

Il sequestro del Carbonio: mitigazione e adattamento ai cambiamenti climatici

Strategie gestionali per l'incremento del sequestro del carbonio, la mitigazione dei gas serra e la biodiversità dei sistemi agricoli: raccomandazioni a politici e decisori

Irene Criscuoli – CREA Centro di ricerca Politiche e Bio-economia

Convegno finale EJP SOIL - Coltivare il Futuro: Scienza, Politica e Innovazione per la Salute e la Fertilità dei Suoli Italiani

Roma 4/12/2024

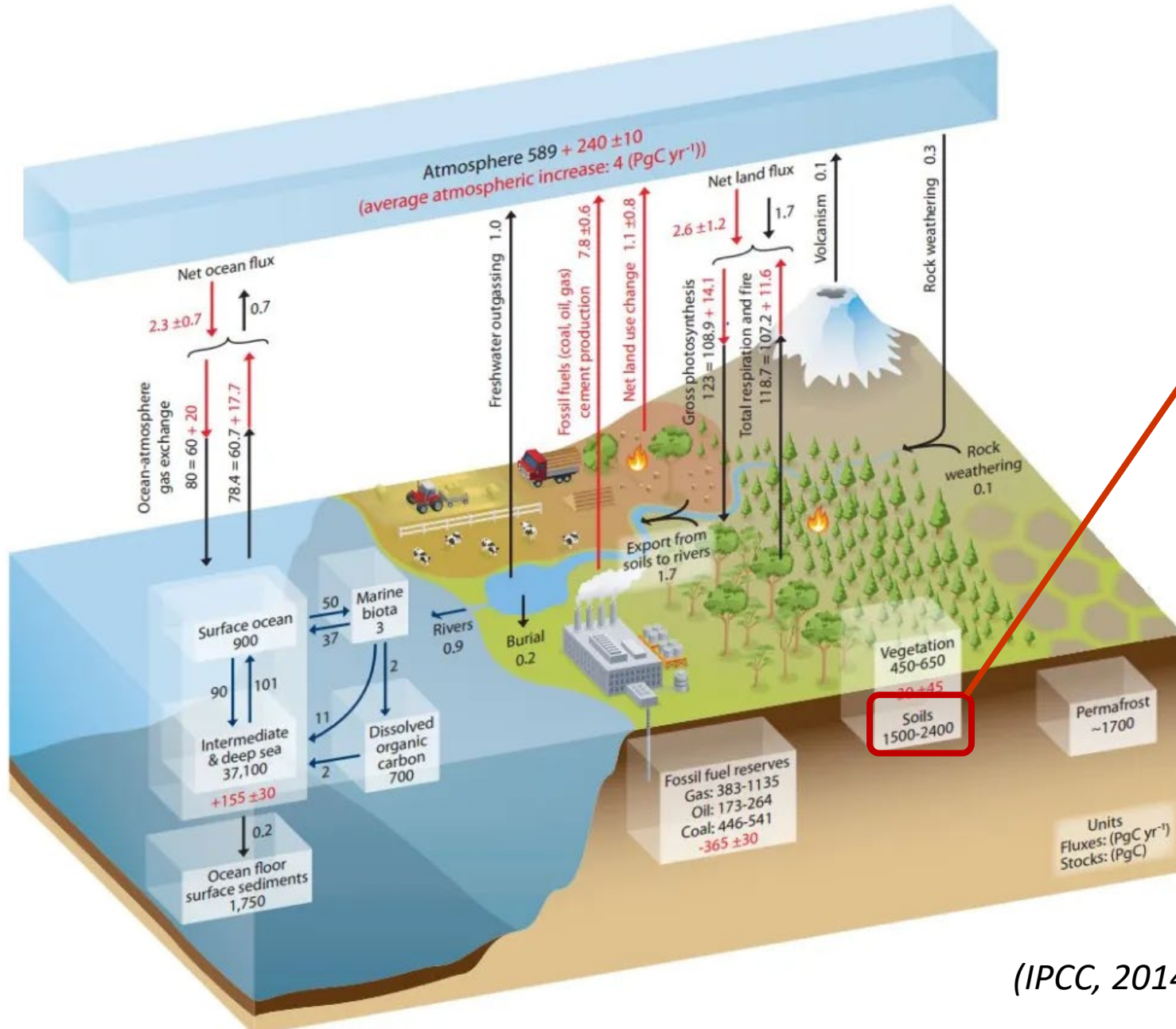


EJP SOIL
European Joint Programme

EJP SOIL has received
funding from the European
Union's Horizon 2020
research and innovation
programme: Grant
agreement No 862695



Il carbonio nei suoli e il cambiamento climatico



(IPCC, 2014)

Nel suolo 1500 – 2400 PgC
«SOC»

Mitigazione del
cambiamento climatico:

- Almeno = SOC
- Possibilmente + SOC

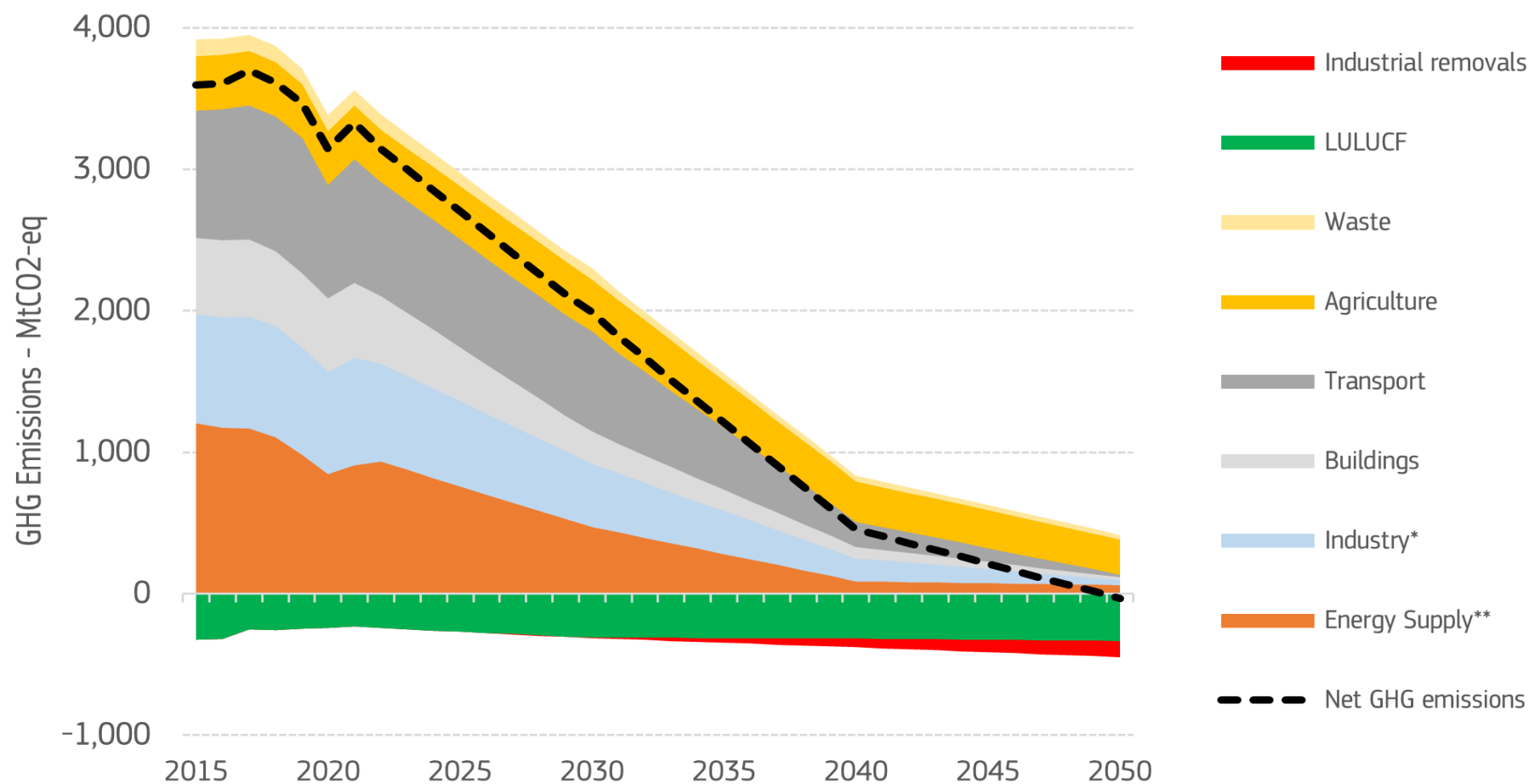
+ 4‰ SOC

→ compensa l'aumento
della CO₂ in atmosfera
+ qualità del suolo →
sicurezza alimentare
+ adattamento ai
cambiamenti climatici

(Rumpel et al., 2020)

Il SOC e il cambiamento climatico nella politica

Historical and projected sectoral greenhouse gas emissions in the period 2015-2050



*Excluding non-BECCS industrial removals

**Including bioenergy with carbon capture and storage (BECCS)

(EC, 2024)

Obiettivi UE:

- proposta 2040: -90% emissioni nette GHG risp. 1990
- 2050: neutralità climatica

- RIDUZIONE EMISSIONI
- ASSORBIMENTI IN LULUCF: CARBON FARMING -310 mtCO₂e entro il 2030

Il SOC e il cambiamento climatico nella politica

2° anno EJP SOIL

Strategia
dell'UE per
il suolo per
il 2030
(17.11.21)

3° anno EJP SOIL

Proposta di
regolamento per
la certificazione
degli
assorbimenti di
carbonio in UE
(30.11.22)

4° anno EJP SOIL

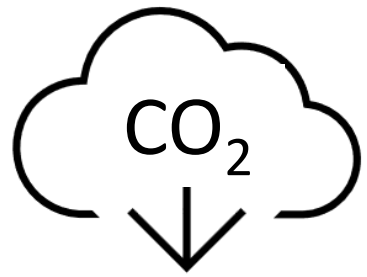
Proposta di
direttiva
europea per il
monitoraggio
e la resilienza
del suolo
(5.7.23)

Legge italiana
n°41 art. 42
per registro dei
crediti di
carbonio e
linee guida per
certificazione
(21.4.23)

