

FINAL CONFERENCE

LIFE AGRESTIC

Reduction of Agricultural Greenhouse gases
Emissions Through Innovative Cropping systems

Coordinatore:

HORT@

— From research to field —

Partner:



UNIVERSITÀ
CATTOLICA
del Sacro Cuore



Sant'Anna
School of Advanced Studies - Pisa



SOCIETÀ
PRODUTTORI
SEMENTI s.p.a.



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI MILANO



Il progetto LIFE AGRESTIC
ha ricevuto finanziamenti
dal Programma LIFE
dell'Unione Europea



22-23
NOVEMBRE
2023
Piacenza
Ravenna

4.

Modellazione ed analisi dei flussi di gas serra dal suolo nei sistemi colturali

Giorgio Ragaglini, Mara Gabrielli, Marco Botta, Marco Perfetto, Alessia Perego

Università degli Studi di Milano

Dipartimento di Scienze Agrarie ed Ambientali – Produzione, Territorio, Agroenergia

Coordinatore:



Partner:



UNIVERSITÀ
CATTOLICA
del Sacro Cuore



Sant'Anna
School of Advanced Studies – Pisa



SOCIETÀ
PRODUTTORI
SEMENTI s.p.a.



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI MILANO



INTRODUZIONE

	1750	1850	2011	2019	GWP
CO₂ (ppm)	278.3	285.5	390.5	409.9	1 CO ₂ eq
CH₄ (ppb)	729.2	807.6	1803.3	1866.3	28-34 CO ₂ eq
N₂O (ppb)	270.1	272.1	324.4	332.1	265-298 CO ₂ eq

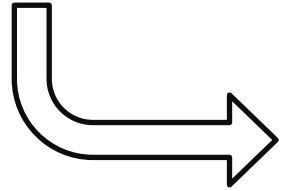
INTRODUZIONE

Emissioni indirette
dovute alla produzione
degli input utilizzati
(kgCO₂ eq ha⁻¹)

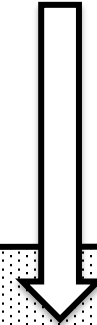
Emissioni legate al consumo di
gasolio e lubrificante (KgCO₂ eq ha⁻¹)

R_s (Respirazione del suolo) =
 R_h (Respirazione eterotrofa) +
 R_a (Respirazione autotrofa)
(KgCO₂ ha⁻¹)

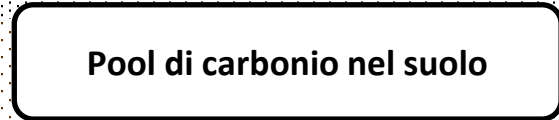
Fotosintesi (kgCO₂ ha⁻¹)



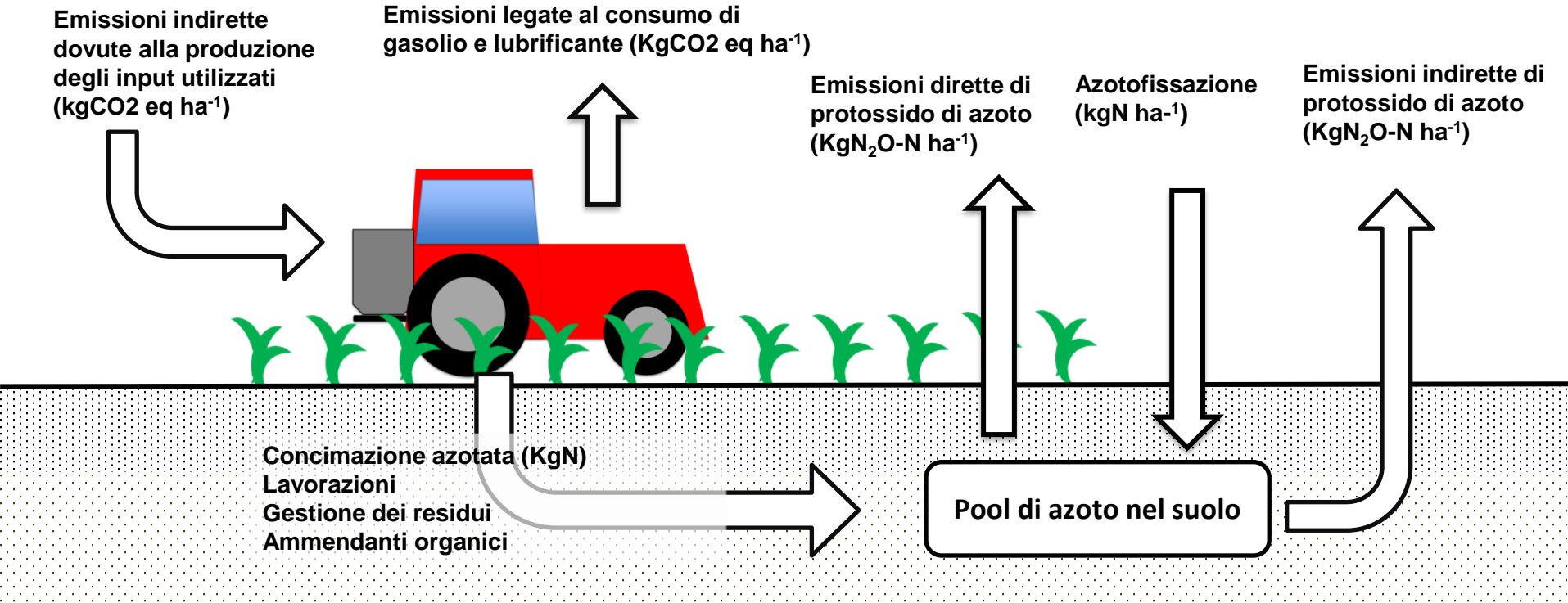
Lavorazioni
Gestione dei residui
Ammendanti organici



Pool di carbonio nel suolo



INTRODUZIONE



APPROCCIO IPCC – I FATTORI DI EMISSIONE

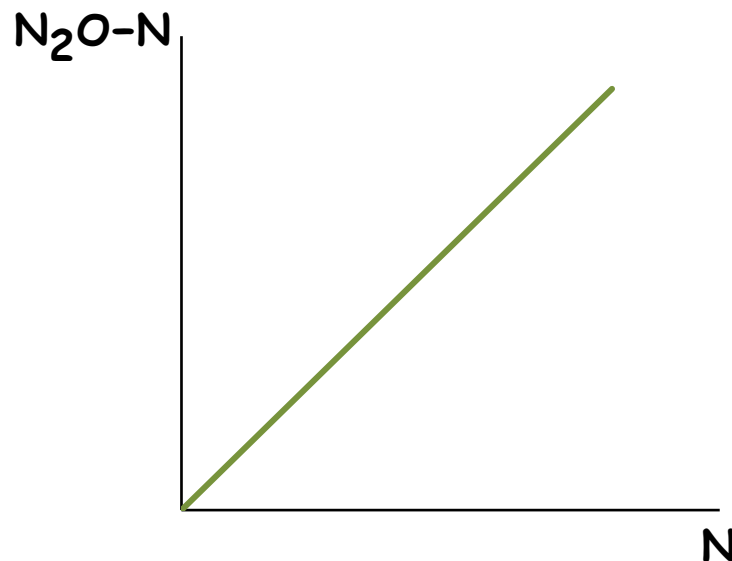
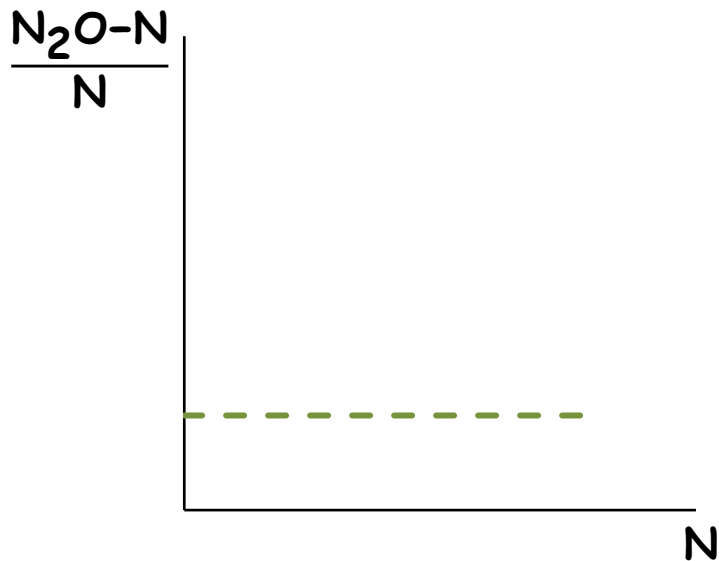
$$N_2O_{Direct-N} = N_2O-N_{N\ inputs} + N_2O-N_{OS} + N_2O-N_{PRP}$$

$$N_2O-N_{N\ inputs} = \left[\left[(F_{SN} + F_{ON} + F_{CR} + F_{SOM}) \cdot EF_1 \right] + \left[(F_{SN} + F_{ON} + F_{CR} + F_{SOM})_{FR} \cdot EF_{1FR} \right] \right]$$

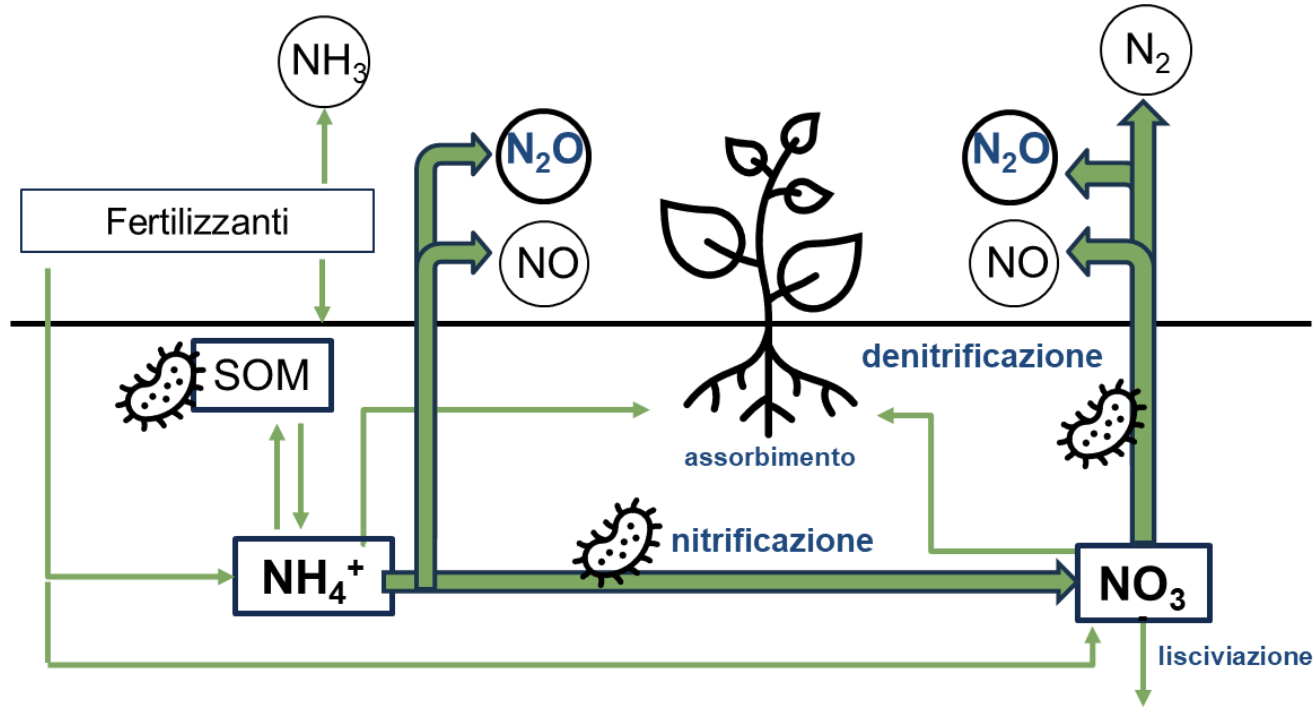
TABLE 11.1 DEFAULT EMISSION FACTORS TO ESTIMATE DIRECT N ₂ O EMISSIONS FROM MANAGED SOILS		
Emission factor	Default value	Uncertainty range
EF ₁ for N additions from mineral fertilisers, organic amendments and crop residues, and N mineralised from mineral soil as a result of loss of soil carbon [kg N ₂ O-N (kg N) ⁻¹]	0.01	0.003 - 0.03
EF _{1FR} for flooded rice fields [kg N ₂ O-N (kg N) ⁻¹]	0.003	0.000 - 0.006

I FATTORI DI EMISSIONE – LIMITI DEL METODO

- Non considera le condizioni ambientali sito e tempo specifiche del contesto
- Presuppone una risposta lineare



