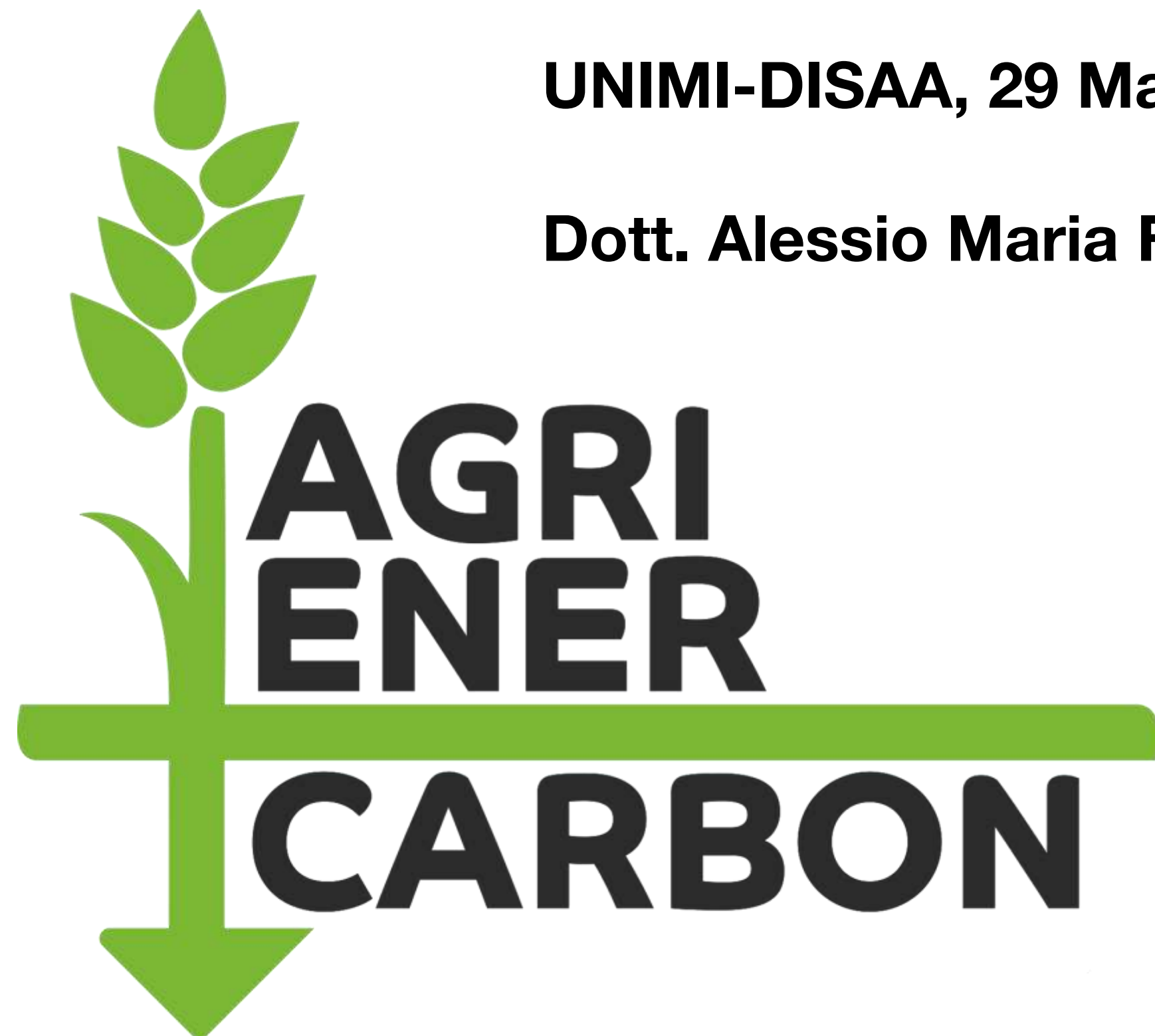


Stoccaggio di carbonio nel suolo e prove di campo

UNIMI-DISAA, 29 Maggio 2024

Dott. Alessio Maria Ferioli



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI MILANO



PSR
2014 2020

LOMBARDIA
L'INNOVAZIONE
METTE RADICI



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

Disegno sperimentale

Azienda	N° Mao	N° ApPil
Az. Palazzetto	3	6 (3x2)
Az. AgriCascinazza	3	6 (3x2)
Az. La Castellana	5	10 (5x2)
Az. PieveEcoenergia	5	10 (5x2)