5° anno EJP SOIL

Accordo alla
Cop29 di Baku su
mercato globale
volontario crediti
di carbonio
(23.11.24)

Assorbimenti di carbonio nel suolo e crediti di carbonio



+

STOCK DI CARBONIO
NEL SUOLO



Carbon farming



INCENTIVO
Crediti di carbonio

Certificati scambiabili sul mercato volontario del carbonio = 1 t CO₂eq
Maturati dopo dimostrazione dell'avvenuto assorbimento secondo metodologie di quantificazione approvate



<https://www.youtube.com/watch?v=EqittdhJlXU&t=1s>

Efficacia delle pratiche di Carbon farming



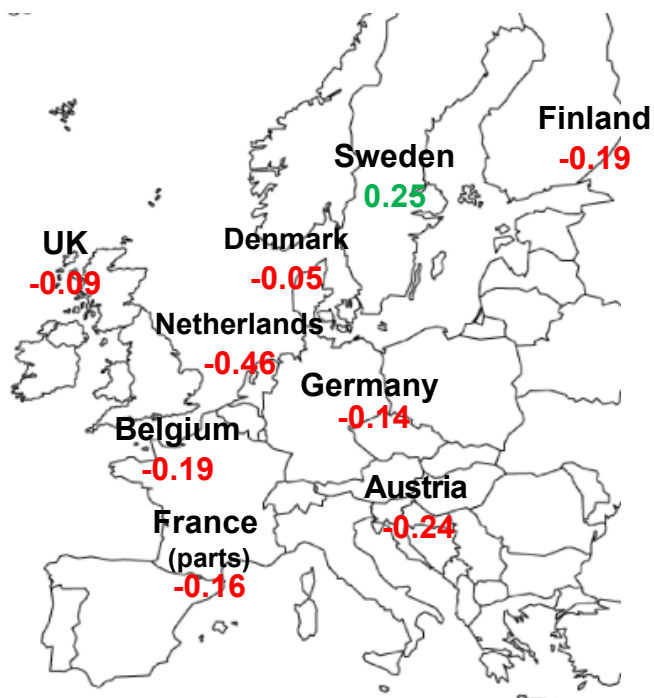
EJP SOIL
European Joint Programme

EJP SOIL has received
funding from the European
Union's Horizon 2020
research and innovation
programme: Grant
agreement No 862695



Assorbimento di C o riduzione delle perdite di C?

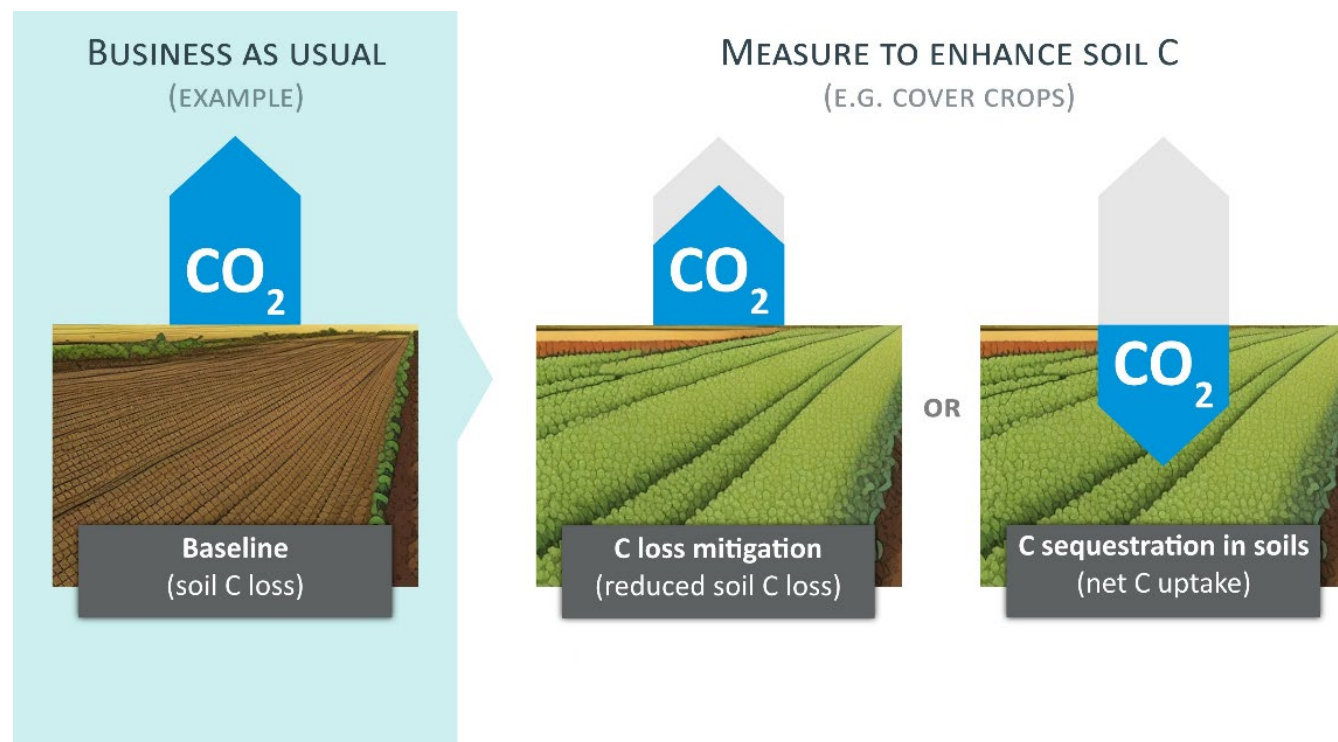
Variazione di SOC nei terreni agrari (t C/ha anno, valore misurato)



Fonte: Heikkinen et al. 2013, Poeplau et al. 2015, Taghizadeh-Toosi et al. 2014, Lettens et al. 2005, Knotters et al. 2022, Dersch and Böhm 1997, Höper 2021, Antoni et al., 2008, Don 2024.

-7.4 mln tC/anno da suoli agrari in EU:

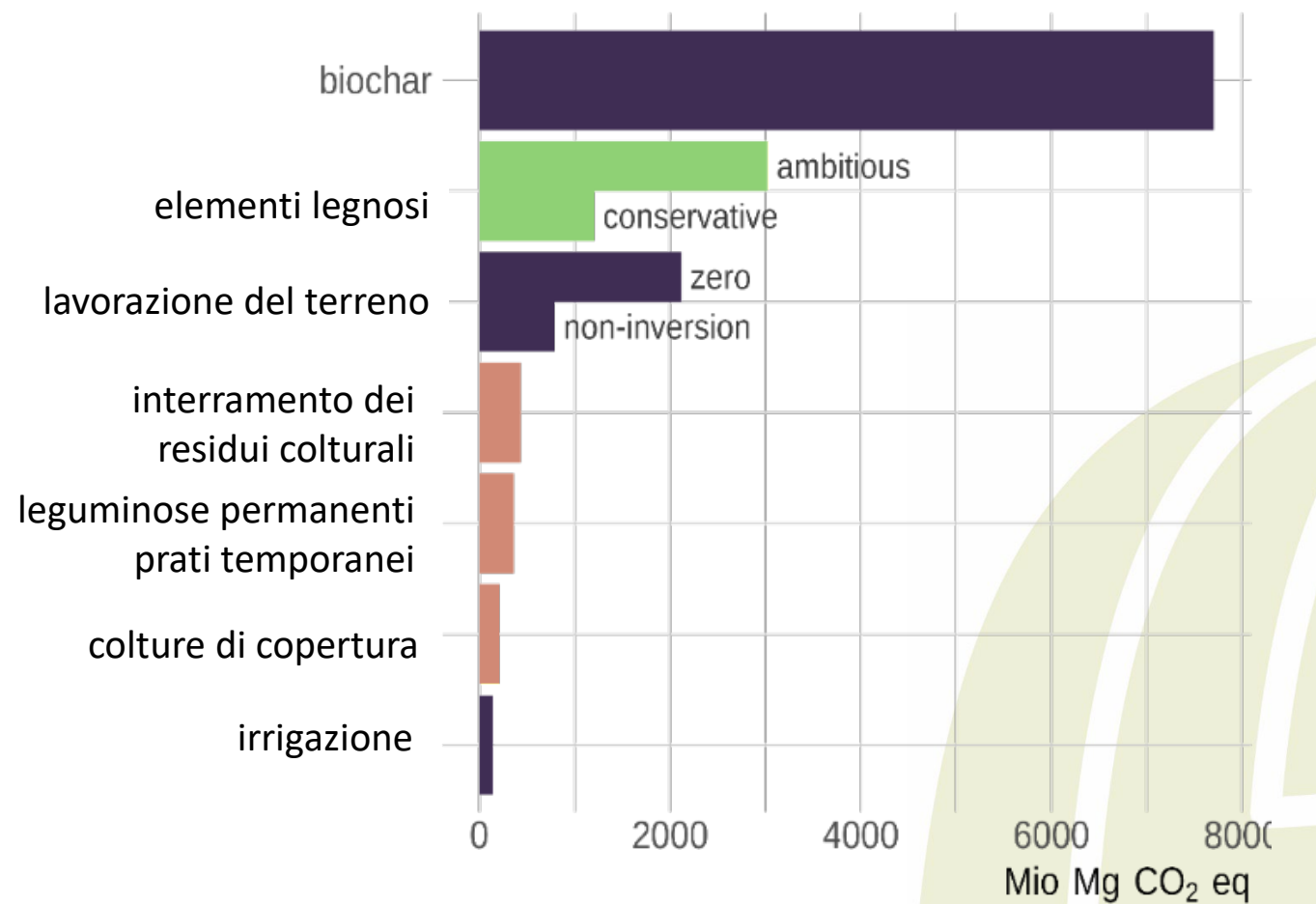
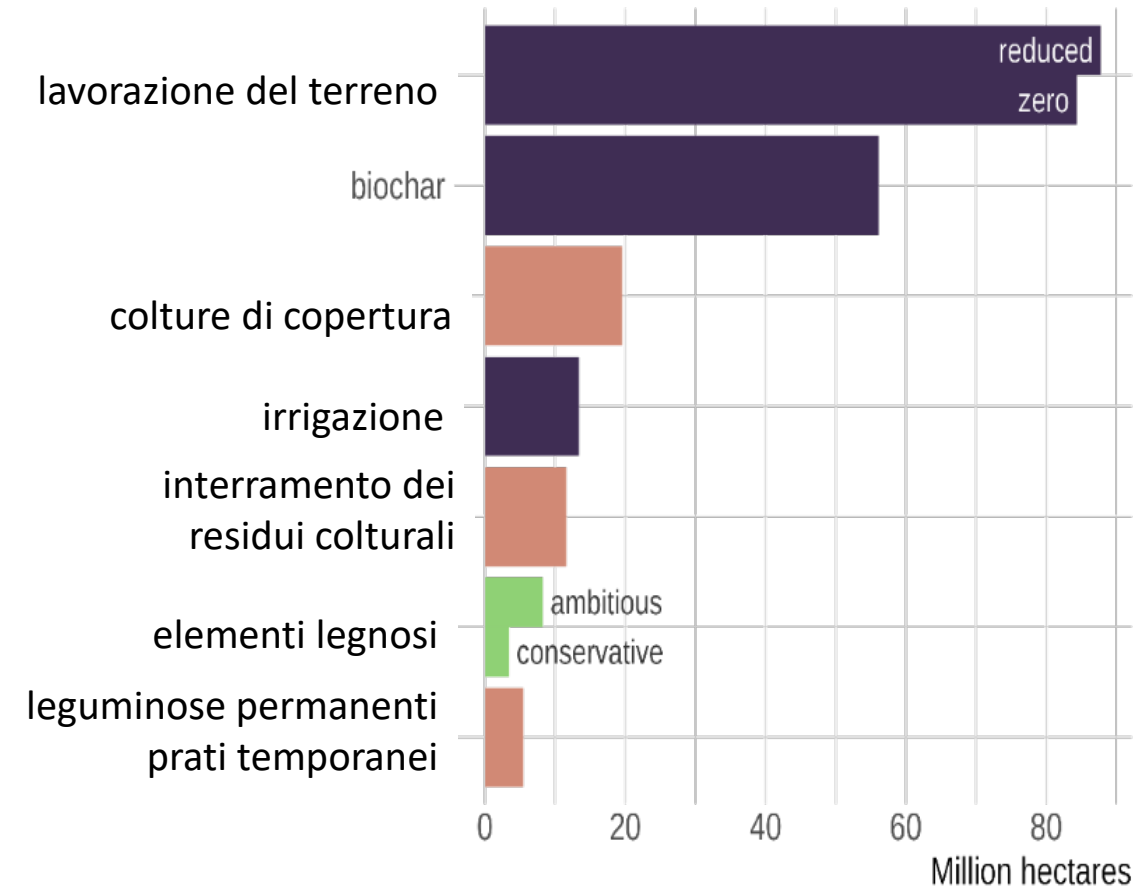
- Deterioramento suoli
- Gestione non sostenibile (EC, 2021)