LE EMISSIONI DI PROTOSSIDO DI AZOTO

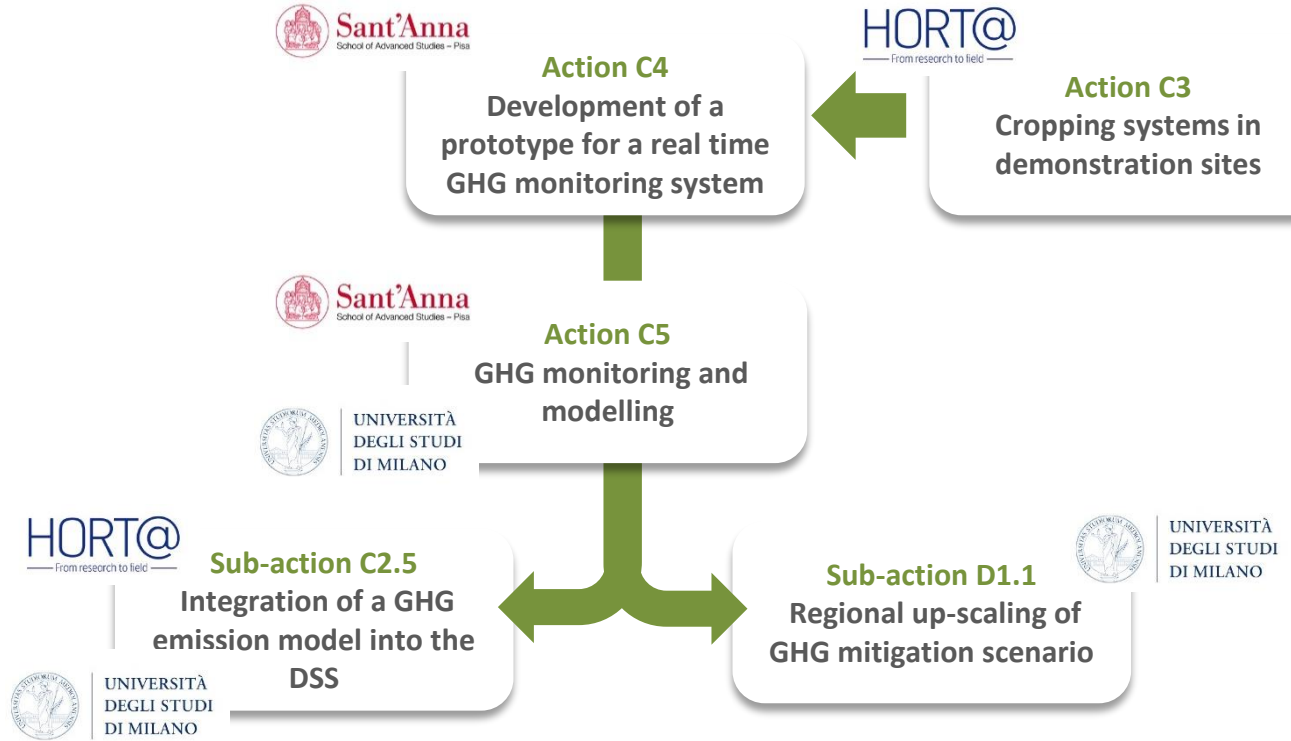


A livello globale il suolo è responsabile del 60% delle emissioni di N_2O (Svakila e Kreeze, 2011)

In Italia circa il 50% delle emissioni di N_2O ha origine dai suoli agricoli (ISPRA 2016)

MONITORAGGIO E MODELLAZIONE FLUSSI DI GAS SERRA DAL SUOLO

LE AZIONI DI AGRESTIC

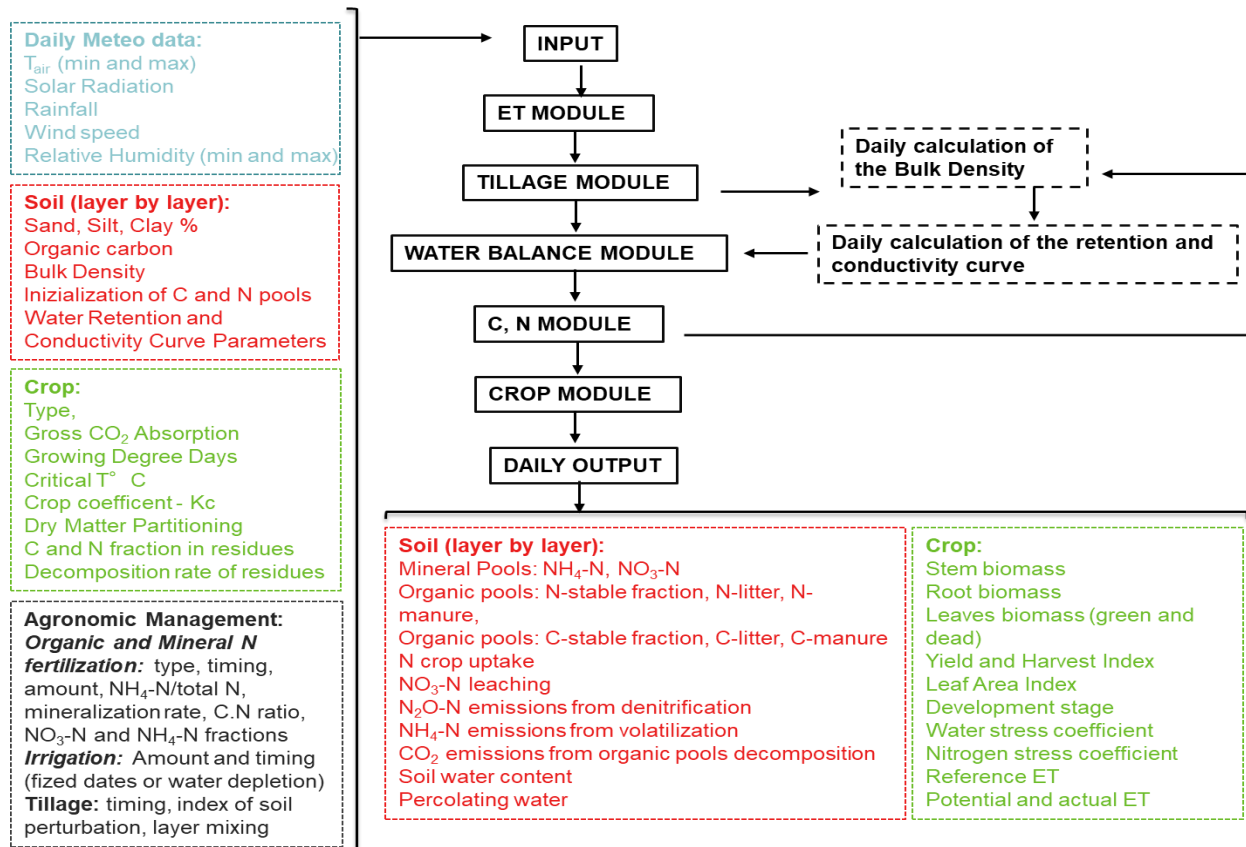


MODELLAZIONE DEI FLUSSI DI N₂O E DELLA RESPIRAZIONE ETEROTROFA

	ECS Plot 1	CCS Plot 2	ECS Plot 3	CCS Plot 4	ECS Plot 5	CCS Plot 6	ECS Plot 7	CCS Plot 8
Anno 0	Frumento	Frumento	Frumento	Frumento	Frumento	Frumento	Frumento	Frumento
Anno 1	Frumento duro + medica	Pomodoro	Frumento duro + medica	Mais	Pisello	Frumento	Pomodoro	Frumento
Anno 2	Pisello	Frumento	Pomodoro	Frumento	Frumento duro + medica	Maize	Frumento duro + medica	Pomodoro
Anno 3	Frumento duro + medica	Mais	Frumento duro + medica	Pomodoro	Pomodoro	Frumento	Pisello	Frumento
Anno 4	Pomodoro	Frumento	Soia	Frumento	Frumento duro + medica	Pomodoro	Frumento duro + medica	Mais

MODELLAZIONE DEI FLUSSI DI N₂O E DELLA RESPIRAZIONE ETEROTROFICA

ARMOSA CROPPING SYSTEM MODEL (Perego et al., 2013)



Dynamic process-based model:

- Daily time-step simulation
- Field scale
- Agronomic management simulation
- Crop rotation simulation

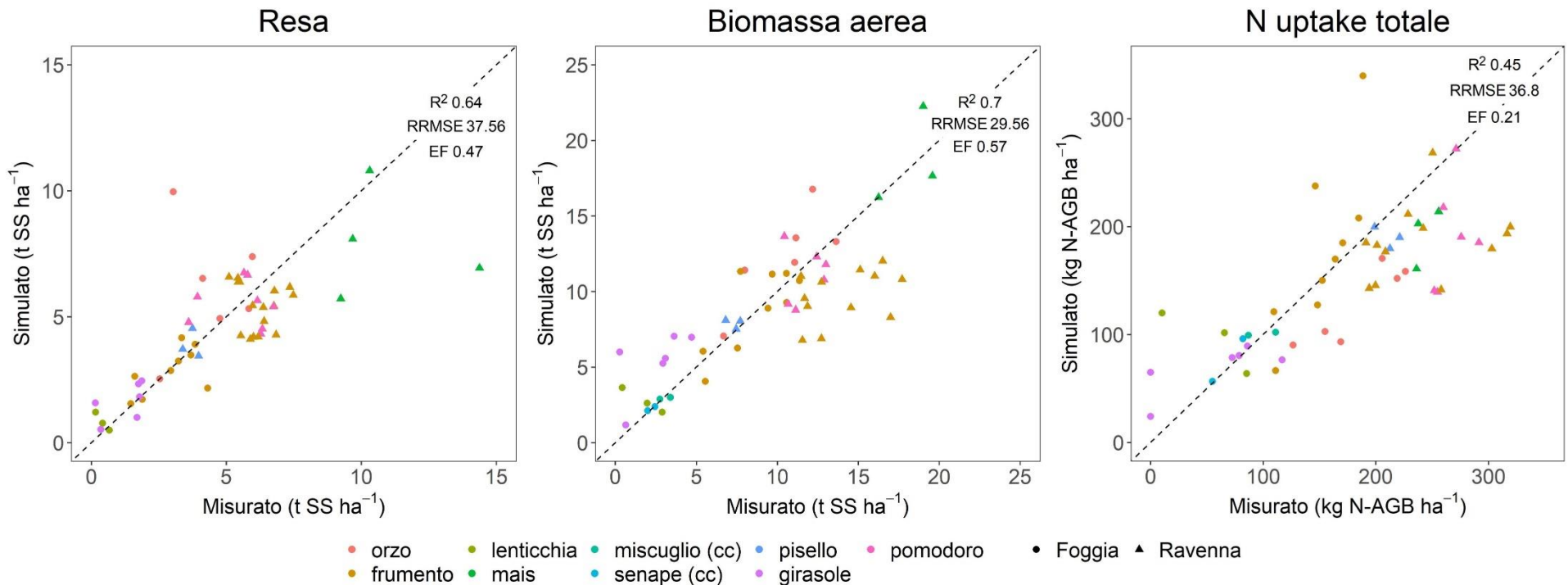
Soil C and N dynamics module:

- Microbial biomass implicit approach
- Mineralization (SOIL-N)
- Nitrification (SOIL-N)
- Denitrification (APSIM)