Mao: MacroArea Omogonea
ApPil: Appezzamento Pilota

Campionamento

Piano di campionamento

Osservare l'effetto sullo stoccaggio del carbonio su terreni con tessiture e gestioni differenti

AZIENDA	MAO	CONFRONTO (APPIL)
PALAZZETTO	ROGGIA	IRRIGAZIONE A PIVOT
PALAZZETTO	ROGGIA	IRRIGAZIONE A SCORRIMENTO
AGRICASCINAZZA	TOMBONE	DIGESTATO SOLIDO
AGRICASCINAZZA	TOMBONE	DIGESTATO LIQUIDO
LA CASTELLANA	PRINETTI	MONOCOLTURA MAIS
LA CASTELLANA	PRINETTI	MAIS + COVER CROP
PIEVE ECOENERGIE	CANOVA DESTRA	IRRIGAZIONE A PIVOT
PIEVE ECOENERGIE	CANOVA DESTRA	IRRIGAZIONE A ROTOLONE

Esempio di MAO aziendali e relativi confronti

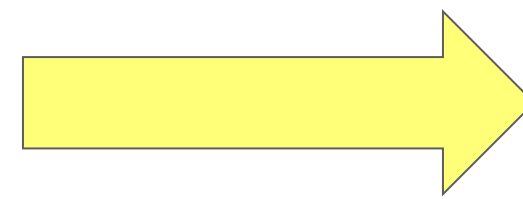
Campionamento 2023

Numero campioni:

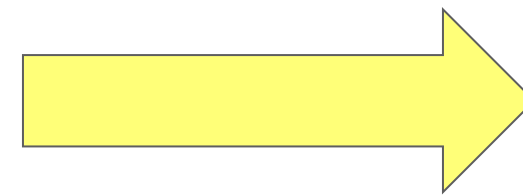
- Aziende < 500 ha 3 MAO x 5 campioni / MAO = **30** campioni di terreno (Agricascinazza e Palazzetto);
- Aziende > 500 ha 5 MAO x 5 campioni / MAO = **50** campioni di terreno (La Castellana e Pieve Ecoenergie);
- 4 aziende x 2 frazioni di digestato (palabile e chiarificato) x 2 momenti = **16** campioni;
- 4 aziende x 3 colture x 3 campioni / biomassa x 2 biomasse = **72** campioni prodotti e residui colturali.

Campionamenti eseguiti da fine maggio a inizio ottobre 2023.

Campionamento

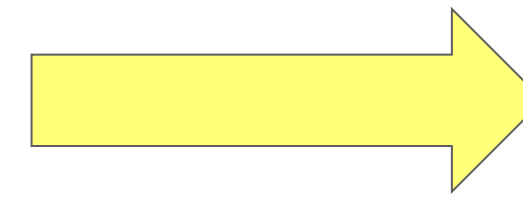


Campionamento terreno tramite quad (Corteva) e trivella manuale (30 cm di profondità)

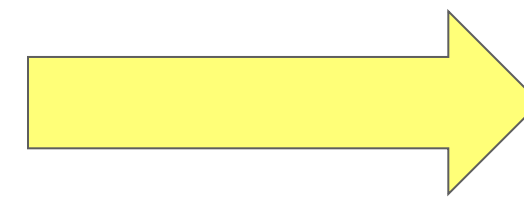


Prelievo di suolo con cilindro per bulk density (densità apparente) e pesata del relativo campione con bilancia da campo

Campionamento



Identificazione area di campionamento e taglio dei residui



Pesata dei residui colturali di mais



Tipo di analisi e relativi parametri

Analisi dei suoli: Tessitura (5 frazioni), pH, CES, C.S.C., Calcare totale, calcare attivo, Sostanza organica, Carbonio Organico (TOC), Carbonio organico umificato, Azoto totale Kjeldahl, Fosforo assimilabile Olsen, Potassio scambiabile, Rapporto C/N;