(Don et al. 2023, GCB)

Potenziale di assorbimento del SOC per pratica agricola

Pratiche validate in esperimenti di campo di lungo periodo in EU (1394 publications)



Fattibilità delle pratiche agricole

Es. Biochar:

NECESSARI:

- 2.8 miliardi t biochar
- da 12.6 miliardi t di biomassa (s.s.)

DISPONIBILI (certificato EBC):

- 0.064 **milioni** t biochar
- 0.26 **milioni** t biomassa
(Hagemann et al., 2024)

**43.750 anni per produrre il biochar
necessario alla superficie potenziale**

NECESSITA' DI
MOLTA
BIOMASSA

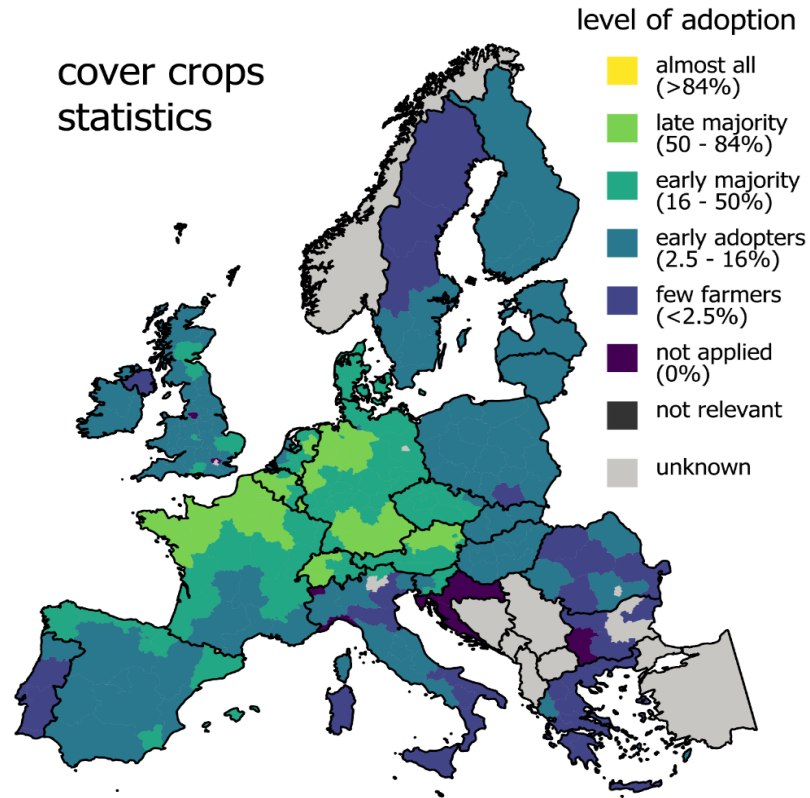
NECESSITA' DI
MOLTI
IMPIANTI

COMPETIZIONE!!

NECESSITA' DI
UTILIZZO DEGLI
AGRICOLTORI

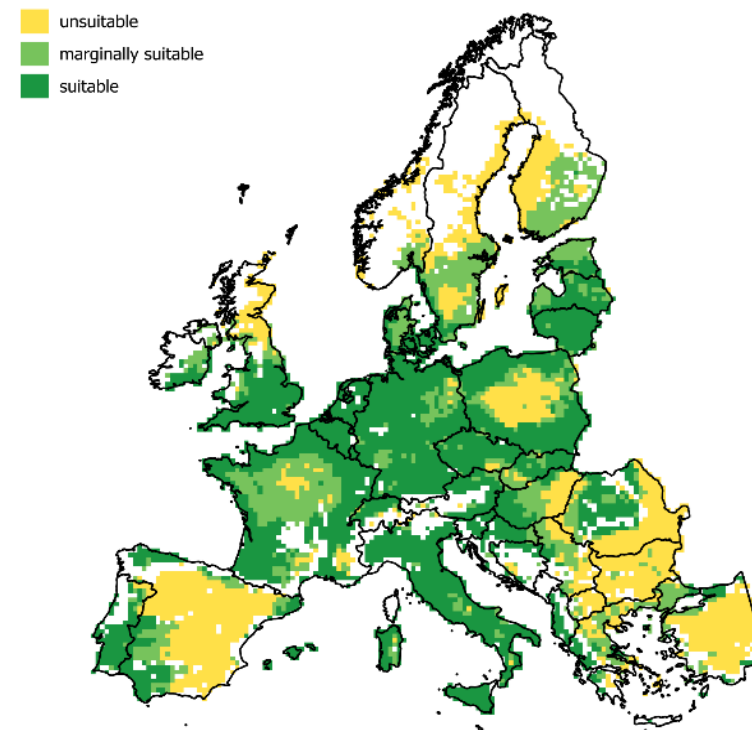
Limiti bio-fisici all'implementazione delle pratiche agricole

cover crops statistics



(EUROSTAT, 2022 - data for 2016)

climatic cover crop suitability



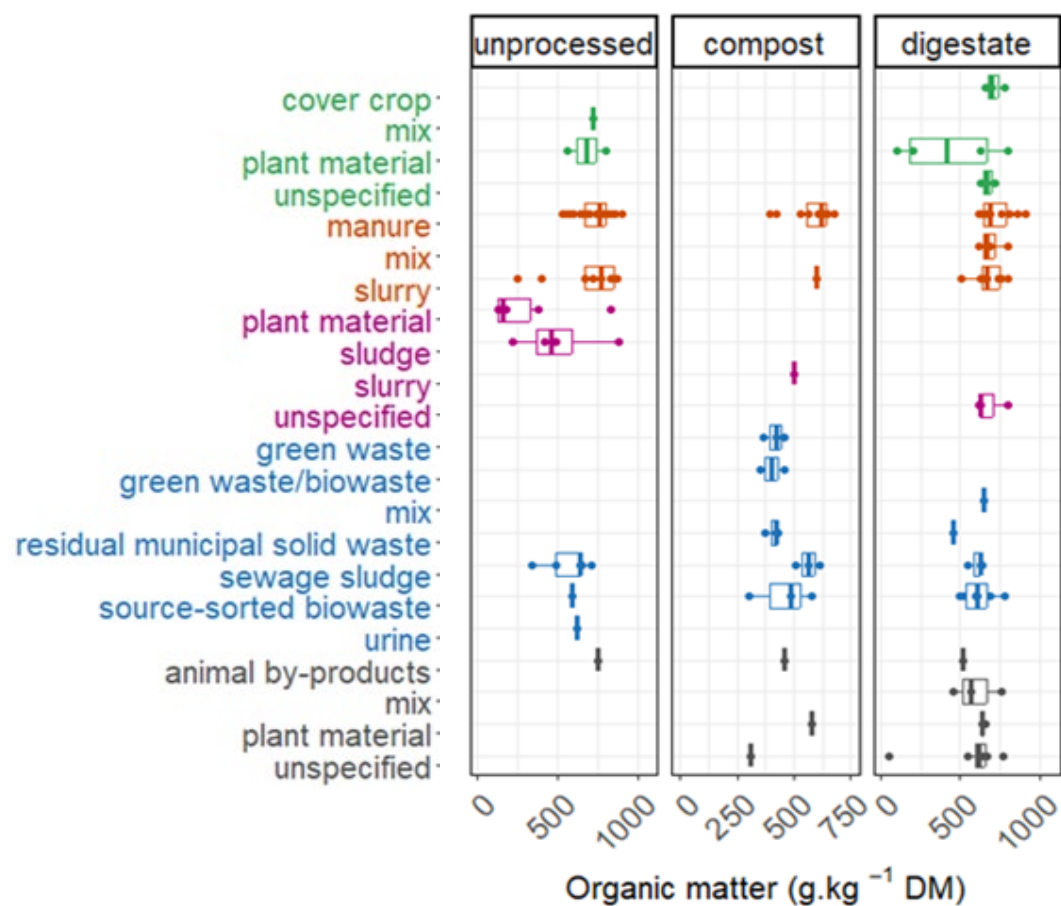
(Heller et al., 2024. EJSS)

modellizzato sulla base di:

- Temperatura,
- Precipitazioni,
- Pendenza,
- Tipo di suolo
- Ecc...