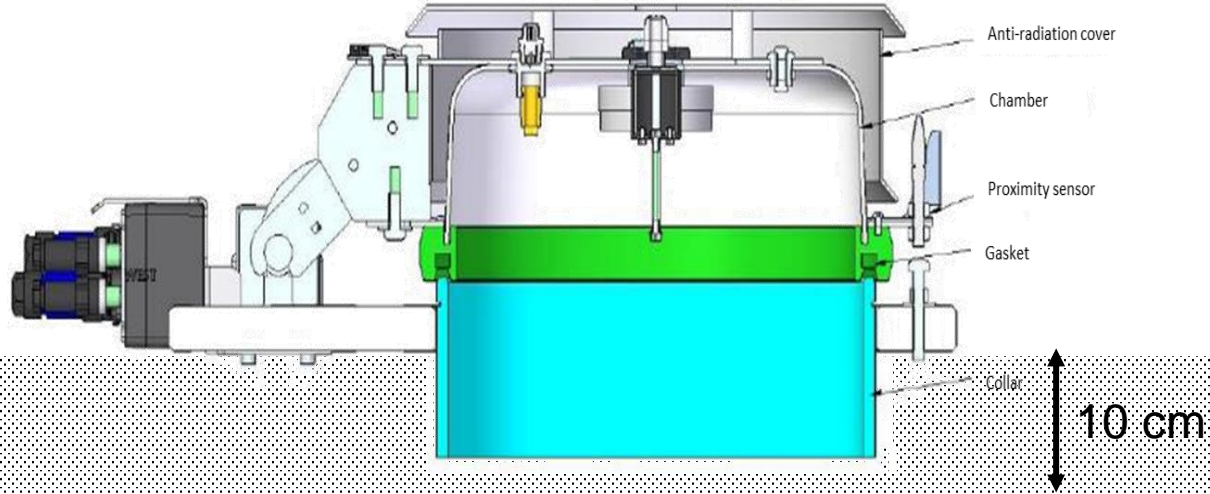
MODELLAZIONE DEI FLUSSI DI N₂O E DELLA RESPIRAZIONE ETEROTROFICA

Da Franco Limoso a Franco Limo Argilloso											
CCS						ECS					
Plot	Profondità (m)	Sabbia (%)	Argilla (%)	Densità apparente (t m ⁻³)	Carbonio Organico (%)	Plot	Profondità (m)	Sabbia (%)	Argilla (%)	Densità apparente (t m ⁻³)	Carbonio Organico (%)
2	0.55	15	27	1.38	0.82	1	0.55	15	25	1.48	0.84
	0.75	11	40	1.38	0.75		0.75	11	40	1.48	0.75
	1.05	15	34	1.38	0.70		1.05	15	34	1.48	0.70
	1.4	17	26	1.38	0.57		1.4	17	26	1.48	0.57
4	0.55	11	33	1.34	0.86	3	0.55	15	29	1.65	0.79
	0.75	11	40	1.34	0.75		0.75	11	40	1.65	0.75
	1.05	15	34	1.34	0.70		1.05	15	34	1.65	0.70
	1.4	17	26	1.34	0.57		1.4	17	26	1.65	0.57
6	0.55	9	32	1.40	0.82	5	0.55	9	31	1.34	0.81
	0.75	11	40	1.40	0.75		0.75	11	40	1.34	0.75
	1.05	15	34	1.40	0.70		1.05	15	34	1.34	0.70
	1.4	17	26	1.40	0.57		1.4	17	26	1.34	0.57
8	0.55	7	31	1.36	0.79	7	0.55	13	27	1.33	0.79
	0.75	11	40	1.36	0.75		0.75	11	40	1.33	0.75
	1.05	15	34	1.36	0.70		1.05	15	34	1.33	0.70
	1.4	17	26	1.36	0.57		1.4	17	26	1.33	0.57

CALIBRAZIONE DEL MODELLO IN FUNZIONE DELLE RESE, DELLA BIOMASSA AEREA E DELL'UPTAKE DI AZOTO

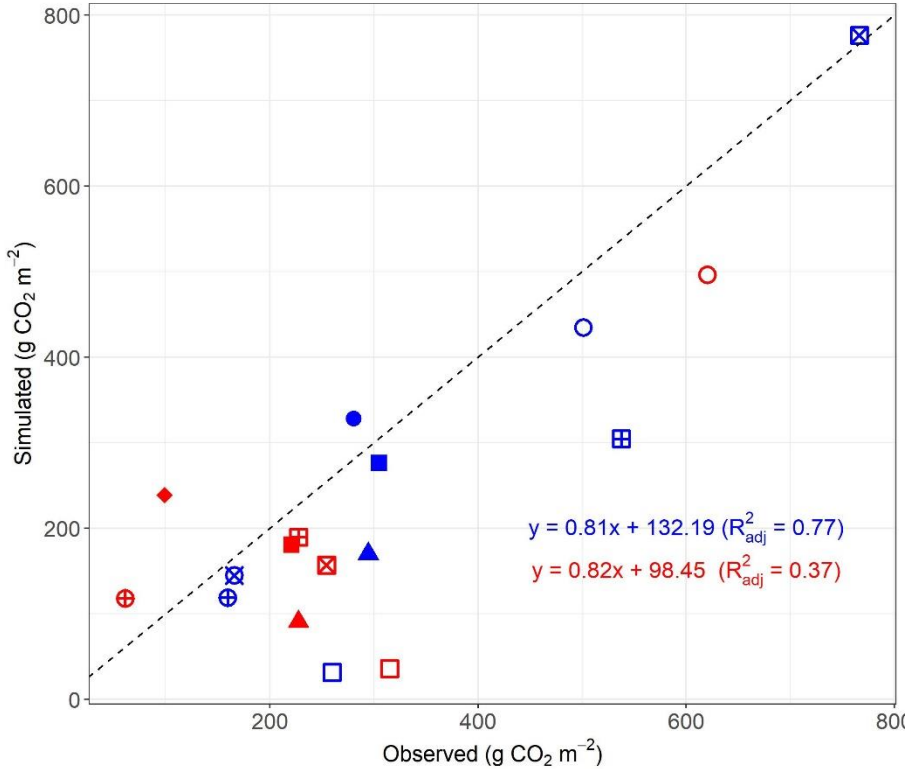


CALIBRAZIONE E VALIDAZIONE DEL MODELLO RISPETTO AI FLUSSI MISURATI DI CO₂ e N₂O



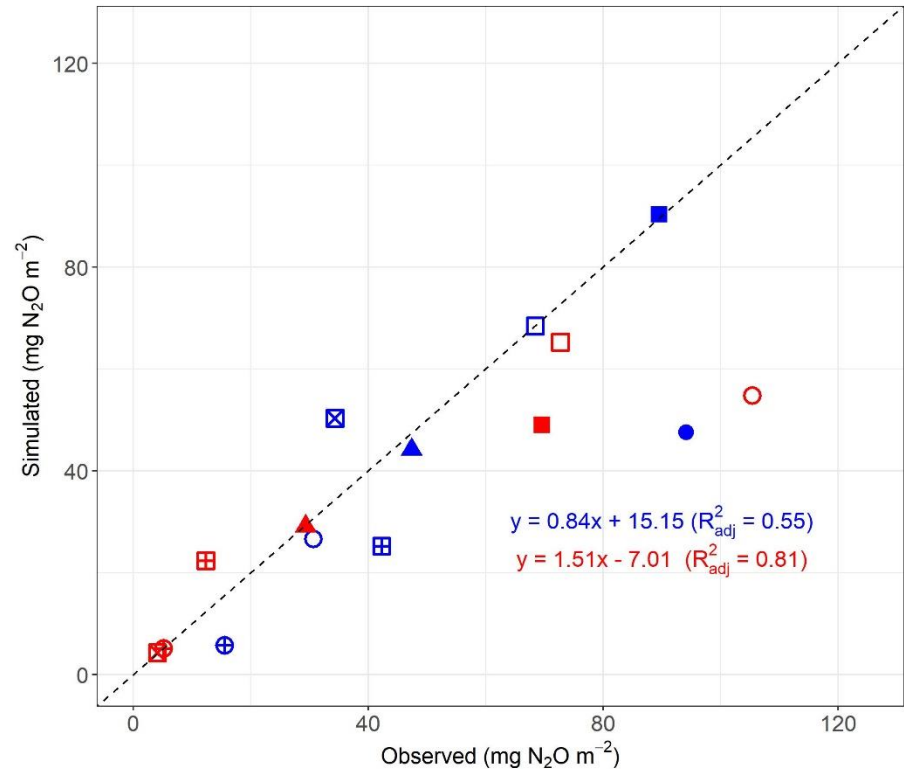
CALIBRAZIONE E VALIDAZIONE DEL MODELLO RISPETTO ALLE CUMULATE PERIODICHE DEI FLUSSI MISURATI DI CO₂ e N₂O

Carbon dioxide cumulated emissions



- ⊠ Bare soil (1) ⊠ Bare soil (3) ⊠ Bare soil (5) □ Wheat (2) ▲ Tomato
- Bare soil (2) ⊕ Bare soil (4) ■ Wheat (1) ● Maize ◆ Pea

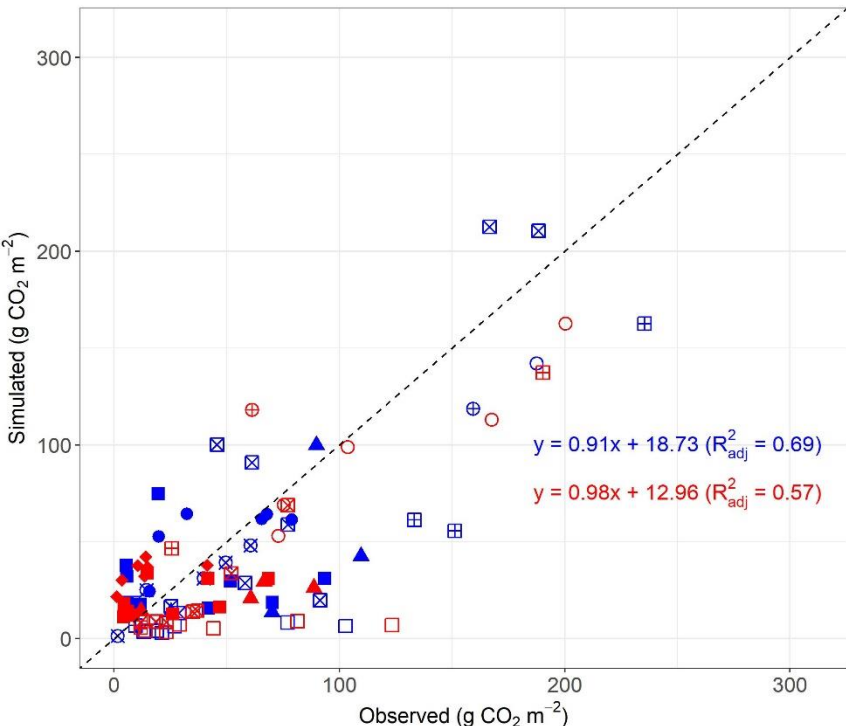
Nitrous oxide cumulated emissions



- Bare soil (2) ⊕ Bare soil (4) ■ Wheat (1) ● Maize
- ⊠ Bare soil (3) ⊠ Bare soil (5) □ Wheat (2) ▲ Tomato

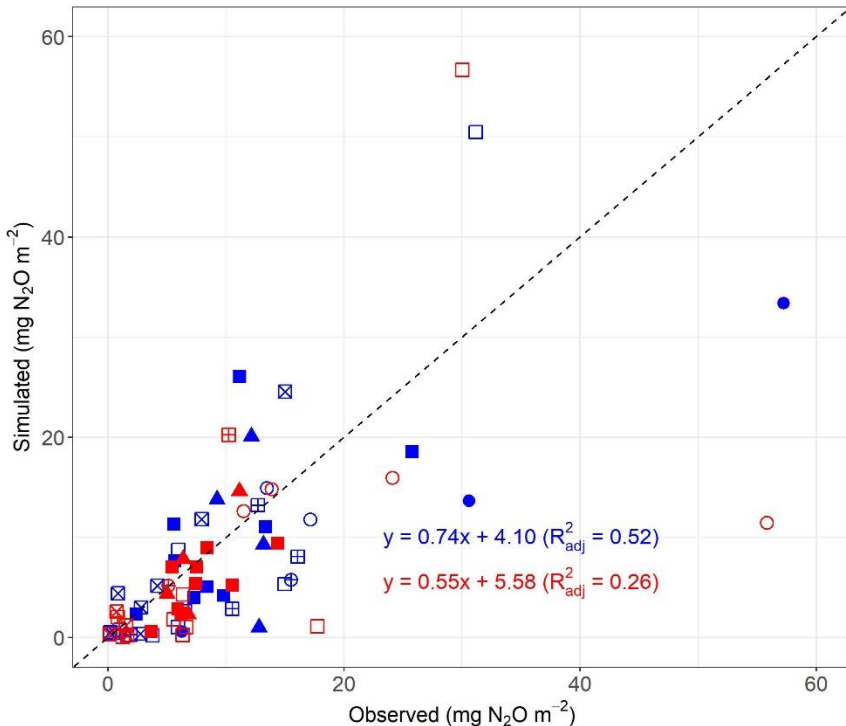
CALIBRAZIONE E VALIDAZIONE DEL MODELLO RISPETTO ALLE CUMULATE MENSILI DEI FLUSSI MISURATI DI CO₂ e N₂O