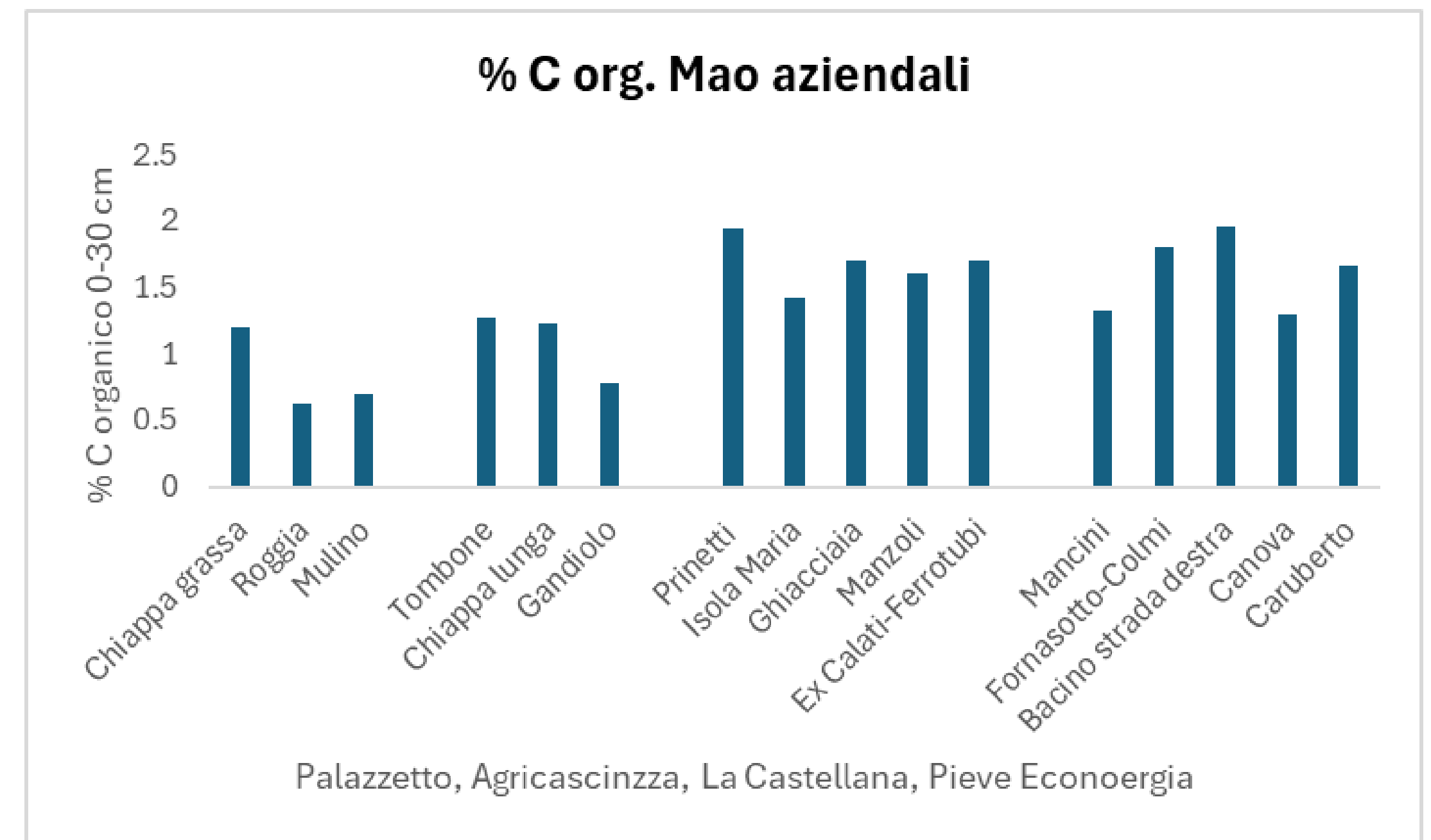
Residui colturali e biomassa: ST, Carbonio Organico TOC, Azoto totale Kjeldahl;

Digestato palabile e chiarificato: pH, ST, SV, Azoto totale Kjeldahl, N-NH₄, P e K.

I risultati delle analisi effettuate sono stati inseriti in un database di lavoro.

Analisi dei suoli

Azienda	Media % Carbonio organico; 0-30 cm	Classe tessiturale USDA prevalente
Palazzetto	0.84	Franco sabbioso
Agricascinazza	1.1	Franco argilloso
La Castellana	1.67	Franco - Franco sabbioso
Pieve Econoenergia	1.61	Franco argilloso - Franco limoso





Analisi modellistica per la stima dello stoccaggio di carbonio

Descrizione modello di simulazione “**ARMOSA**”

- Sviluppato dal gruppo di ricerca Disaa UniMi;
- Simula variabili agro-meteorologiche, bilancio idrico, N balance, variabili del suolo, crescita delle colture e carbon balance;
- È utilizzato per simulare l'evoluzione del contenuto di carbonio nei suoli in risposta alla gestione agronomica.