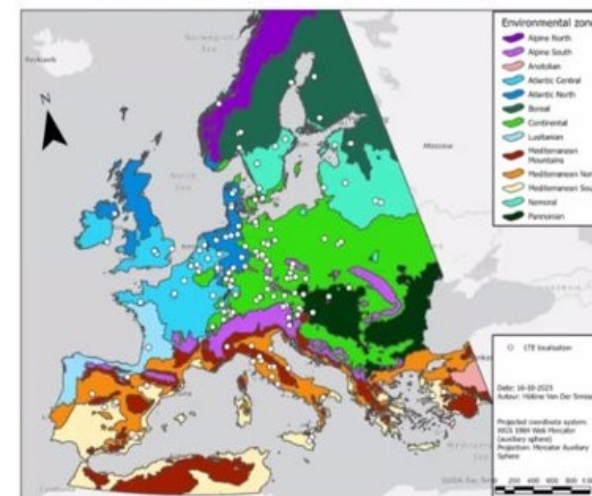
Distribuzione di materiale organico e SOC

Alta diversità di materiale organico in Europa



(Michaud et al., in preparation)

Sulla base di 210 studi di lungo periodo in Europa



- Immagazzinamento del carbonio
- Biodiversità del suolo
- Fertilità
- Proprietà fisiche del suolo

IMPATTO SEMPRE
POSITIVO

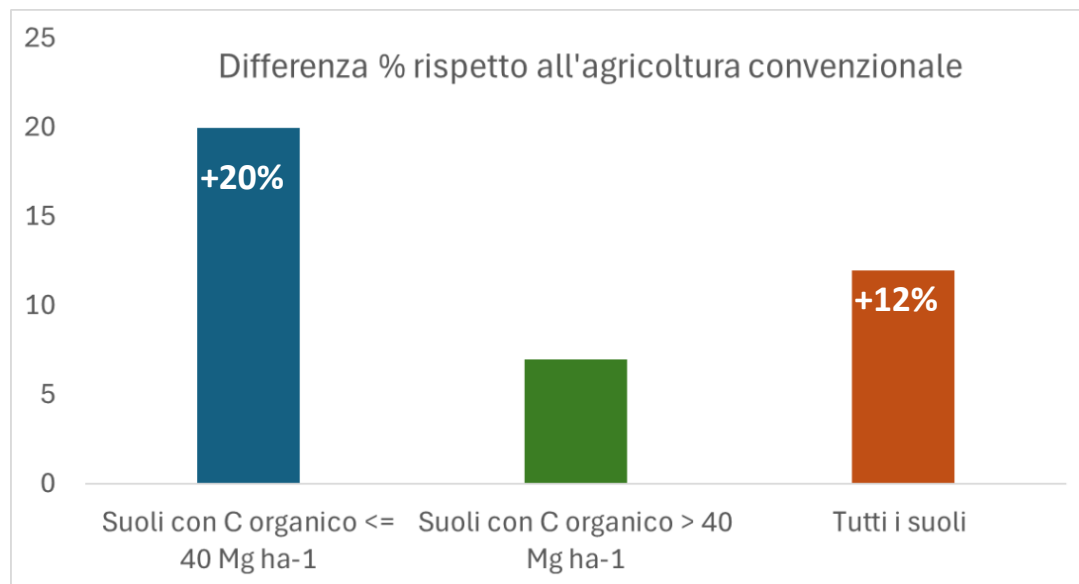
(Caradec et al., in preparation
Van Der Smitten et al, pre-print)

Agricoltura conservativa e SOC

PRATICHE

- non lavorare il suolo
- lasciare i residui colturali in campo
- includere quante più possibile colture nella rotazione

METANALISI GLOBALE di 47 studi.



(Tadiello et al., 2023)

COSA INFLUENZA L'ACCUMULO DI SOC

- SOC iniziale
- contenuto di argilla
- clima (temperatura e precipitazioni)
- latitudine
- durata della sperimentazione.

Agricoltura conservativa: +0,48 ton/ha/anno

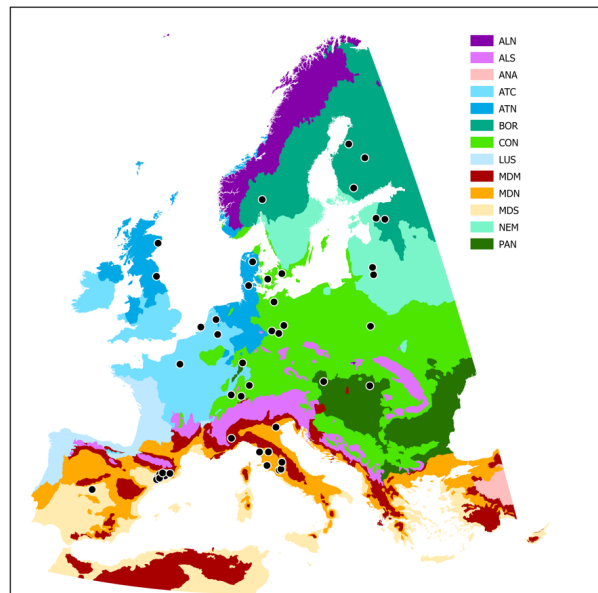
Area mediterranea altamente vulnerabile al rischio di desertificazione nel prossimo futuro

Agricoltura biologica e SOC

PRATICHE

- No concimazione minerale
- No pesticidi, fungicidi o erbicidi convenzionali
- Includere quante più colture possibili nella rotazione
- Consociazioni, colture in secondo raccolto

METANALISI EUROPEA di 47 siti sperimentali (46 studi).



(Forafellner et al., 2024, in preparation)

IMPATTO SU SOC

- **+11%** rispetto ad agricoltura convenzionale con l'applicazione di soli fertilizzanti minerali.
- **No effetto** rispetto ad agricoltura convenzionale con fertilizzanti minerali + organici.
- Profonda influenza di:
 - **precipitazioni** medie annuali,
 - **pH**
 - contenuto di **argilla**
- Maggiore incremento di SOC se maggiore **durata** della rotazione.

Le pratiche agroecologiche, SOC e biodiversità

COMBINAZIONE DI PRATICHE

- riduzione della lavorazione del suolo
- maggiore diversità delle specie vegetali in campo
- fertilizzazione organica / compost / bioinoculanti fungini

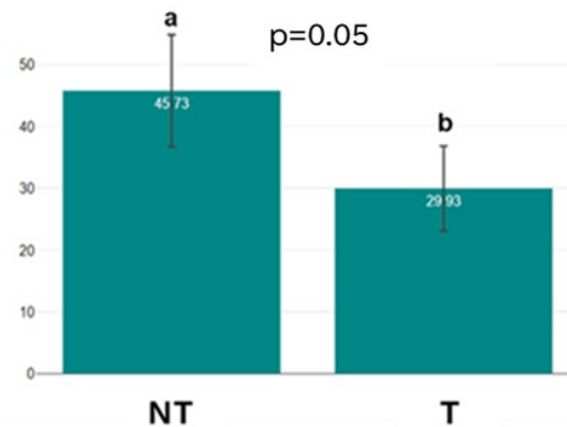


9 siti sperimentali:

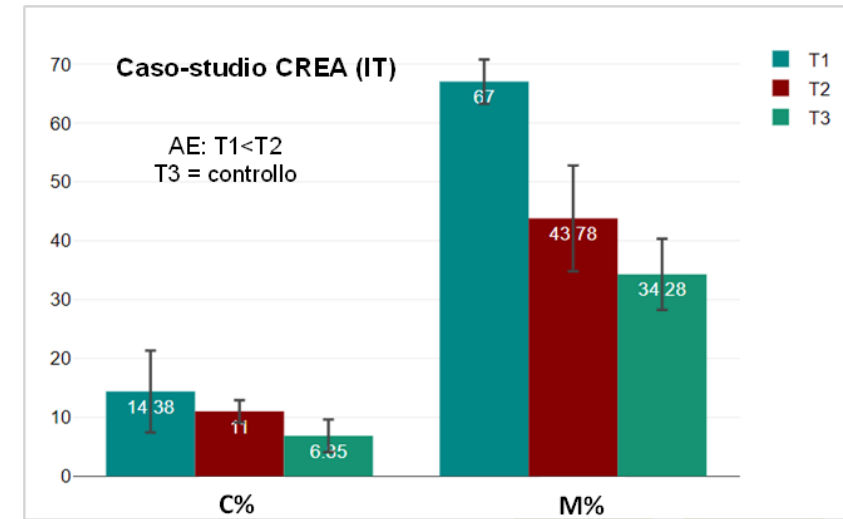
- 7 lungo periodo
- 2 nuovi



Micorrizazione %



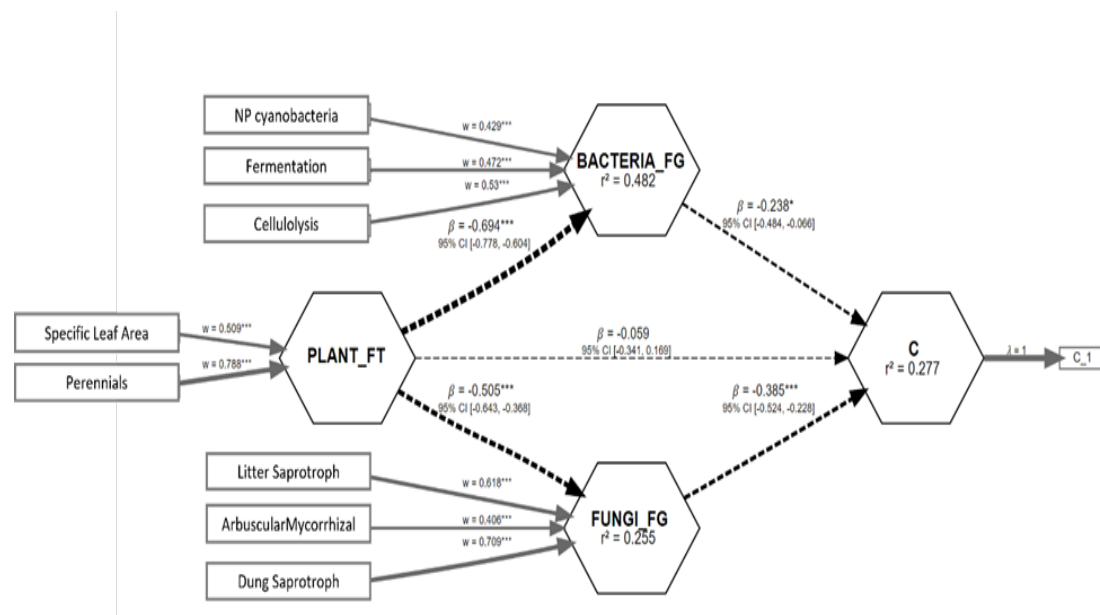
L'assenza di aratura favorisce la micorrizzazione radicale in campo (*Trinchera & Warren Raffa, 2023*)