Carbon dioxide cumulative monthly emissions



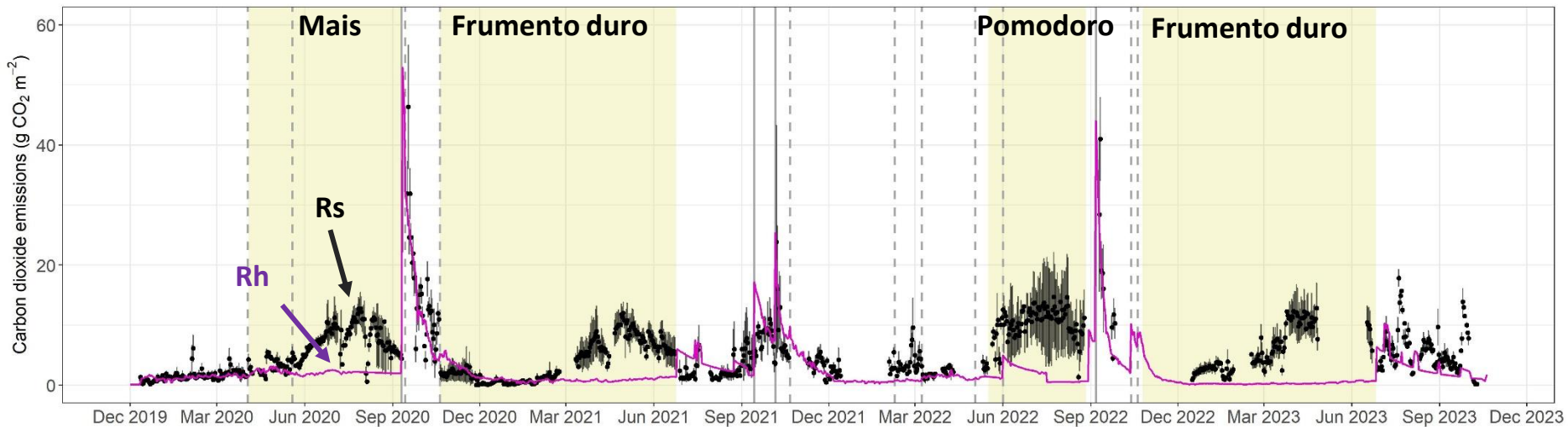
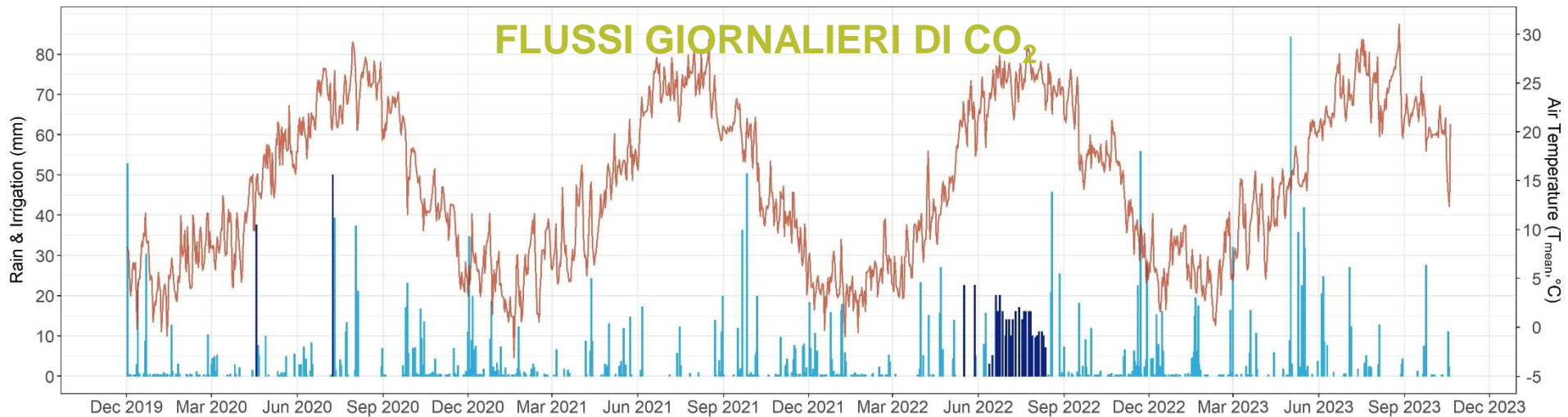
- ⊗ Bare soil (1) ⊗ Bare soil (3) ⊞ Bare soil (5) □ Wheat (2) ▲ Tomato
- Bare soil (2) ⊕ Bare soil (4) ■ Wheat (1) ● Maize ◆ Pea

Nitrous oxide cumulative monthly emissions

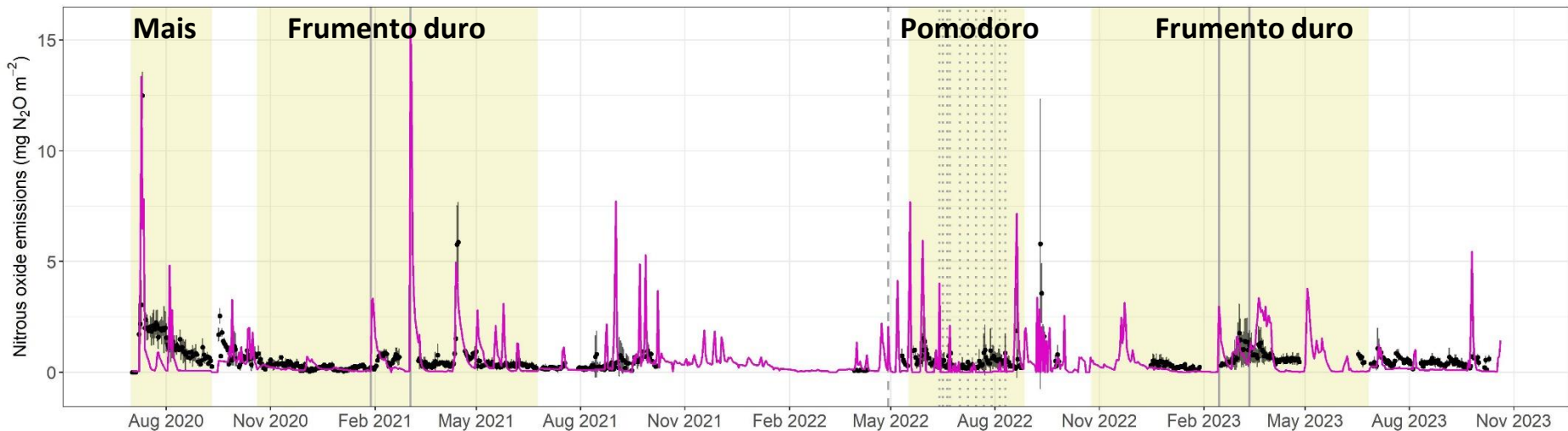
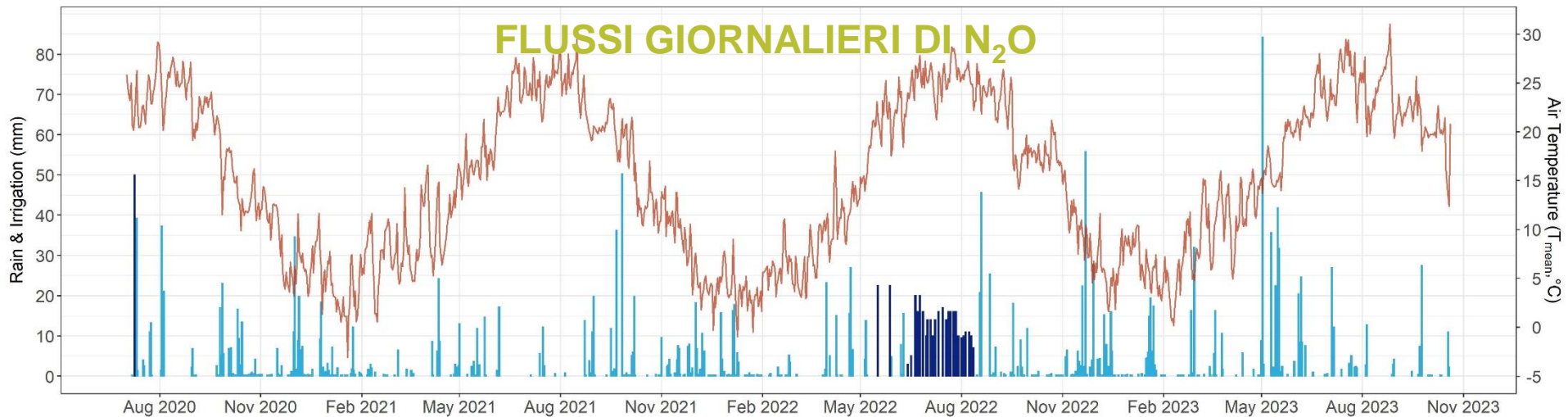


- Bare soil (2) ⊕ Bare soil (4) ■ Wheat (1) ● Maize
- ⊗ Bare soil (3) ⊞ Bare soil (5) □ Wheat (2) ▲ Tomato

FLUSSI GIORNALIERI DI CO₂

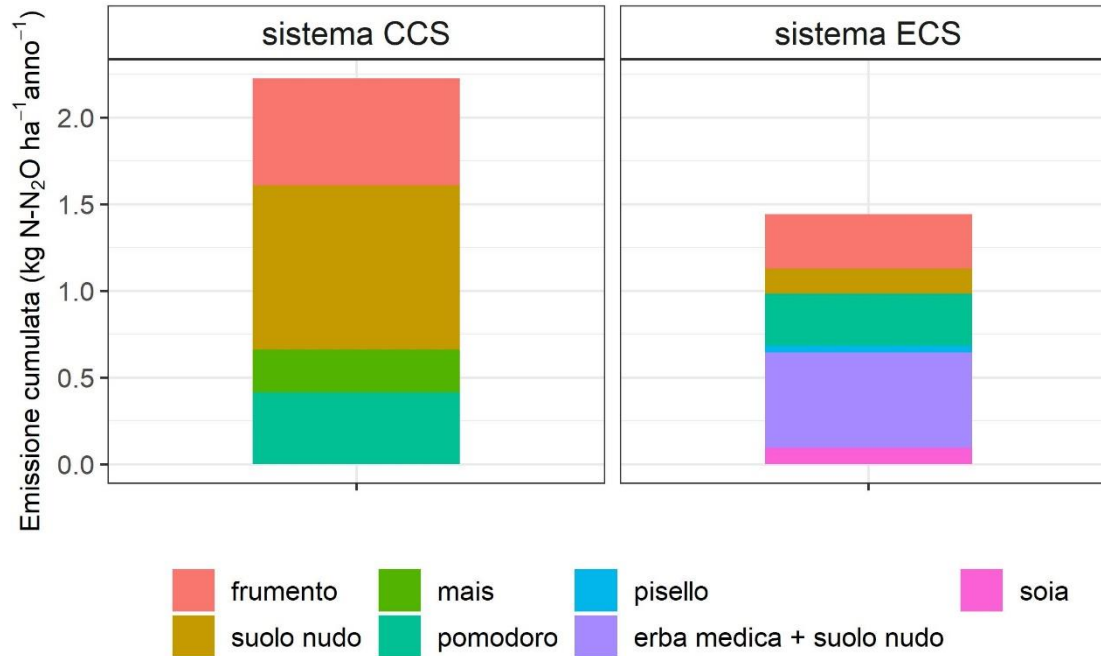


FLUSSI GIORNALIERI DI N₂O

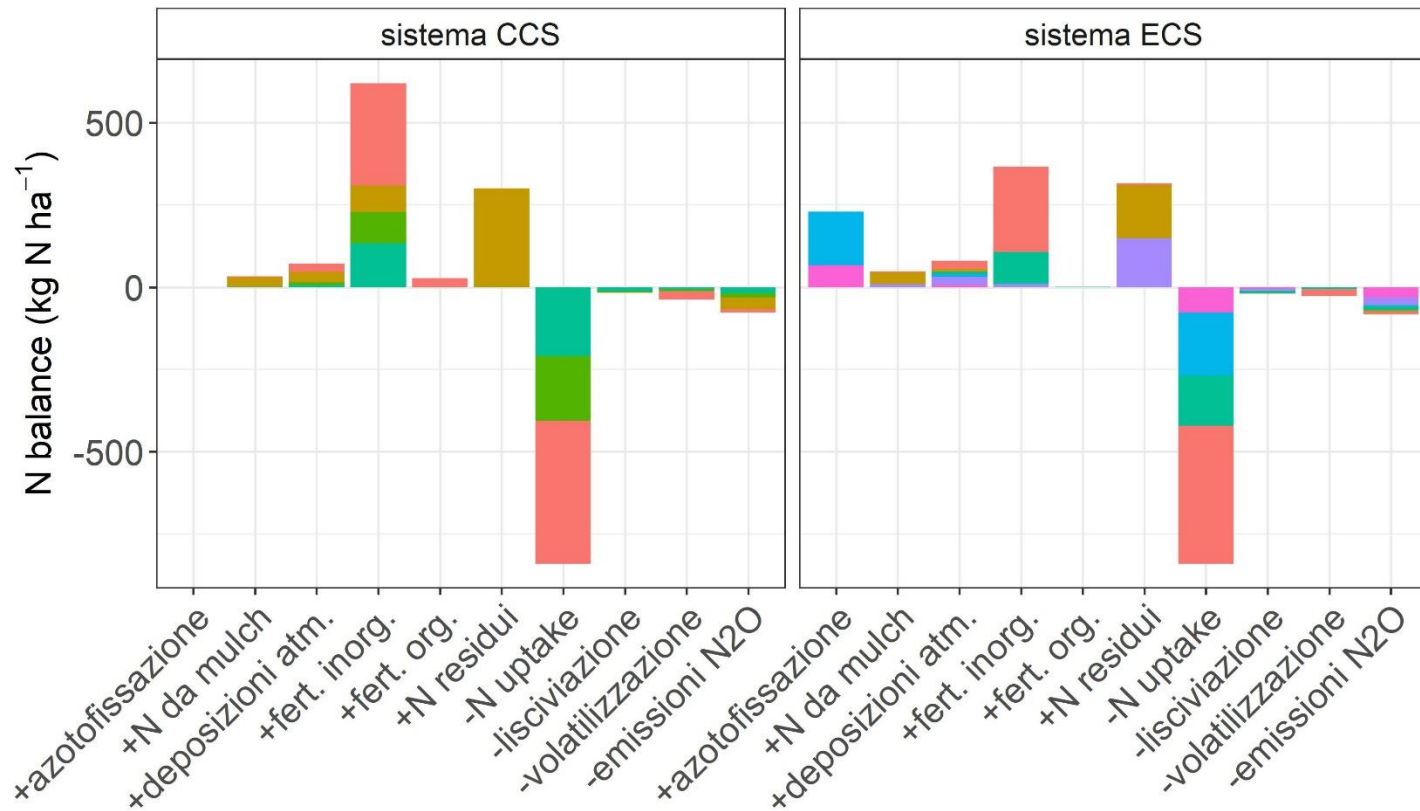


EMISSIONI DI N₂O E BILANCIO DELL'AZOTO A RAVENNA

Emissioni di protossido di azoto (RAVENNA)