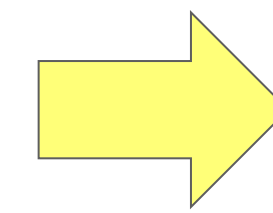
Analisi modellistica per la stima dello stoccaggio di carbonio

Sviluppo Database per simulazioni

1. Analisi dei suoli (**2023** e **analisi precedenti**)

2. Gestione colturale **MAO 2018-2023**:

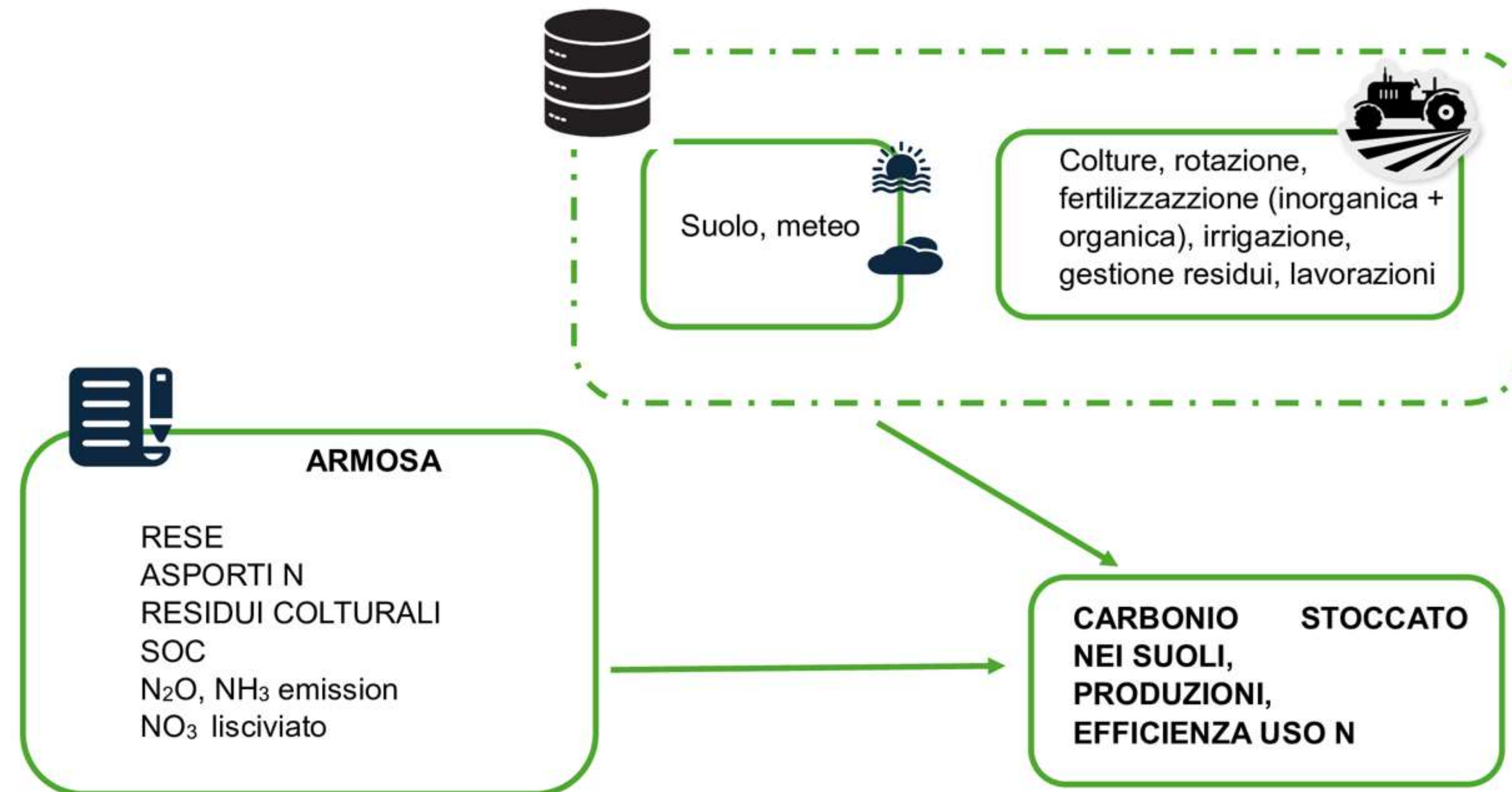
- colture eseguite in rotazione (autunno-vernine e primaverili);
- resa in granella o biomassa secca (per anno o media);
- metodo di irrigazione, turni e mm di acqua apportati;
- concimazioni minerali e organiche (tipologia e kg di Nha^{-1} apportati per ogni coltura) ;
- epoca di semina e di raccolta;
- lavorazioni eseguite;
- gestione dei residui.