- > **pratiche agroecologiche** (T1 e T2, flora spontanea e colture di copertura) →
- > **micorrizzazione** radicale →
- > **C%** nei macroaggregati fini del suolo

Le pratiche agroecologiche, SOC e biodiversità

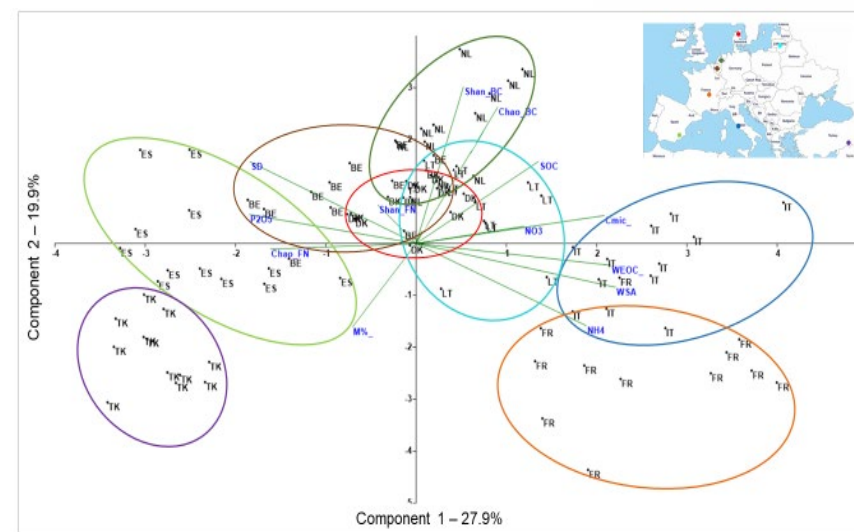
Modello di accumulo di C nel suolo



(Warren Raffa et al., in sottomissione)

Gli **indicatori** testati altamente influenzati da **regioni pedoclimatiche**, indipendentemente dalle pratiche applicate.

Gestione agroecologica va adattata alle caratteristiche dell'agrosistema regionale.



Trinchera et al. (in sottomissione)

Come misurare gli assorbimenti di C per i crediti di carbonio



EJP SOIL
European Joint Programme

EJP SOIL has received
funding from the European
Union's Horizon 2020
research and innovation
programme: Grant
agreement No 862695



Misurare e certificare gli assorbimenti di SOC per i crediti di carbonio

PAESE	ORGANIZZAZIONE/ PROGRAMMA	METODOLOGIA	METODI MISURA DEL CARBONIO ORGANICO NEI SUOLI			
			MODELLI	VALORI DI DEFAULT	REMOTE SENSING	CAMPIONAMENTO DEL SUOLO
		Avoided conversion of grasslands and shrublands to crop production 2.0	✓ e.g. DAYCENT	X	X	✓ Alternativa ai modelli
		Soil Enrichment Protocol v 1.1	✓ + campionamento	X	X	✓ t0+t5,t10... + modelli
		Avoided grassland conversion protocol 2.1	X	✓	X	X
		VM0042 Methodology for Improved Agricultural Land Management v 1.0	✓ opzionale	X	✓ opzionale	✓ obbligatorio
		Nori Croplands Methodology, v 1.3	✓ Tier-3 DAYCENT	X	X	X
		Quantification Protocol For Conservation Cropping Version: 1.0	✓ Modelli empirici basati su fattori di default	✓	X	X
		Methodology Determination 2021	✓ opzionale	X	X	✓ obbligatorio
		Proposal of regulation for the certification of carbon removals	?	? menzionato	? incoraggiato	?

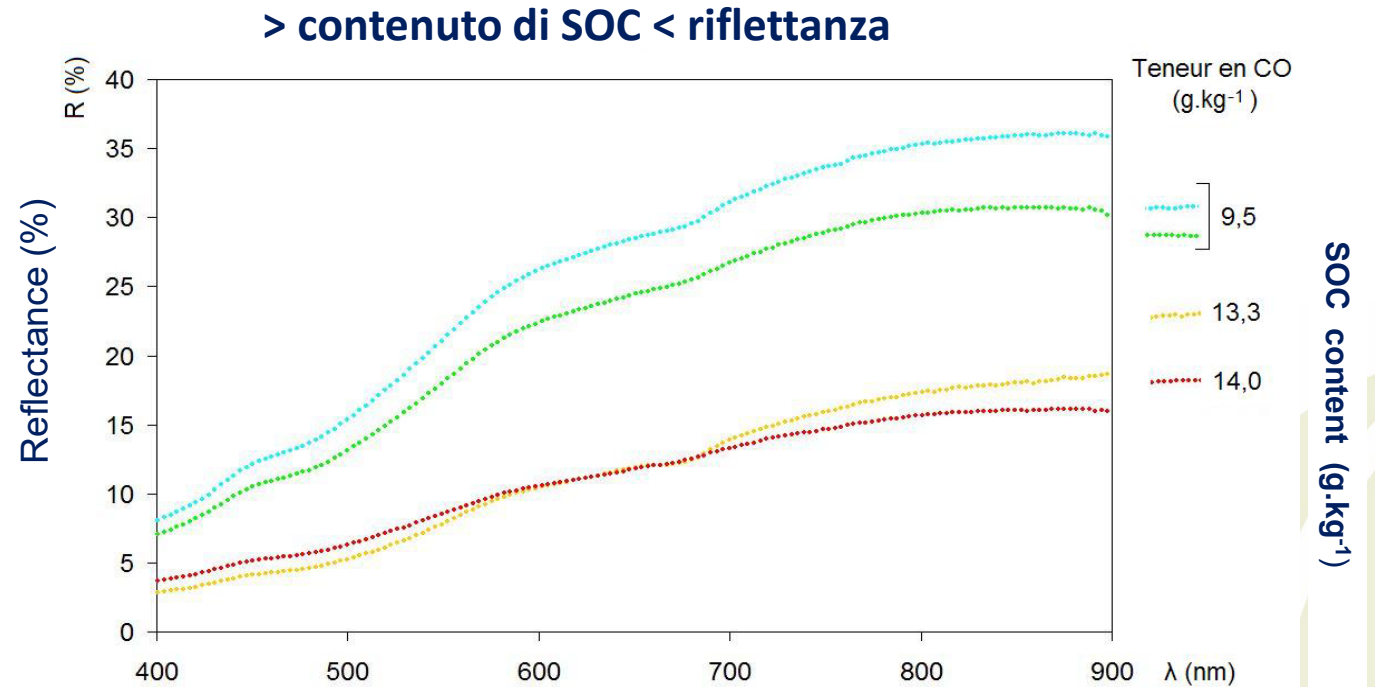
Remote sensing per la stima degli assorbimenti di carbonio nel suolo

VANTAGGI

- Dati pubblici e gratuiti in UE (programma Copernicus ESA):
 - Sentinel 2 (sensori ottici passivi)
- Ogni 5 giorni
- Risoluzione geometrica: 10x10 m
- Omogenei a scala europea

COMPLESSITA'

- I dati satellitari (riflettanza, Sentinel 2) possono essere utilizzati per stimare il SOC sulla base di modelli spettrali:
 - calibrati con dati di misure a terra ed in laboratorio.
- Fattori di disturbo nel segnale per SOC:
 - Vegetazione → necessario suolo nudo!
 - Umidità del suolo → derivato da Sentinel 1
 - Tessitura
- Dati superficiali (3 – 4 cm di profondità nel suolo)



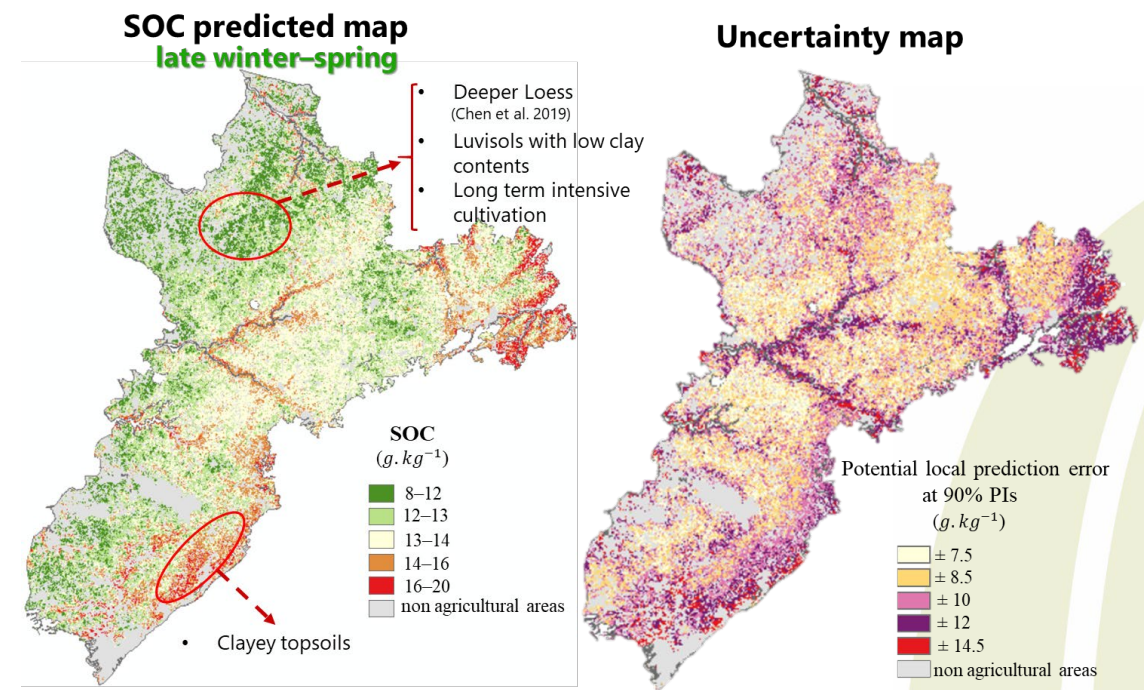
Remote sensing per la stima degli assorbimenti di carbonio nel suolo

IMPIEGO NEL CONTESTO DEL CARBON FARMING

- Piccoli cambiamenti nel SOC durante la breve durata dei progetti di carbon farming → monitoraggio con remote sensing non idoneo
- Trend nel SOC apprezzabili solo nel lungo termine
- Utile per monitorare uso e gestione del suolo (vegetazione, lavorazioni).