Bilancio dell'azoto



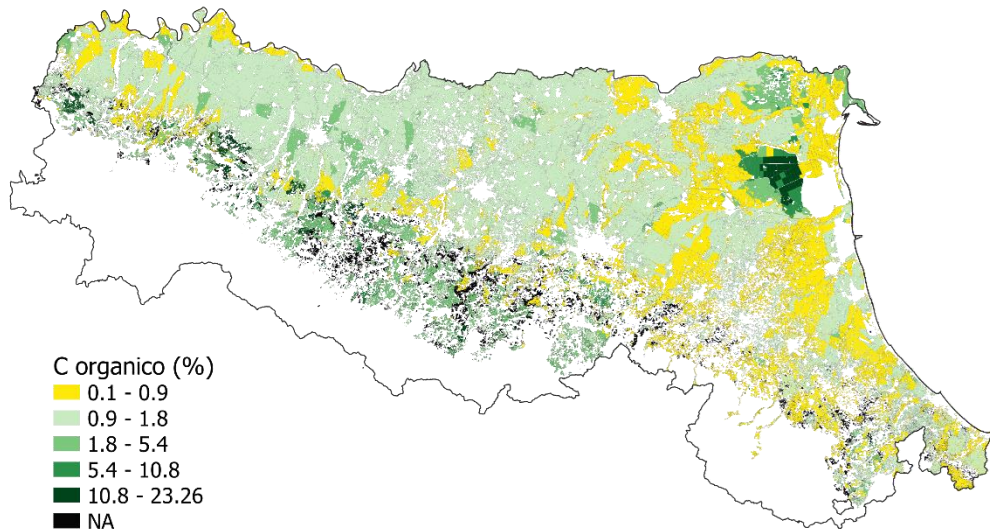
SIMULAZIONI DELLE EMISSIONI DI N₂O A SCALA TERRITORIALE

IL SUOLO - SOC

Identificazione di classi di suolo rappresentative a partire dalla carta dei suoli 1:50.000 e dalla carta di uso del suolo della regione Emilia-Romagna.

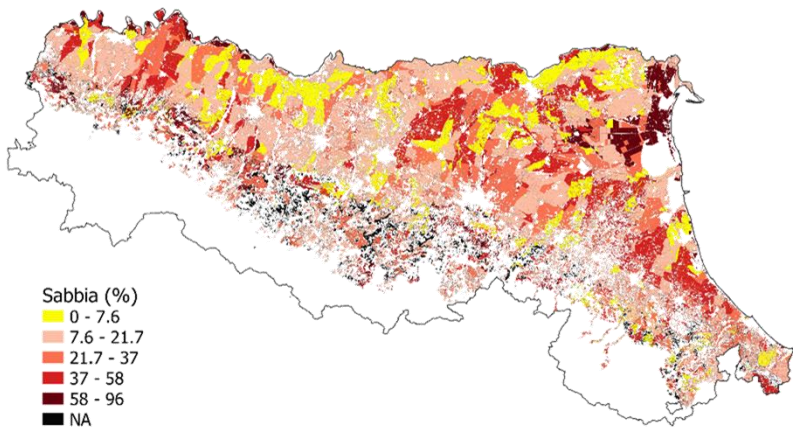
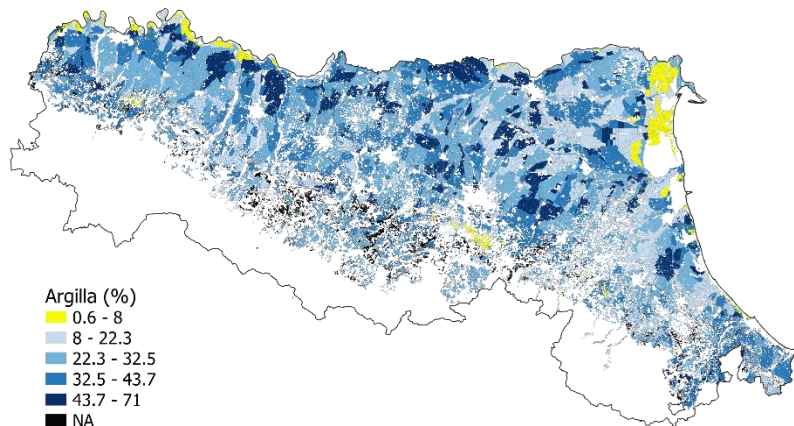
Classificazione automatica delle UC

	Profondità <45 cm	Profondità >45 cm	
Classi SOC	SOC (%)	SOC (%)	Densità apparente (t m ⁻³)
I	0.97	0.58	1.47
h	1.84	1.11	1.42
O	10.76	7.54	0.76



SIMULAZIONI DELLE EMISSIONI DI N₂O A SCALA TERRITORIALE

IL SUOLO - TESSITURA

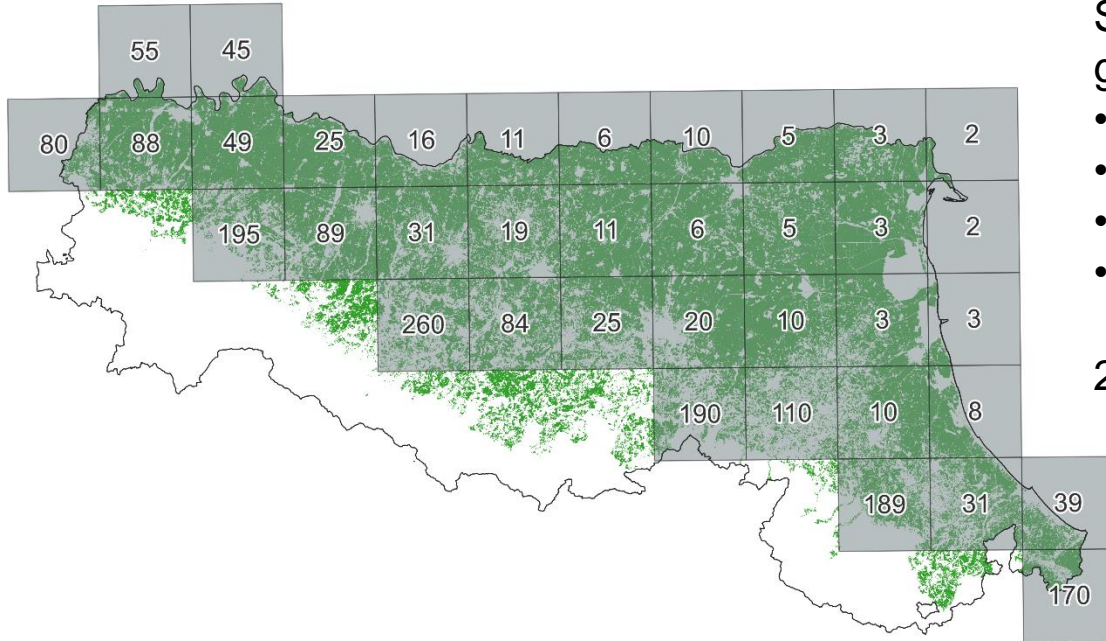


Complessivamente sono state individuate 20 classi di suolo

Classe tessitura	< 45 cm		> 45 cm		Classi SOC
	Sabbia	Argilla	Sabbia	Argilla	
C	13.9	53.7	13.3	55.2	l, h, O
CL	22.5	34.8	23.1	36	l, h, O
L	36.7	21.6	38.7	20.8	l, h, O
SaL	71.4	9.9	81.5	6.7	l, h, O
SiC	8	44.3	7	47.2	l, h, O
SiCL	15.1	31.3	13.7	30.7	l, h, O
SiL	8.8	25.8	7.6	26	l, h

SIMULAZIONI DELLE EMISSIONI DI N₂O A SCALA TERRITORIALE

IL DATO METEO



Serie storica (1979-2022) di dati meteo giornalieri AGRI4CAST a 25 km relativi a:

- T max
- T min
- Pioggia
- ET0

27 celle con quota < 300 m slm

SIMULAZIONI DELLE EMISSIONI DI N₂O A SCALA TERRITORIALE

SISTEMI COLTURALI – ROTAZIONE, SEMINA E RACCOLTA

CCS	ANNO 1	ANNO 2	ANNO 3	ANNO 4
COLTURA	Mais	Frumento duro	Pomodoro	Frumento duro
SEMINA (DOY)	92	295	116	295
RACCOLTA (DOY [BBCH])	274 [90]	195 [90]	265 [90]	195 [90]

ECS	ANNO 1	ANNO 2	ANNO 3	ANNO 4
COLTURA	Pisello	Frumento duro/medica	Pomodoro	Frumento duro/medica
SEMINA (DOY)	328	295	116	295
RACCOLTA (DOY [BBCH])	188 [90]	195 [90]	265 [90]	195 [90]

SIMULAZIONI DELLE EMISSIONI DI N₂O A SCALA TERRITORIALE

SISTEMI COLTURALI – CONCIMAZIONE AZOTATA

CCS	ANNO 1	ANNO 2	ANNO 3	ANNO 4
COLTURA	Mais	Frumento duro	Pomodoro	Frumento duro
CONC. FONDO	83 kgN		60 kgN	
CONC. COPERTURA [BBCH]	125 kgN [31 -35]	64 kgN [21-25] 92 kgN [33-38]	18 kgN (4.5 kgN/5gg) [35-55]; 42 kgN (10.5 kgN/5gg) [56-75]; 18 kgN (6 kgN/7gg) [76-89];	64 kgN [21-25] 92 kgN [33-38]
TOTALE	208 KgN	156 KgN	138 KgN	156 kgN

ECS	ANNO 1	ANNO 2	ANNO 3	ANNO 4
COLTURA	Pisello	Frumento duro	Pomodoro	Frumento duro
CONC. FONDO			41.5 kgN	
CONC. COPERTURA [BBCH]		45.5 kgN [21-25] 84.5 kgN [33-38]	14 kgN (4.7 kgN/4gg) [35-46]; 24 kgN (12 kgN/6gg) [47-65]; 19 kgN (9.5 kgN/7gg) [66-75]; 4.5 kgN [76-79]; 5.5 kgN [80-89];	45.5 kgN [21-25] 84.5 kgN [33-38]
TOTALE		130 KgN	108.5 KgN	130 kgN

SIMULAZIONI DELL'EMISSIONI DI N₂O A SCALA TERRITORIALE

SISTEMI COLTURALI - IRRIGAZIONE

CCS	ANNO 1	ANNO 2	ANNO 3	ANNO 4
COLTURA	Mais	Frumento duro	Pomodoro	Frumento duro
IRRIGAZIONE [DOY]	45 mm [184]		389 mm 35 [132] 30 [143] 12 mm/3gg	

ECS	ANNO 1	ANNO 2	ANNO 3	ANNO 4
COLTURA	Pisello	Frumento duro	Pomodoro	Frumento duro
IRRIGAZIONE			Variabile (DDS) Reintegro automatico a soglia 50% SWC per profondità 30 cm, fino a un massimo di 35 mm	

SIMULAZIONI DELL'EMISSIONI DI N₂O A SCALA TERRITORIALE

SISTEMI COLTURALI – SETUP COMPLESSIVO

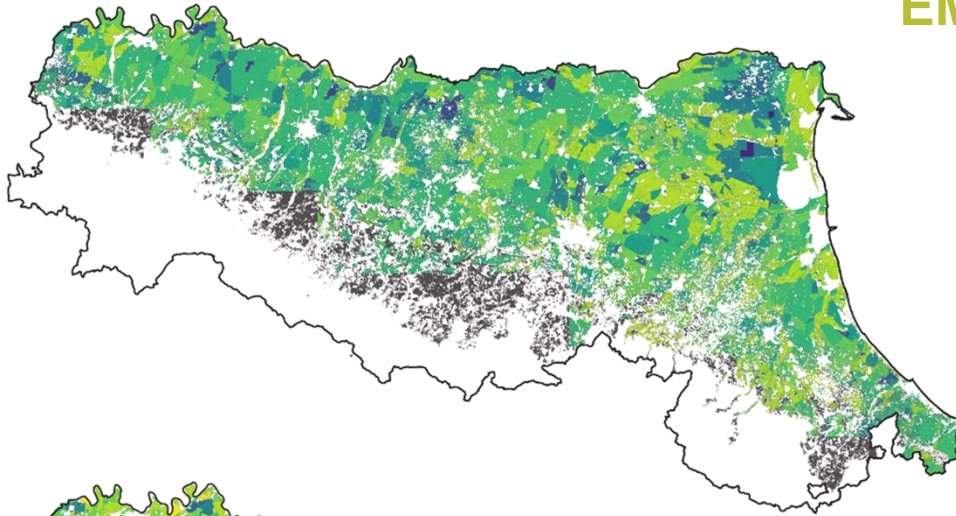
Start	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	...	2022
1979	M	F	P	F	M	F	P	F	M	F	P	...	
1980		M	F	P	F	M	F	P	F	M	F	...	
1981			M	F	P	F	M	F	P	F	M	...	
1982				M	F	P	F	M	F	P	F	...	

