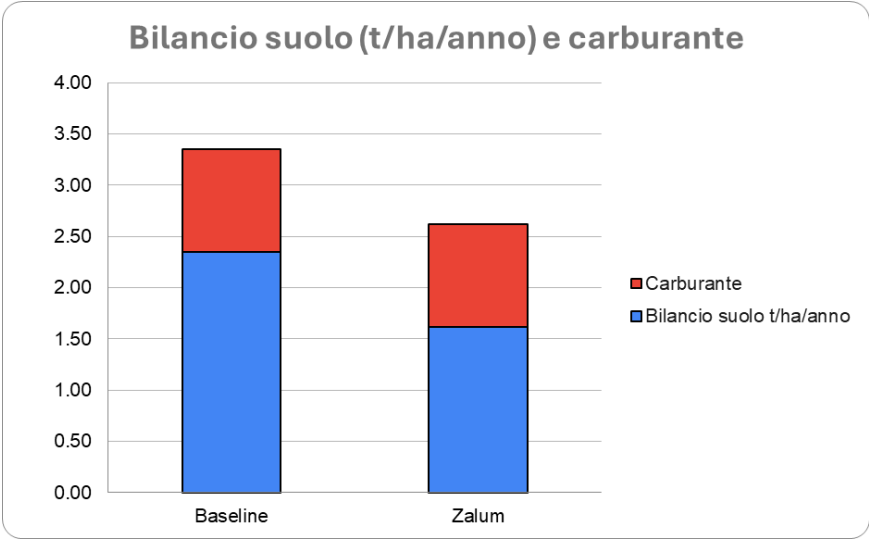
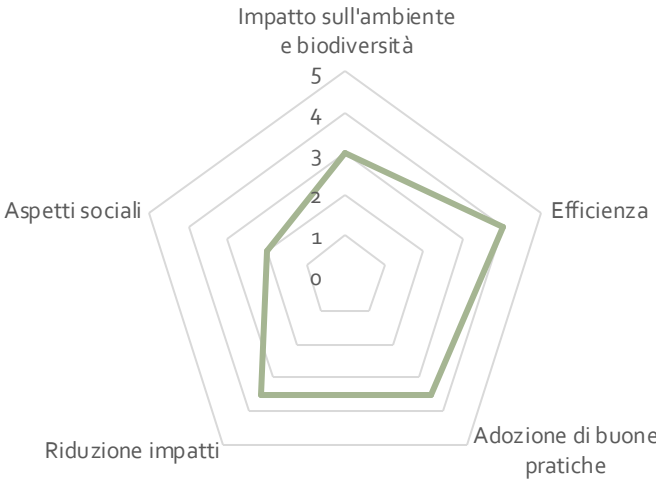
Azienda agricola Zalum Giulia



- Residui lasciati in campo o asportati
- Utilizzo di minima lavorazione agricoltura e di precisione



Azienda	Coltura	Bilancio (C t/ha/anno)	Pratiche
Baseline	Frumento	-0.61	Aratura, concimazione alta, residui asportati
	Mais	-0.61	
Zalum	Frumento	-0.63	Minima lavorazione, concimazione minerale bassa, residui lasciati
	Girasole	-0.26	

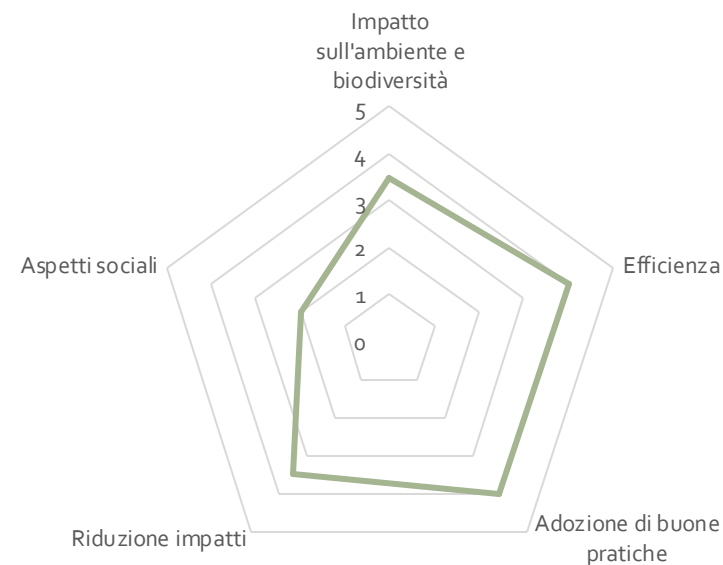
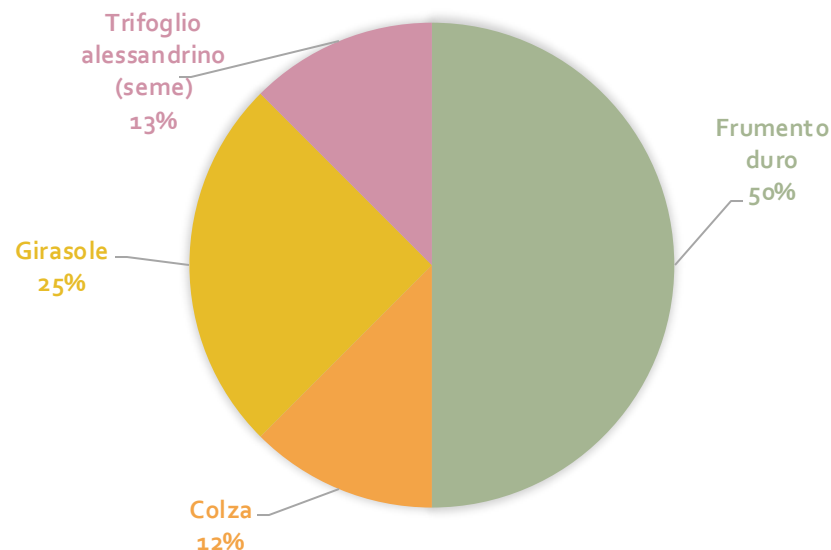


I RISULTATI di «ARMOSA»

Azienda agricola De Angeli Società agricola



PROGETTO
PRINT



Grazie all'adozione di pratiche virtuose si risparmiano fino a: 0,23 tonnellate di CO₂ eq/ha/anno

L'equivalente di 5 viaggi in macchina da Milano a Roma

R0 - frumento girasole frumento trifoglio

R1 - frumento colza frumento trifoglio girasole

DELTA STOCK CARBONIO ORGANICO NEL SUOLO* [t C ha⁻¹]

Valore Delta	-0.021	0.019
FONTI EMISSIONI** [t CO ₂ eq. ha ⁻¹ anno ⁻¹]		
Suolo	0.078	-0.071
Carburanti	0.444	0.410
GHG	0.175	0.124
Totale	0.696	0.463
EMISSIONI CO ₂ ***	BASELINE	-0.23



- Applicazione dell'agricoltura di precisione e di minime lavorazioni
- Attrezzature combinate (erpice e seminatrice)
- Interramento dei residui
- Rotazione colturale con cover crops

Grazie per l'attenzione

Tommaso.gaifami@timesis.it

marco.acutis@unimi.it