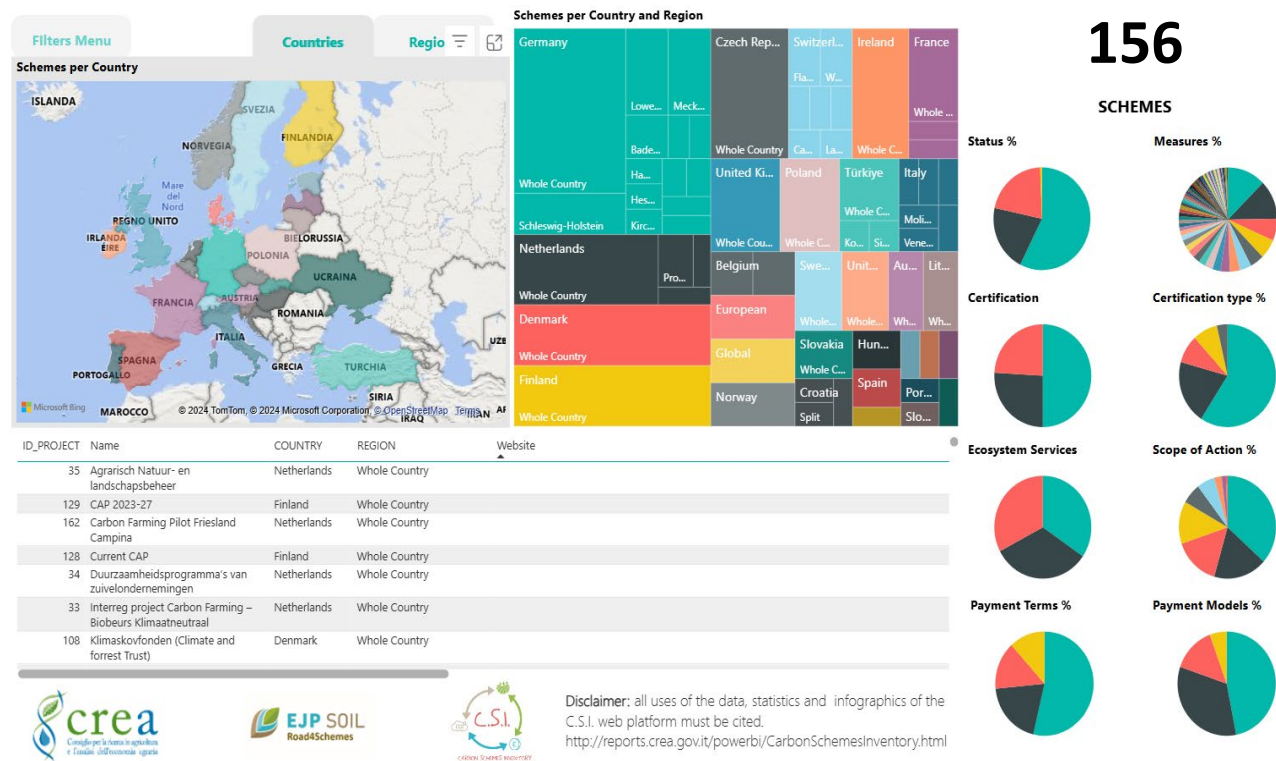
SUGGERIMENTI

- mosaici di serie temporali → aumento della superficie con suolo nudo
- Trasparenza su accuratezza stime
- Validazione dei modelli a terra

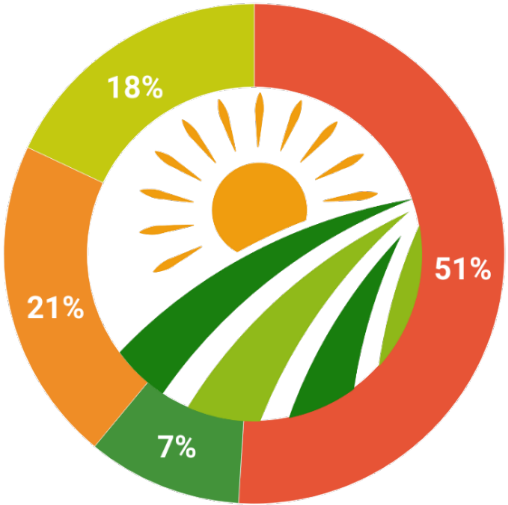


Sentinel-2 and Sentinel-1 Bare Soil Temporal Mosaics of 6-Year Periods for Soil Organic Carbon Content Mapping in Central France
(Vaudour et al. 2022, Remote sens.)

Monitoraggio assorbimenti di carbonio in UE per crediti di carbonio



- 50% degli schemi di certificazione emettono crediti sulla base di **AZIONI**
- Agricoltori molto **scettici** verso pagamenti basati su **RISULTATI**
- Agricoltori **poca fiducia e dimestichezza** con **MODELLI**



• Action based • Hybrid • Result based • Other

Altre politiche, al di là dei crediti di carbonio



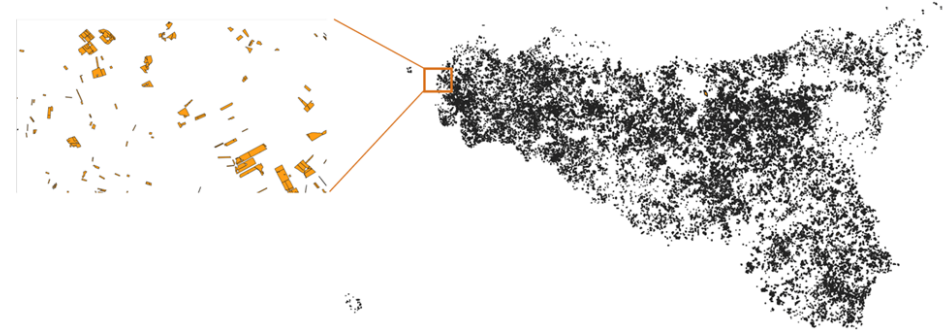
EJP SOIL
European Joint Programme

EJP SOIL has received
funding from the European
Union's Horizon 2020
research and innovation
programme: Grant
agreement No 862695

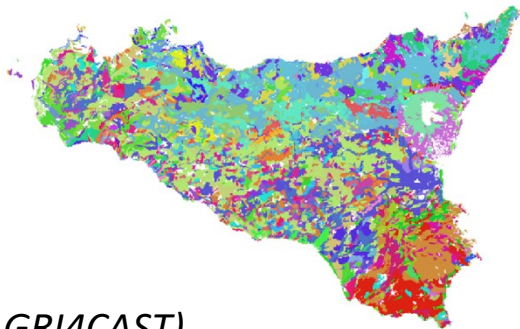


Impatto della PAC su SOC in Sicilia

Misure PSR 2014-2022 (AGEA)



Carta del suolo (CREA)



Clima (AGRI4CAST)

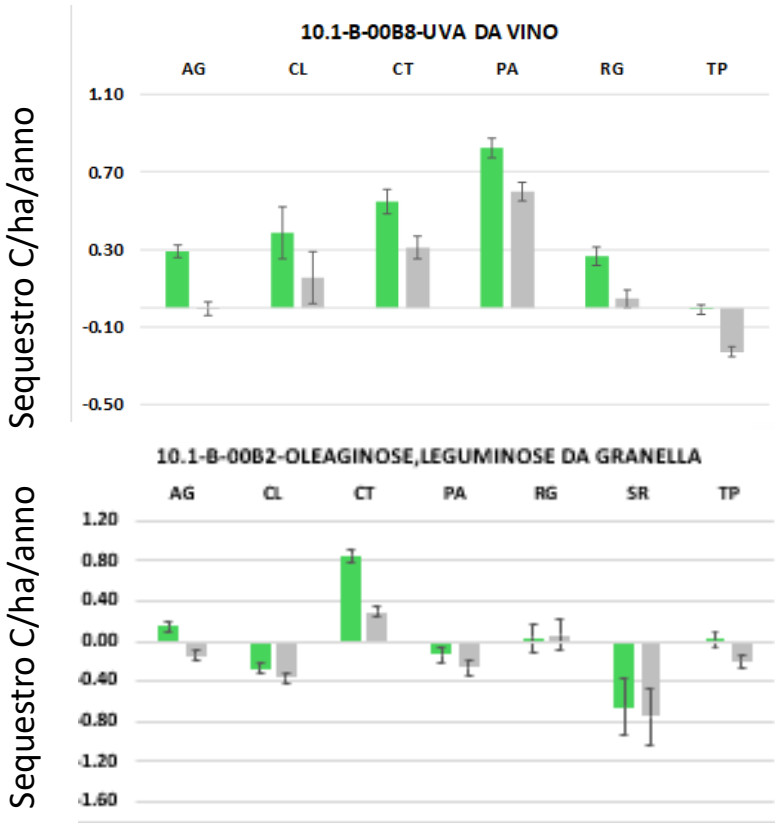


Produzioni (ISTAT)