In totale sono state eseguite 4320 simulazioni secondo un disegno fattoriale

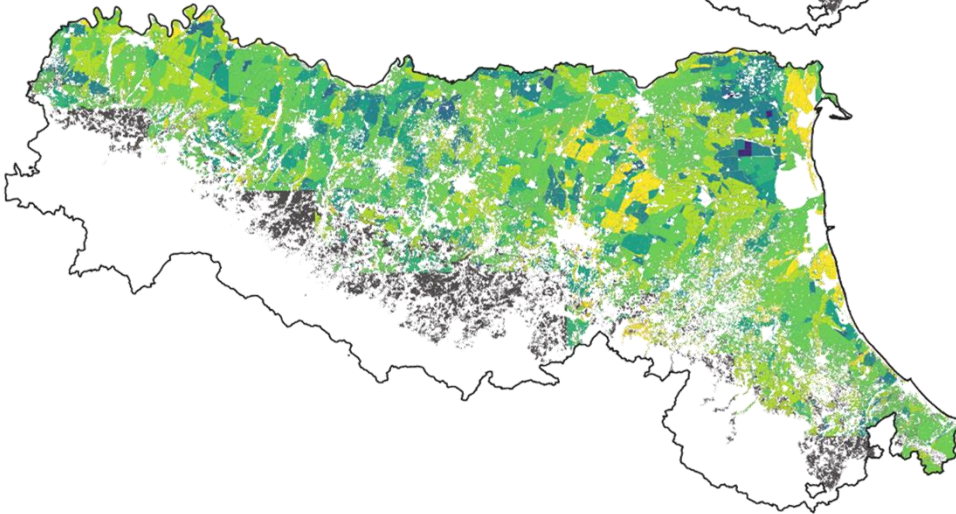
Suolo x Celle meteo x Sistema x (Start)

EMISSIONI DI N₂O-N (10 cm) IN EMILIA ROMAGNA

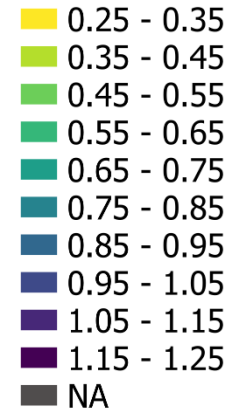
CCS

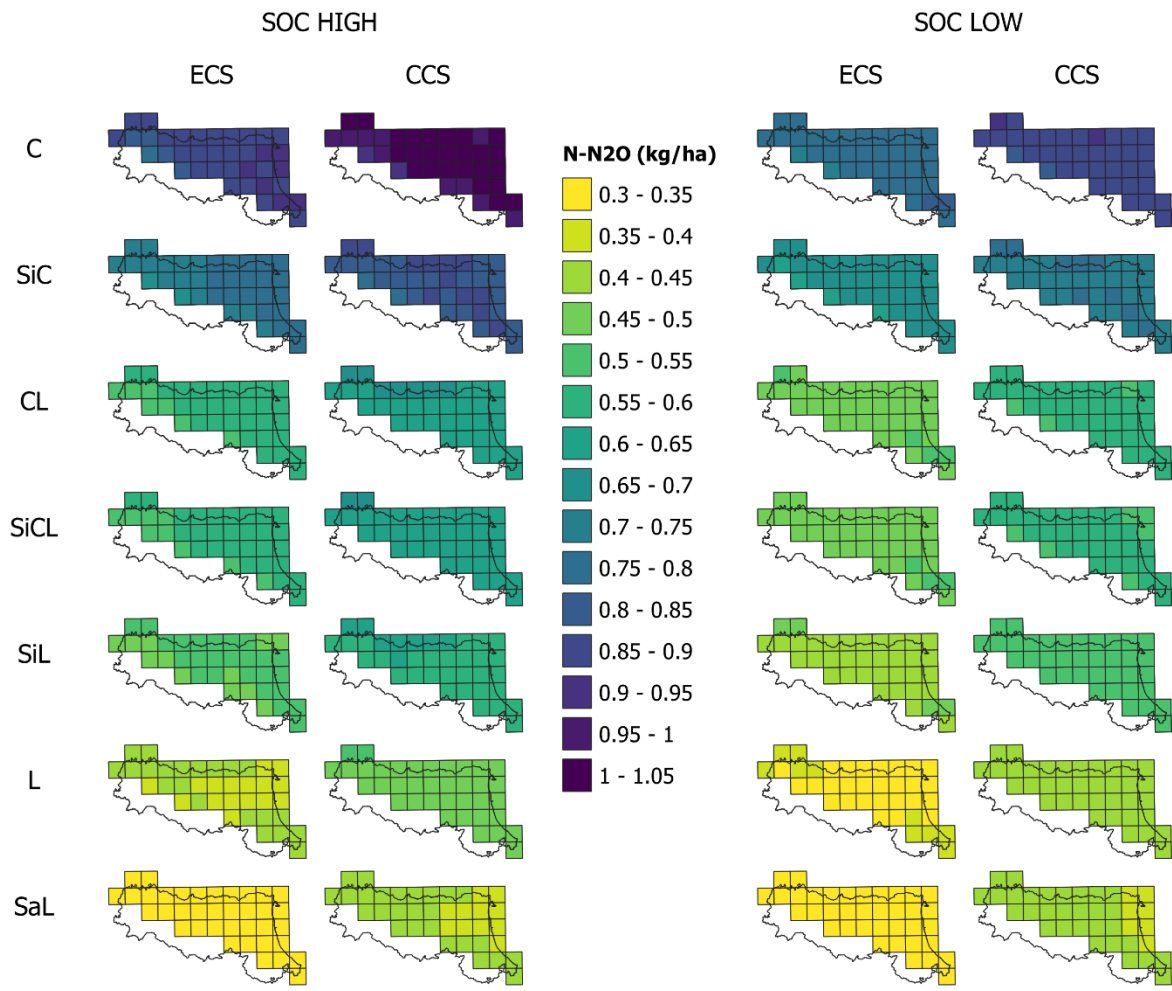


ECS

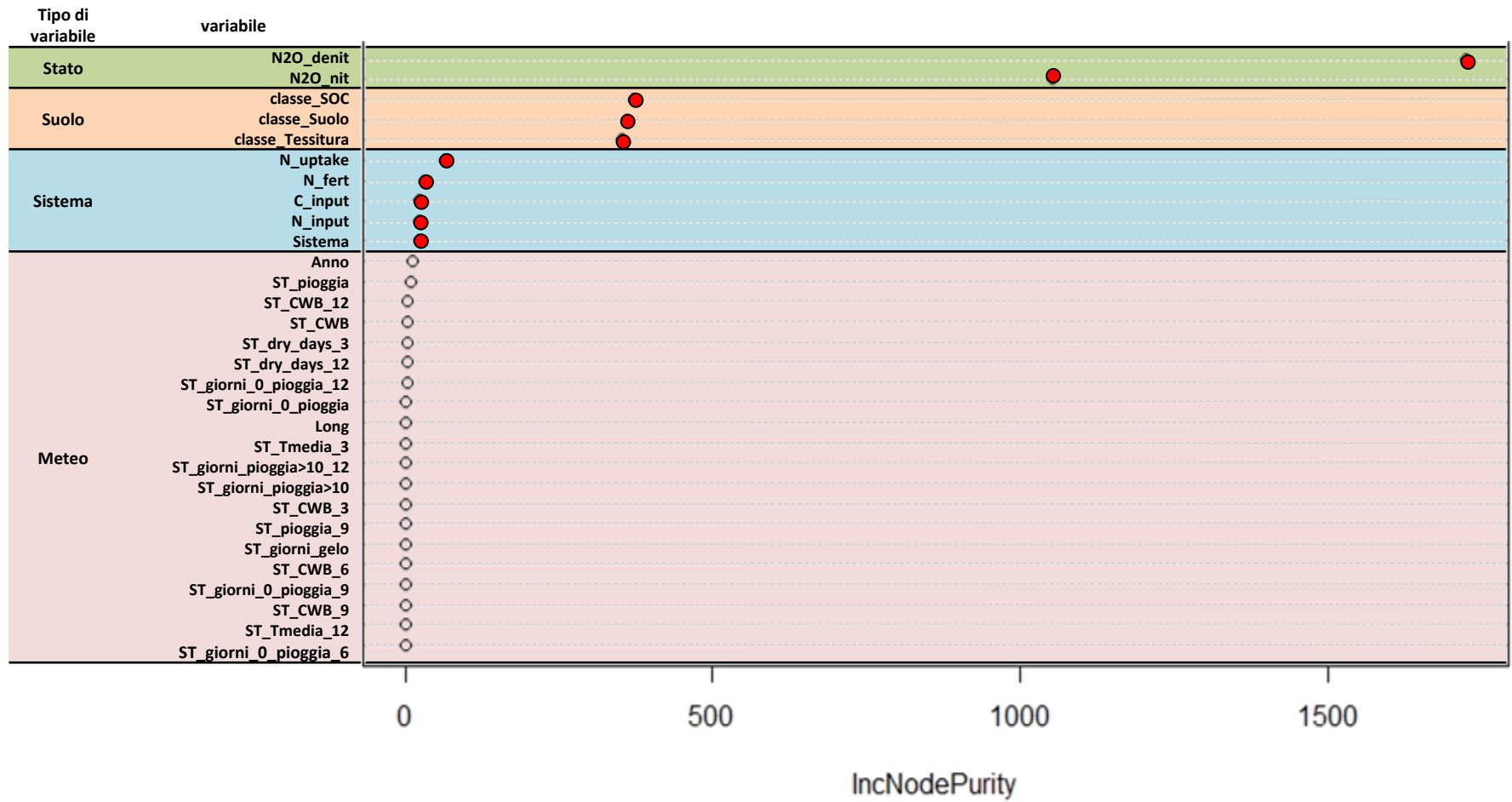


Emissioni N₂O-N (kg/ha/anno)