**Interviste
aziendali**

Analisi modellistica per la stima dello stoccaggio di carbonio

Sviluppo Database per simulazioni



Schema funzionamento di Armosa

Analisi modellistica per la stima dello stoccaggio di carbonio

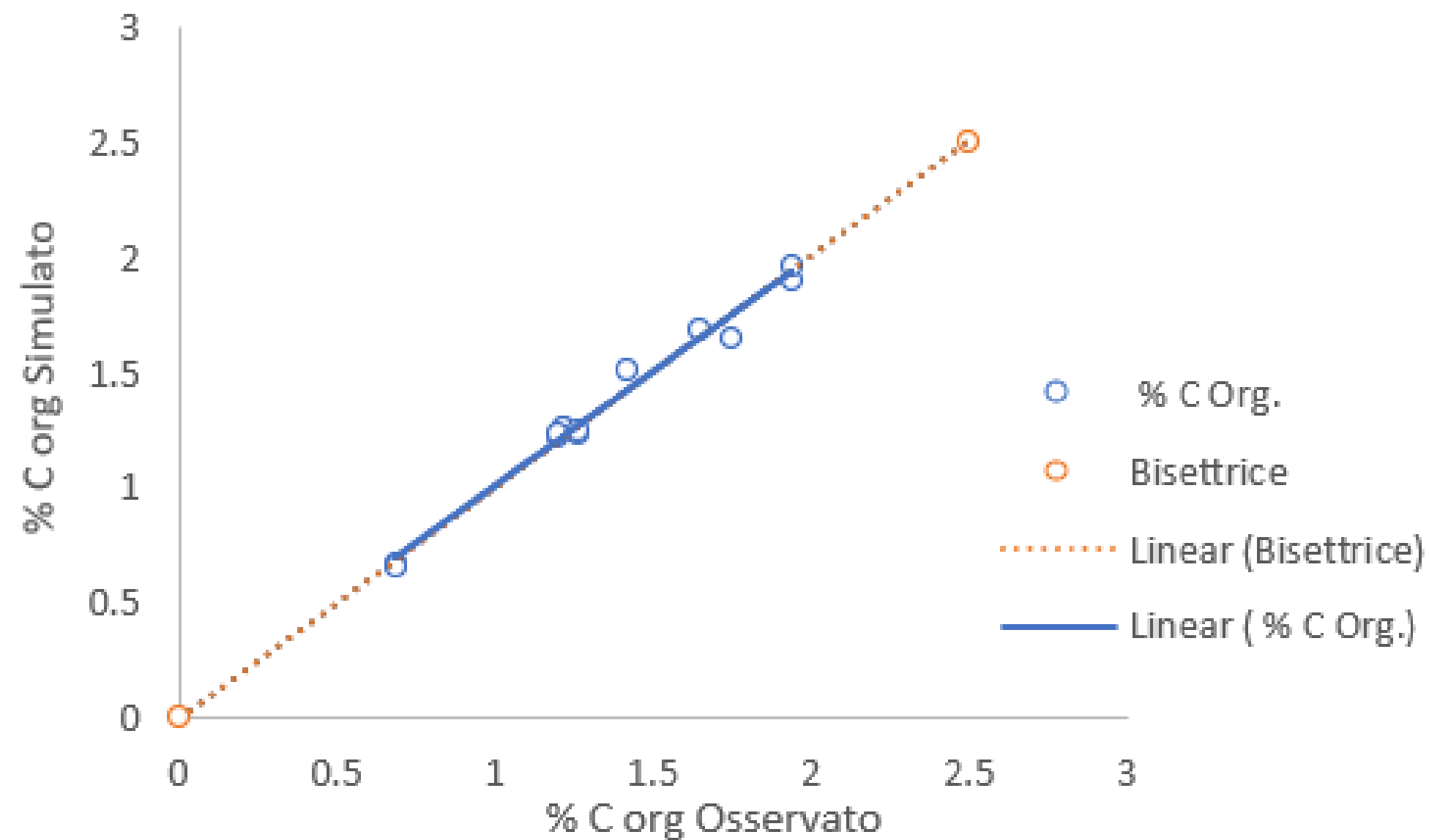
Simulazioni eseguite e relativi risultati (13 simulazioni dal 2016 al 2023)