Type of crop	Agrigento	Caltanissetta	Catania	Enna	Messina	Palermo	Ragusa	Siracusa	Trapani
Grapevine	73.82	78.72	78.72	87.88	88.10	125.80	78.72	82.13	57.81
Olive trees	15.32	22.50	32.93	39.57	14.95	22.30	32.89	20.01	23.89
Citrus orchards	198.25	185.58	176.75	280.12	155.11	157.30	309.88	212.32	100.49
Fruit orchards	178.43	184.05	237.37	152.55	164.71	184.05	231.38	125.29	98.51
Almond, Nuts, Pistachio trees	13.50	13.75	10.83	16.59	7.58	28.19	17.01	28.84	42.36

Crops	Agrigento	Caltanissetta	Catania	Enna	Messina	Palermo	Ragusa	Siracusa	Trapani
Winter wheat	27.6	27.5	28.6	28.8	27.3	27.2	32.3	27.2	22.9
Oat	104.4	48.5	15.0	48.5	157.5	29.4	101.6	100.2	20.5
Fava bean	67.6	30.7	28.3	33.3	77.3	126.5	29.0	90.6	21.5
Barley grass	104.4	48.5	0.0	0.0	157.5	0.0	0.0	100.2	0.0
Waxy Barley	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	101.6	73.6	0.0
Legume (whole)	108.3	47.0	202.8	16.5	209.0	54.9	23.4	46.4	77.3
Sulla clover	108.3	47.0	202.8	16.5	209.0	54.9	0.0	46.4	77.3
Open field fresh fava bean	67.6	30.7	28.3	33.3	77.3	126.5	29.0	90.6	21.5
Tomato in open field	180.0	136.2	233.3	156.7	213.8	121.9	446.9	342.6	100.0
Fresh tomato in open field	180.0	136.2	233.3	156.7	213.8	121.9	446.9	342.6	100.0

Modello RothC10_N (CREA)



Misure PSR
NO PSR

Migliorare l'efficacia delle politiche del suolo attraverso migliori indicatori di GHG

Identificazione di **indicatori** migliori per valutazione e mappatura **di**:

- **minacce del suolo**
- **servizi ecosistemici del suolo**



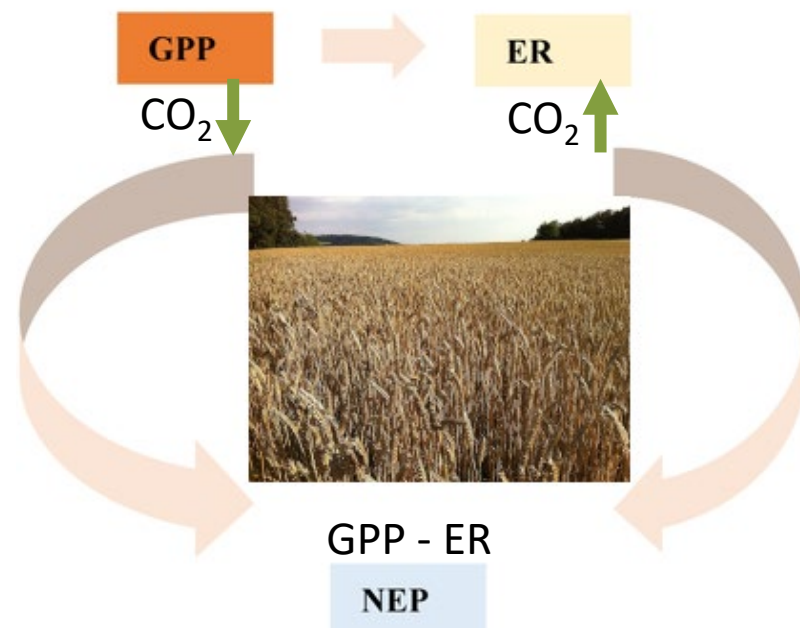
capacità del suolo di
regolare emissioni di CO₂



Indicatore :
Produzione netta dell'ecosistema (NEP)

- NEP misura il carbonio che il suolo stocca (NEP positivo) o emette (NEP negativo) come risultato del flusso di CO₂ nel tempo
- Difficile e costoso da misurare
- In un **cookbook** si propone un metodo innovativo per stimare NEP

Scarica qui il
cookbook



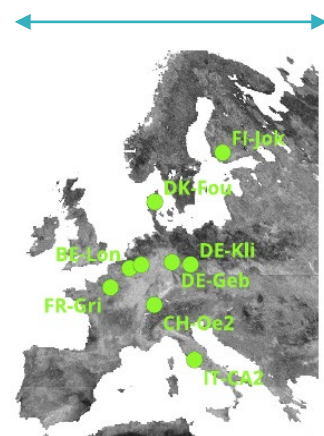
<https://commons.wikimedia.org/>

Liu et al. 2023. Front. Plant Science:1060066

Migliorare l'efficacia delle politiche del suolo attraverso migliori indicatori di GHG

- SERENA ha sviluppato un modello che stima NEP
 - per una coltura di riferimento (campi di grano)
 - da dati facilmente disponibili (da satellite)
 - in un intervallo di tempo di riferimento (8 giorni minimo)

TORRE EDDY
COVARIANCE

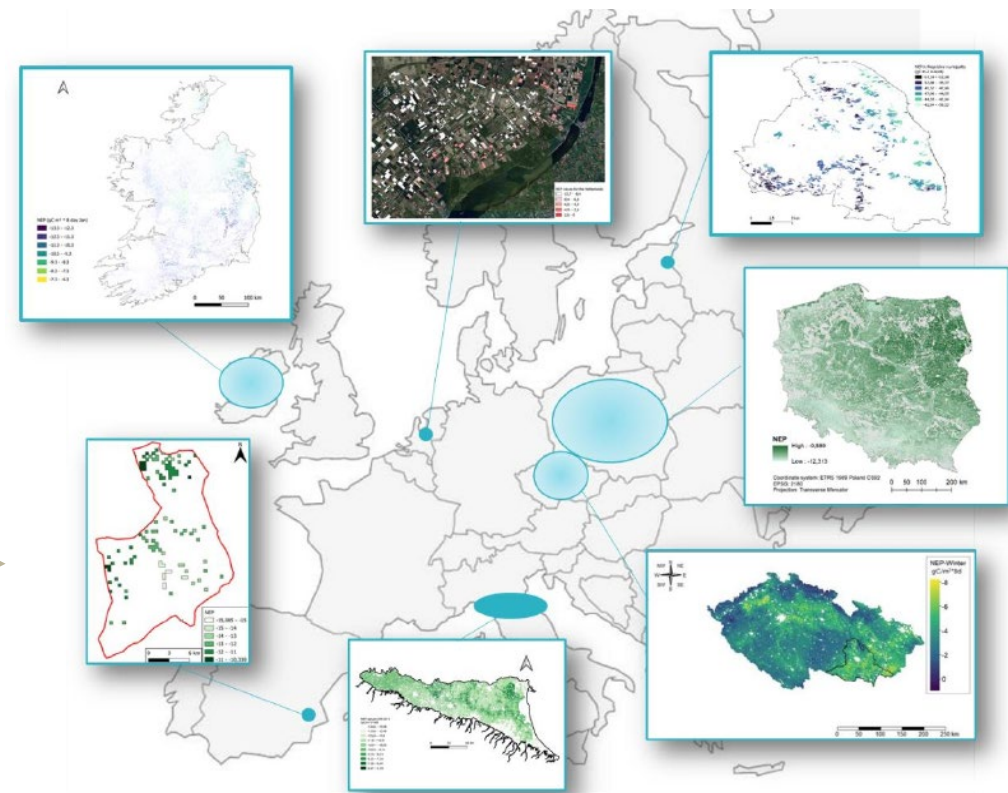


MISURE MODIS
(PER GPP)



+ ER stimato
con modello
empirico

- il "*cookbook*" è stato applicato a varie scale dai membri del partenariato SERENA



Più verde, più stoccaggio di C!

Punti di forza di NEP SERENA:

- Facile di applicare
- Precisione accettabile per stimare flussi di CO₂ dal suolo
- Migliorare il livello di errore quando stime annuali (intervallo di riferimento)
- Validazione con dati derivanti da modelli alternativi

Aspetti da migliorare:

Efficacia complessiva della mitigazione dei cambiamenti climatici, oltre alla CO₂



EJP SOIL
European Joint Programme

EJP SOIL has received
funding from the European
Union's Horizon 2020
research and innovation
programme: Grant
agreement No 862695

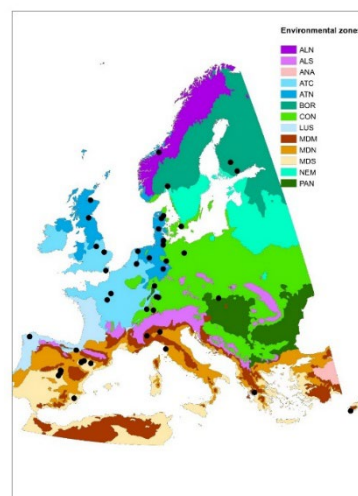
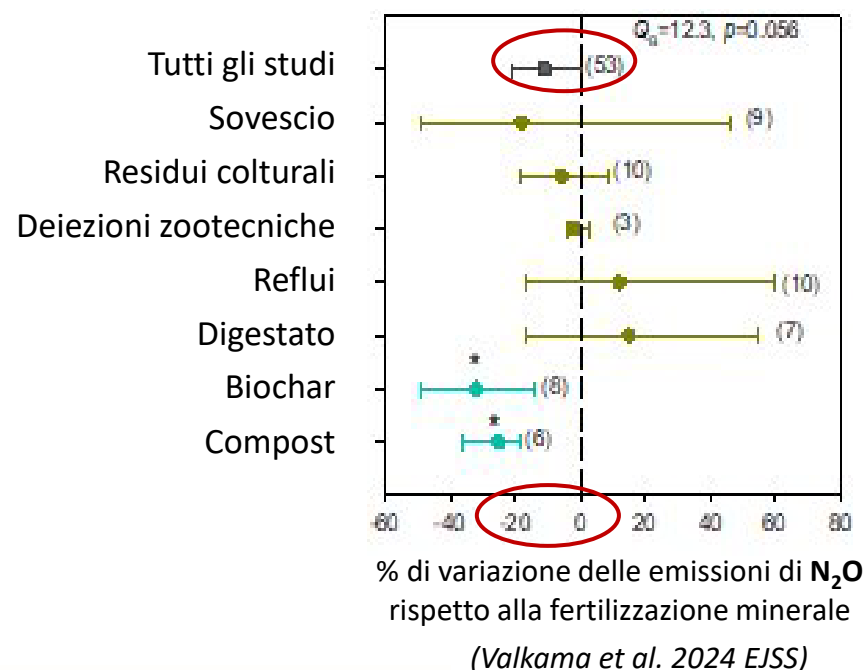