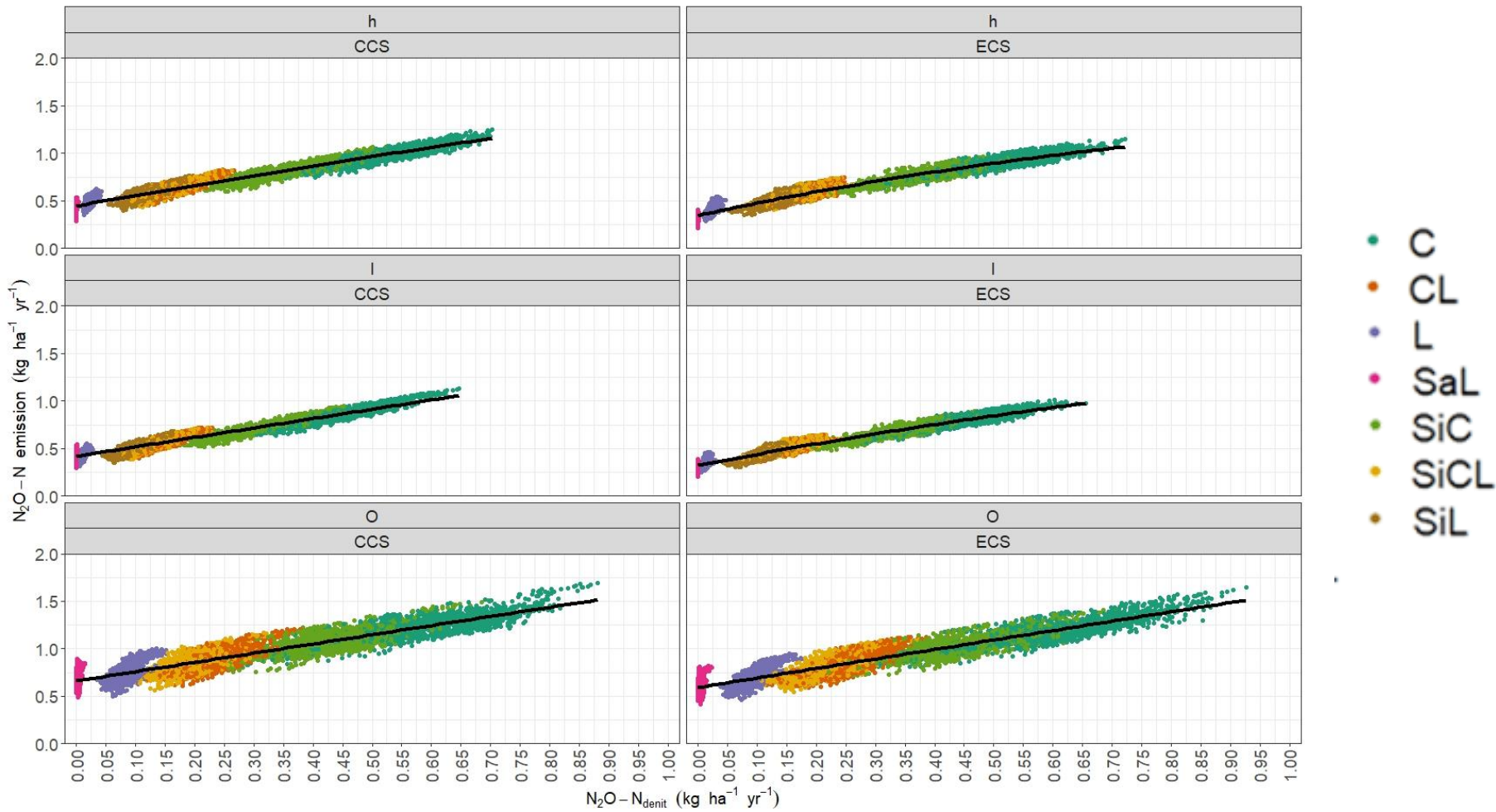




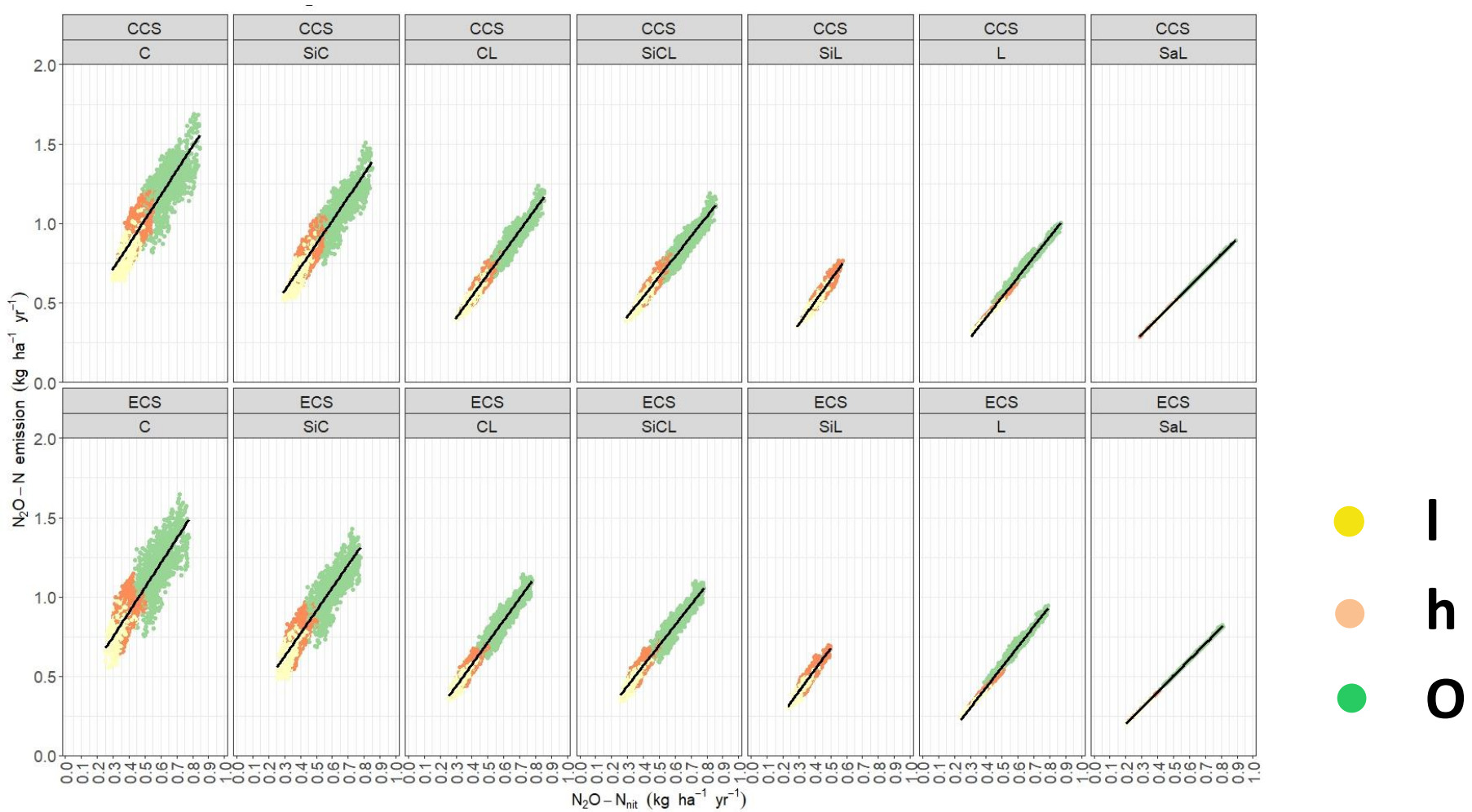
QUALI VARIABILI INFLUENZANO MAGGIORMANTE LE EMISSIONI DI N₂O?