AZIENDA	MAO	CONFRONTO	CARBONIO ORGANICO (%)				TIPO DI SUOLO	ROTAZIONE	TILLAGE	CONC.	RESIDUI	SOC
			2016 OSS.	2020 OSS.	2023 OSS.	2023 SIM.						
AGRICASCINAZZA	CHIAPPALUNGA	SOIA	1.3		1.22	1.25	FRANCO ARG.	DOPPIA	MT	ORG+MIN	NO	Aumenta
AGRICASCINAZZA	CHIAPPALUNGA	MAIS	1.3		1.22	1.25	FRANCO ARG.	DOPPIA	MT	ORG+MIN	NO	Diminuisce
AGRICASCINAZZA	TOMBONE	SOLIDO	1.2		1.27	1.235	FRANCO LIM.	DOPPIA	MT	ORG+MIN	NO	
AGRICASCINAZZA	TOMBONE	LIQUIDO	1.2		1.27	1.24	FRANCO LIM.	DOPPIA	MT	ORG+MIN	NO	Gestione alternativa
PALAZZETTO	CHIAPPAGRASSA	SOLIDO	1.3		1.2	1.22	FRANCO SABB.	DOPPIA	MT	MIN	NO	
PALAZZETTO	CHIAPPAGRASSA	LIQUIDO	1.3		1.2	1.23	FRANCO SABB.	DOPPIA	MT	MIN	NO	
PALAZZETTO	MULINO	MONOMAIS	0.6		0.69	0.67	FRANCO SABB.	MONO	MT	MIN	NO	
PALAZZETTO	MULINO	MAIS/TRIT SIM	0.6			0.66	FRANCO SABB.	DOPPIA	MT	MIN	NO	
CASTELLANA	PRINETTI	MONOMAIS	2		1.94	1.9	FRANCO SABB.	MONO	MT	ORG+MIN	NO	
CASTELLANA	PRINETTI	MAIS/COVER SENAPE	2			1.98	FRANCO SABB.	DOPPIA	MT	ORG+MIN	NO	
CASTELLANA	ISOLA MARIA	RAPPR. AZIENDA	1.6		1.42	1.5	FRANCO SABB.	MONO	MT	ORG+MIN	NO	
CASTELLANA	GHIACCIAIA	SUBIRRIGAZIONE	1.8		1.65	1.68	FRANCO	DOPPIA	MT	ORG+MIN	NO	
CASTELLANA	GHIACCIAIA	ALA GOCCIOLANTE	1.8		1.75	1.65	FRANCO	DOPPIA	MT	ORG+MIN	NO	

Analisi modellistica per la stima dello stoccaggio di carbonio

Accuratezza delle simulazioni per il Carbonio organico (2023, 13 simulazioni)

Confronto % C Org, Oss. e Sim. 2023



RRMSE (errore quadratico medio relativo)