Mitigazione delle emissioni di gas serra dal suolo

- Per garantire efficacia complessiva contro cambiamenti climatici →
EMISSIONI NETTE NEGATIVE:
 - Sulle stesse parcelle considerare emissioni anche di N_2O , CH_4 (*trade-off*)
 - Evitare rilocalizzazione (*leakage effect*) su altre parcelle

Effetto **COMPOSTI ORGANICI** rispetto alla fertilizzazione minerale

Meta-analisi con più di 50 studi in 15 nazioni Europee



-10% in media

Compost: -25%

Biochar: - 33%

Effetto variabile in base a:

✓ climate

✓ suolo (pH e tessitura)

Altri composti organici:

• No effetto significativo, ma:

✓ -16% (OM da solo)

✓ + 14% (OM + N minerale)

STUDIO ESEGUITO PER MOLTE PRATICHE DI CARBON FARMING→

L'effetto positivo su SOC è ridotto da aumentate N_2O ma mai annullato o superato

Conclusioni



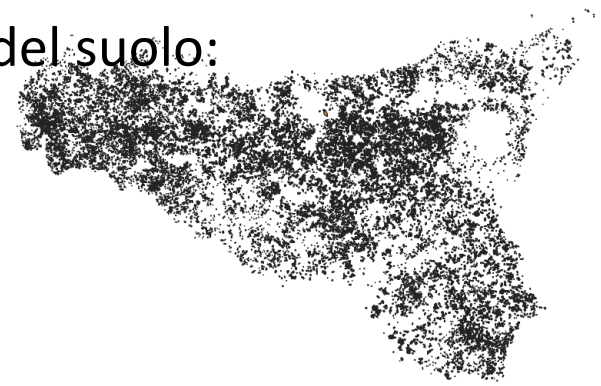
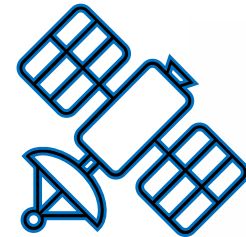
EJP SOIL
European Joint Programme

EJP SOIL has received
funding from the European
Union's Horizon 2020
research and innovation
programme: Grant
agreement No 862695



Conclusioni

- La **mitigazione della perdita** di SOC è la preconditione per il sequestro di SOC
- La somma del sequestro di C potenziale = **3 % delle emissioni totali GHG EU+**
- Oltre alla mitigazione del cambiamento climatico:
 - + **SOC = + fertilità e + salute del suolo**
- L'effetto positivo su SOC mai annullato o superato da **N₂O**
- Maggiori risultati se **combinazione di pratiche** e adattamento a **condizioni pedo-climatiche locali**
- Ruolo centrale dei **microorganismi del suolo**
- **Remote sensing:**
 - non adatto a monitorare le **piccole variazioni di SOC** da carbon farming
 - utile per monitorare cambi uso e gestione del suolo
 - indicatore NEP promettente
- Gli agricoltori preferiscono sistemi di incentivo basati sull'**azione**
- Al di là dei carbon credits anche la **PAC** sostiene pratiche efficaci per la tutela del suolo:
 - Maggiore efficacia se regionalizzazione misure.



Grazie per la vostra attenzione!!

*Grazie a tutti i colleghi che hanno fornito contenuti
per questa presentazione!!*



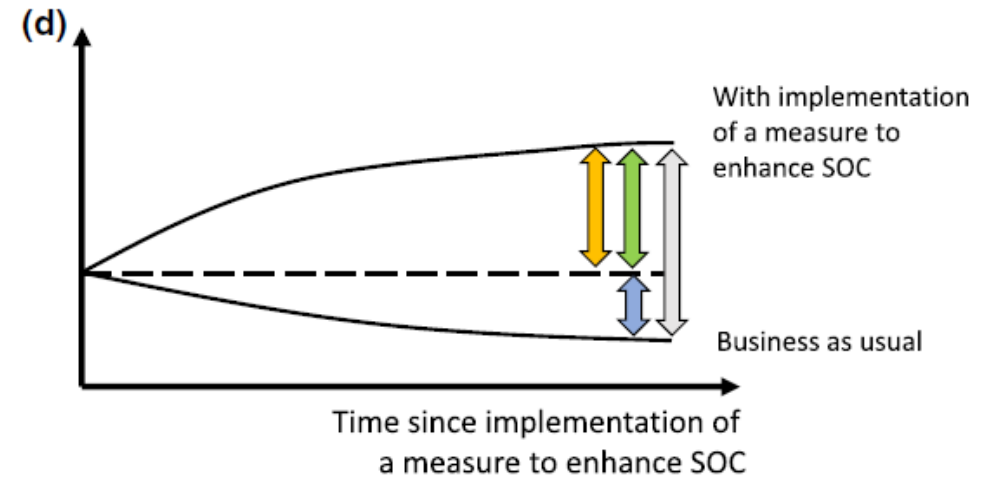
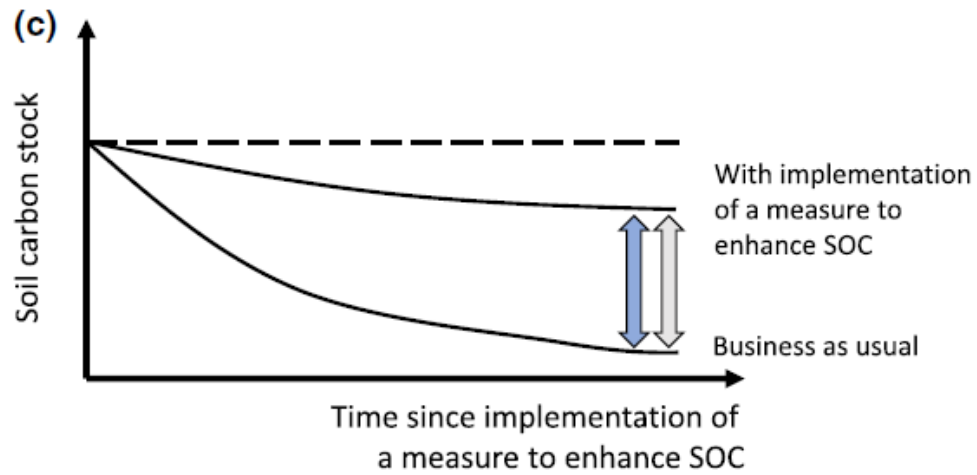
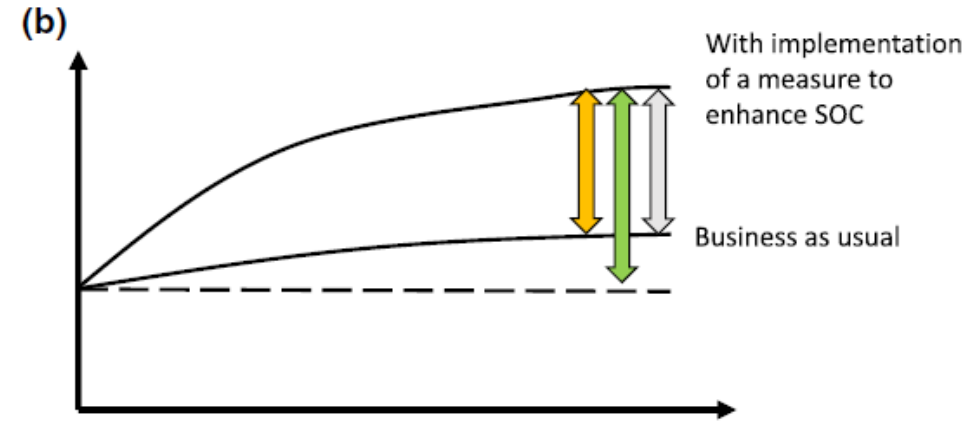
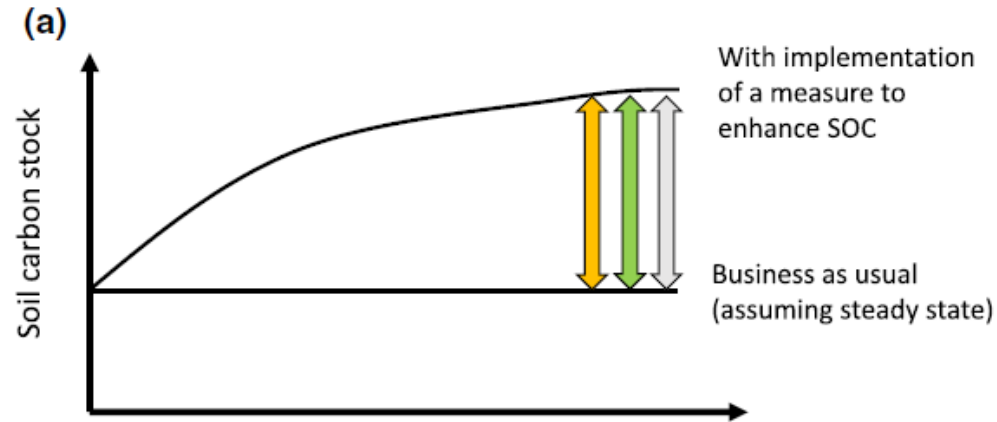
EJP SOIL
European Joint Programme

EJP SOIL has received
funding from the European
Union's Horizon 2020
research and innovation
programme: Grant
agreement No 862695



crea
Consiglio per la ricerca in agricoltura
e l'analisi dell'economia agraria

Scenari di baseline



↑ = C sequestration of a measure

↑ = Total C sequestration

↑ = SOC loss mitigation of a measure

↑ = SOC change of a measure

Approccio globale per modelli spettrali per la stima del SOC da sensori ottici (STEROPES-WP1)