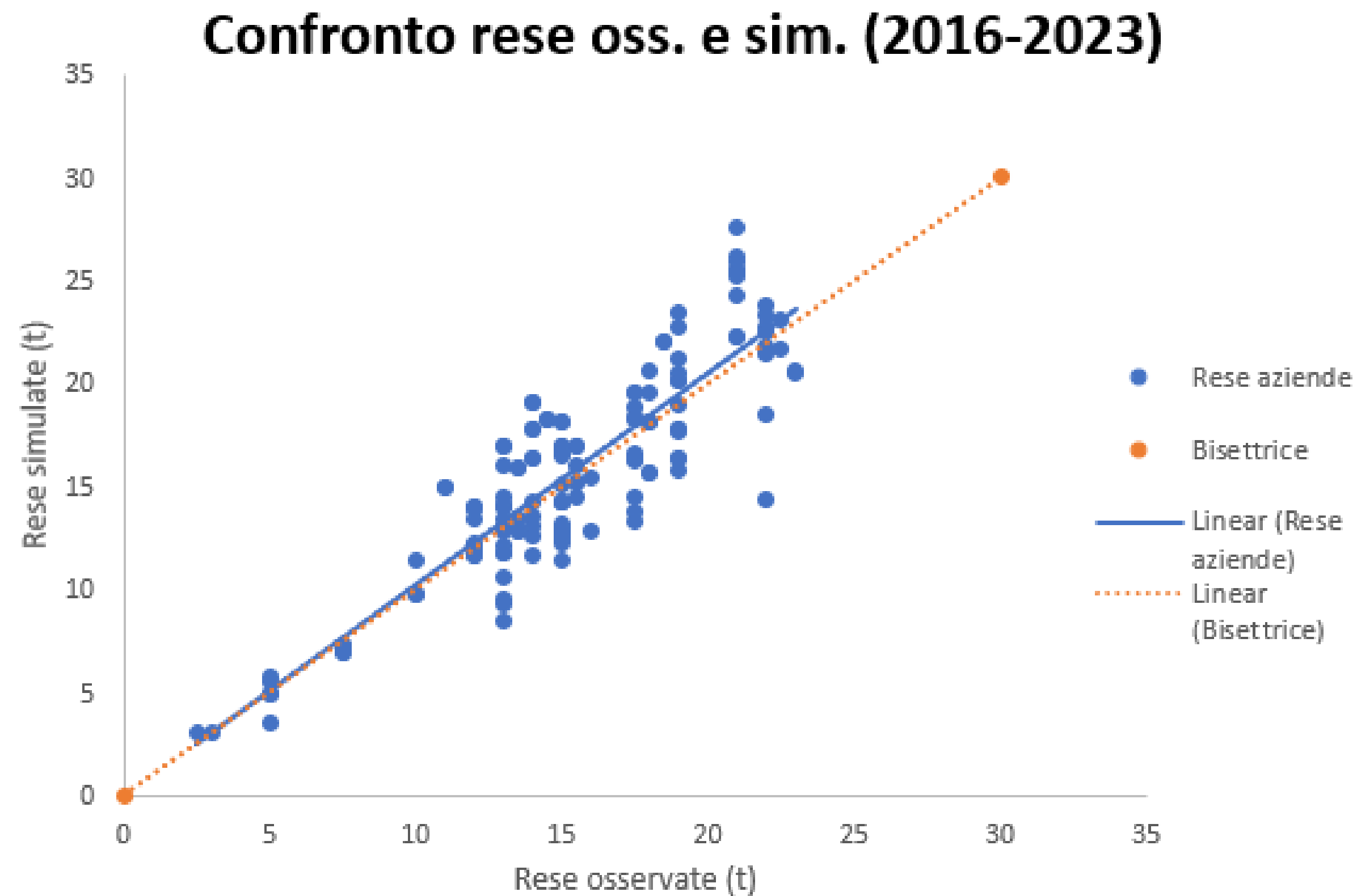
$$\text{RRMSE} = \frac{\sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\bar{H}_d^{i,m} - \bar{H}_d^{i,c})^2}}{\sum_{i=1}^n \bar{H}_d^{i,m}} \times 100$$

Valore ottimale compreso tra 0.00 e 30.0

Indice di fitting	RRMSE	CRM	Slope	R ²
Min	0.00	- inf.	- inf.	0
Max	+ inf.	+ inf.	+ inf.	1
Valore ideale	0.00	0.00	1	1
Valore calcolato	5.45	0.00086	0.99	0.99

Analisi modellistica per la stima dello stoccaggio di carbonio

Accuratezza delle simulazioni per le rese (2016-2023, 13 simulazioni)



Indice di fitting	RRMSE	CRM	Slope	R ²
Min	0.00	- inf.	- inf.	0
Max	+ inf	+ inf.	+ inf.	1
Valore ideale	0.00	0.00	1	1
Agricascinazza	10.37	-0.039	0.9	0.89
Palazzetto	14.66	0.05	0.56	0.63
La Castellana	12.71	-0.3	0.72	0.84
Media aziende	12.58	-0.057	0.73	0.79

Gestioni alternative

Mao Prinetti, azienda agricola La Castellana

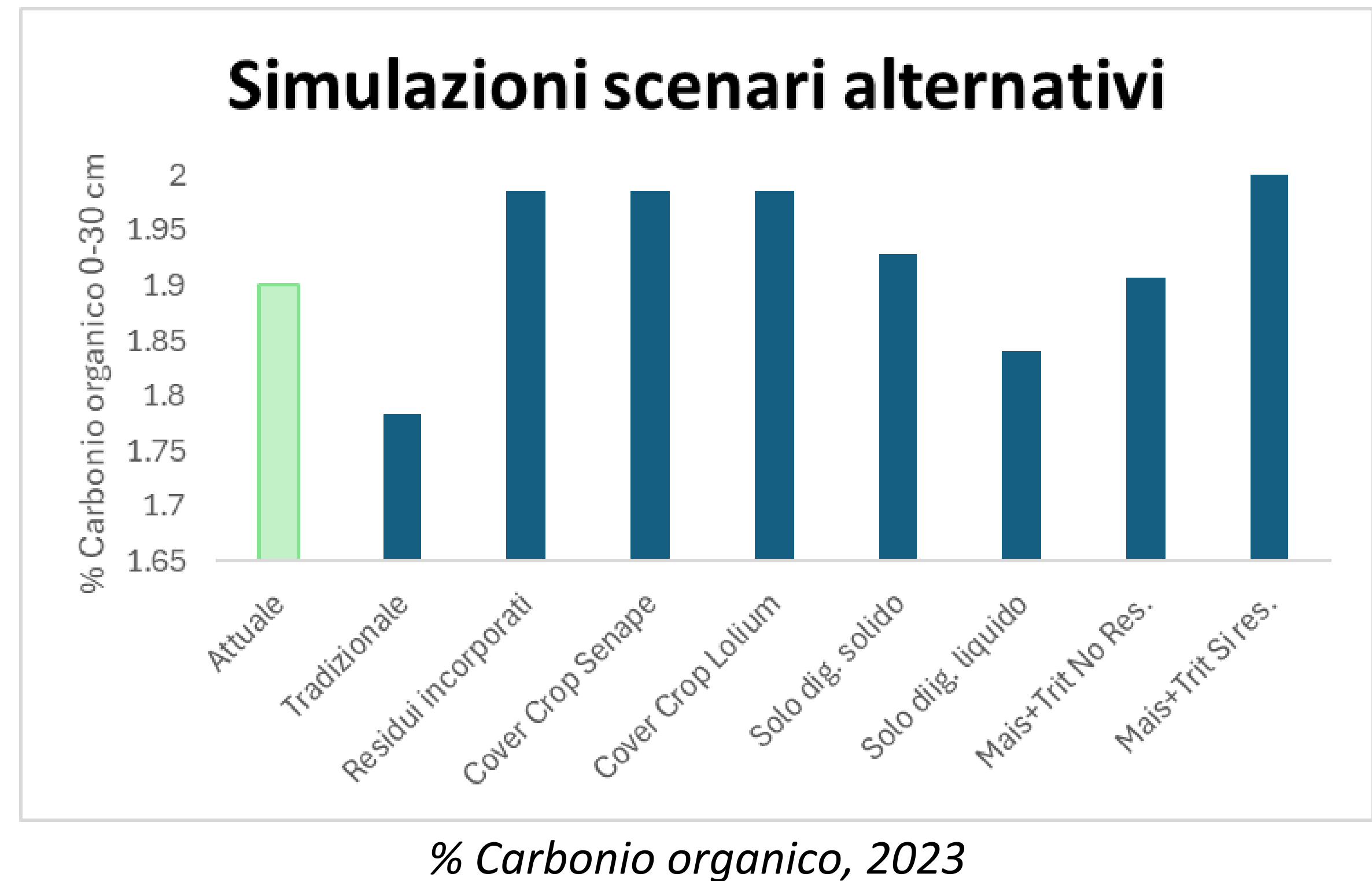
Gestione attuale:

- Minime lavorazioni
- Monocoltura di mais
- Digestato solido e liquido (8 anni di studio, 6 volte solido, 2 liquido)
- Residui asportati

Periodo di studio: 2016-2023

% Carbonio organico iniziale: 2.05

Dato riferito al carbonio organico contenuto nei primi 30 cm



Grazie per l'attenzione

Dott. Alessio Maria Ferioli

Alessio.ferioli@unimi.it



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI MILANO



PSR
2014 2020

LOMBARDIA
L'INNOVAZIONE
METTE RADICI



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