EFFETTO DELLA DENITRIFICAZIONE SULLE EMISSIONI DI N₂O

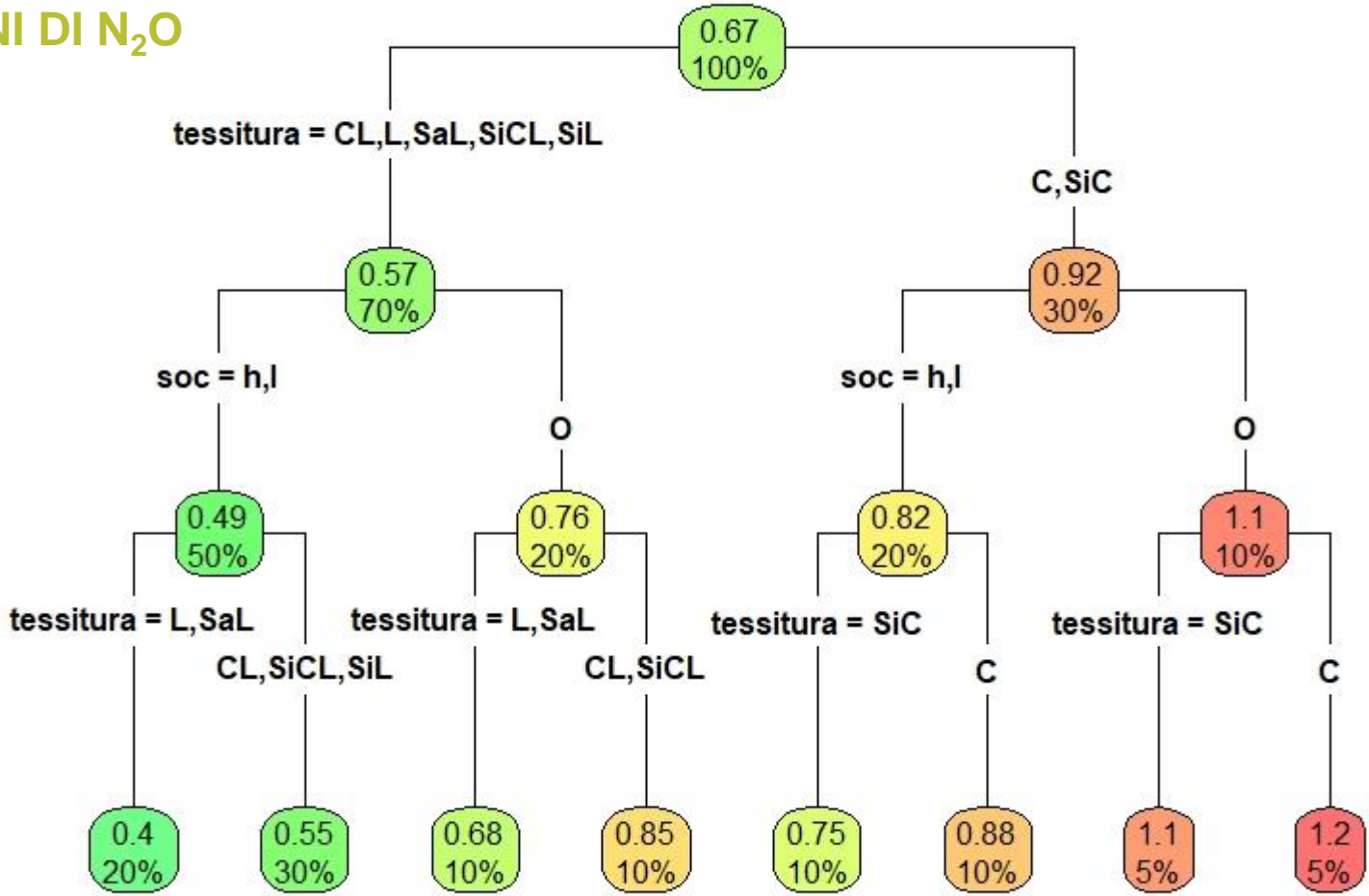


EFFETTO DELLA NITRIFICAZIONE SULLE EMISSIONI DI N₂O



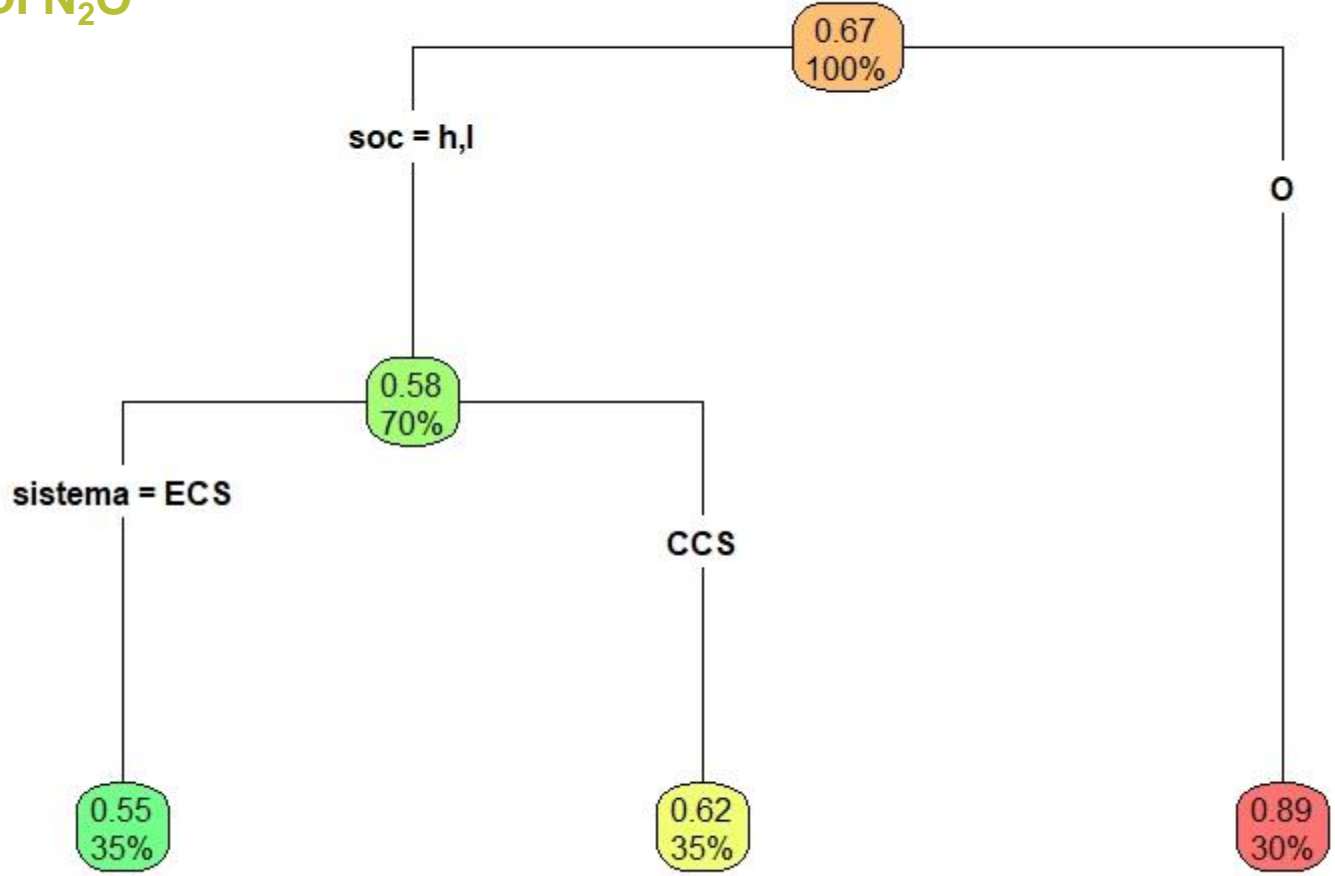
EFFETTO SUOLO X SISTEMA SULLE EMISSIONI DI N₂O

Tessitura 65%
SOC 35%
Sistema 0%



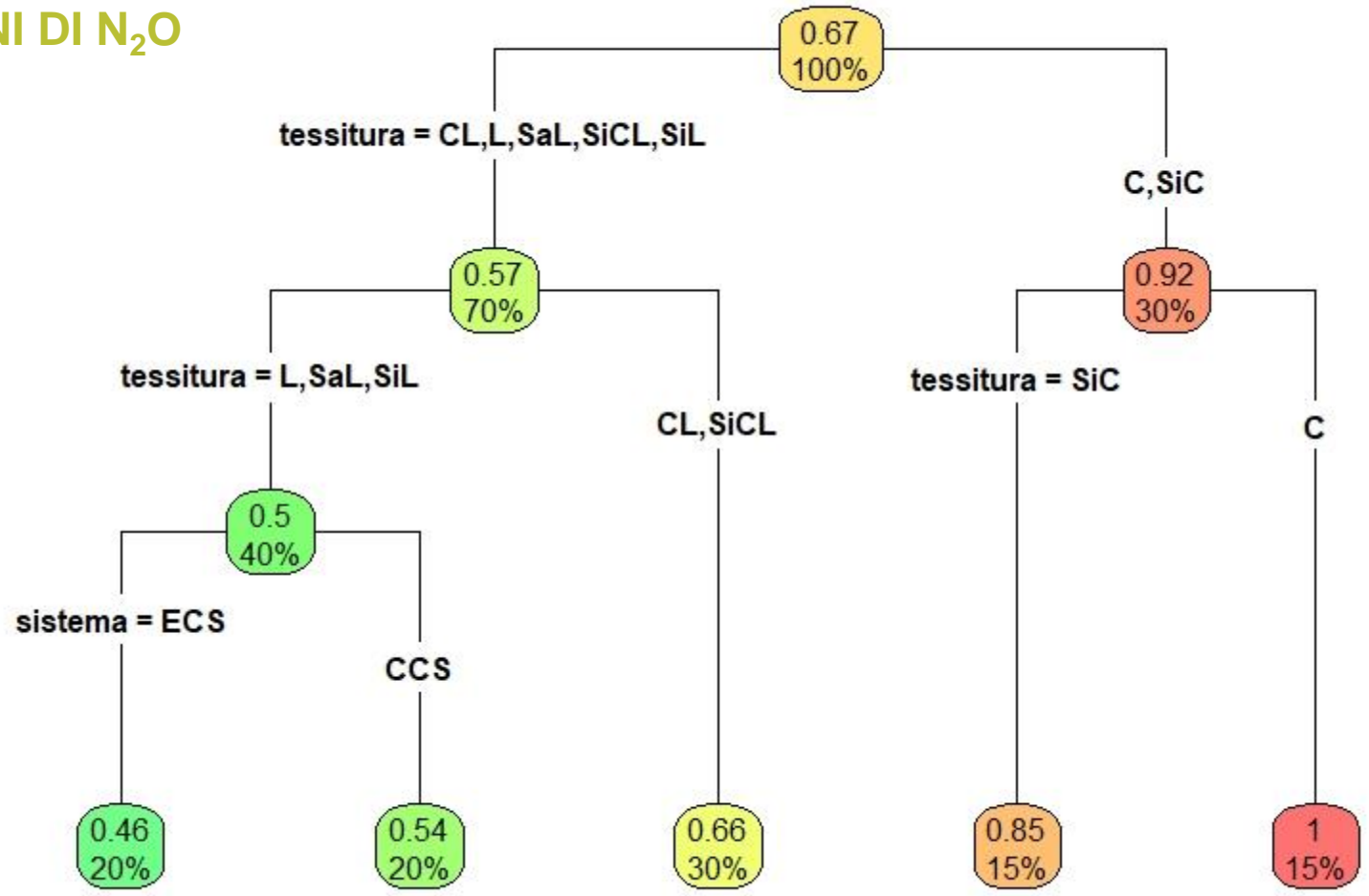
EFFETTO SOC X SISTEMA SULLE EMISSIONI DI N₂O

SOC 96%
Sistema 4%



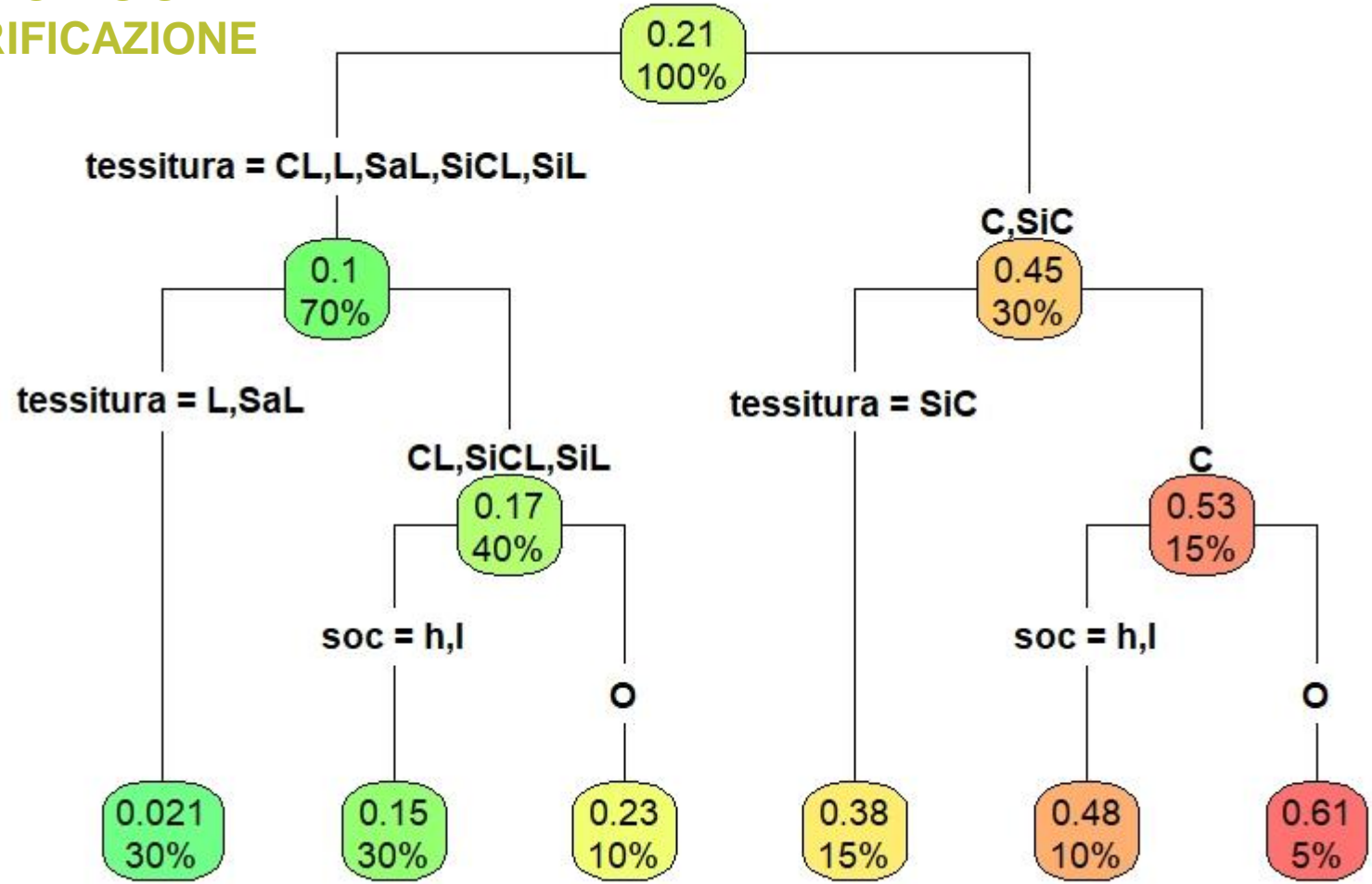
EFFETTO TESSITURA X SISTEMA SULLE EMISSIONI DI N₂O

Tessitura 98%
Sistema 2%



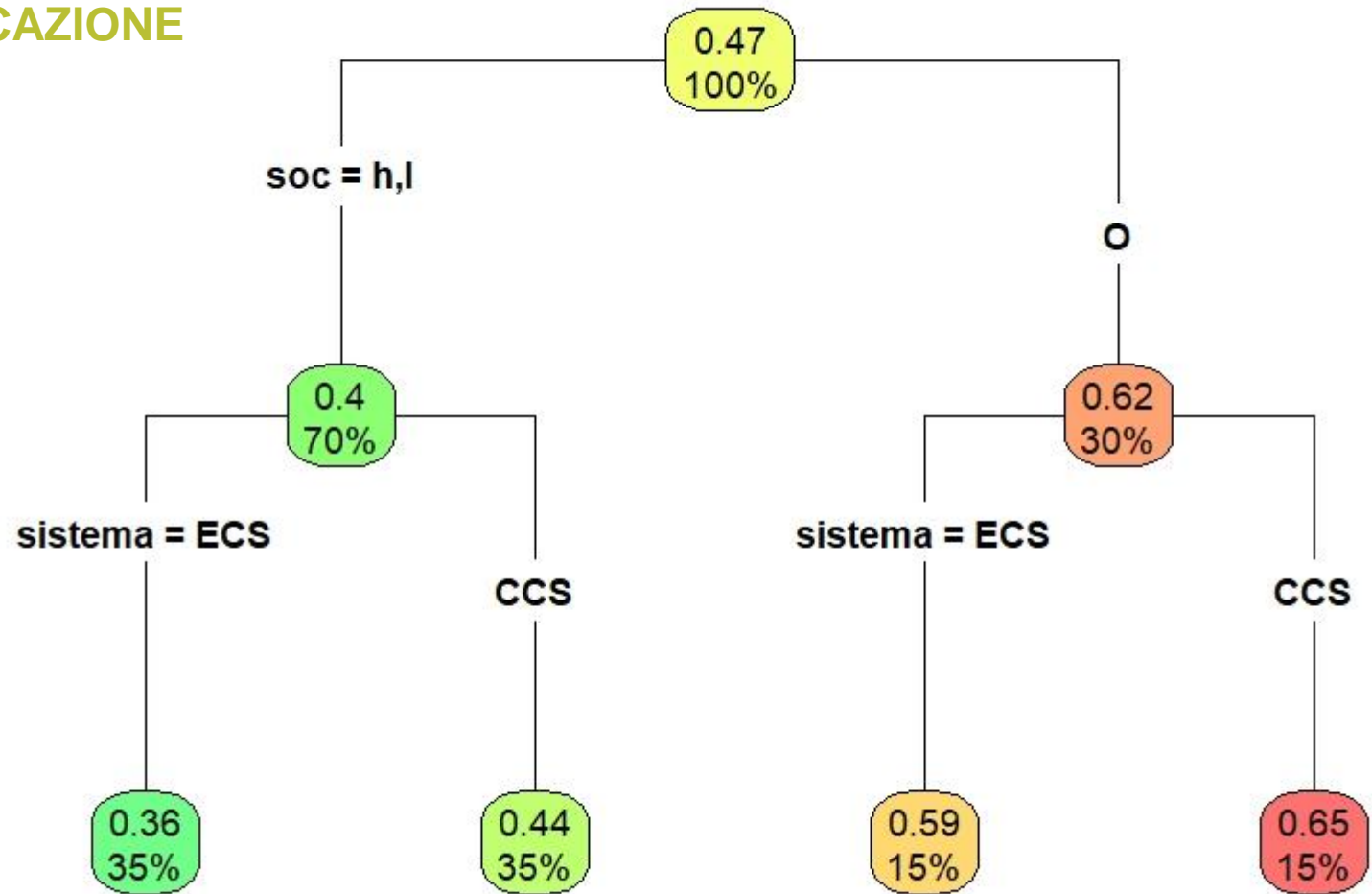
EFFETTO SUOLO X SISTEMA SULLA DENITRIFICAZIONE

Tessitura 97%
SOC 3%
Sistema 0%

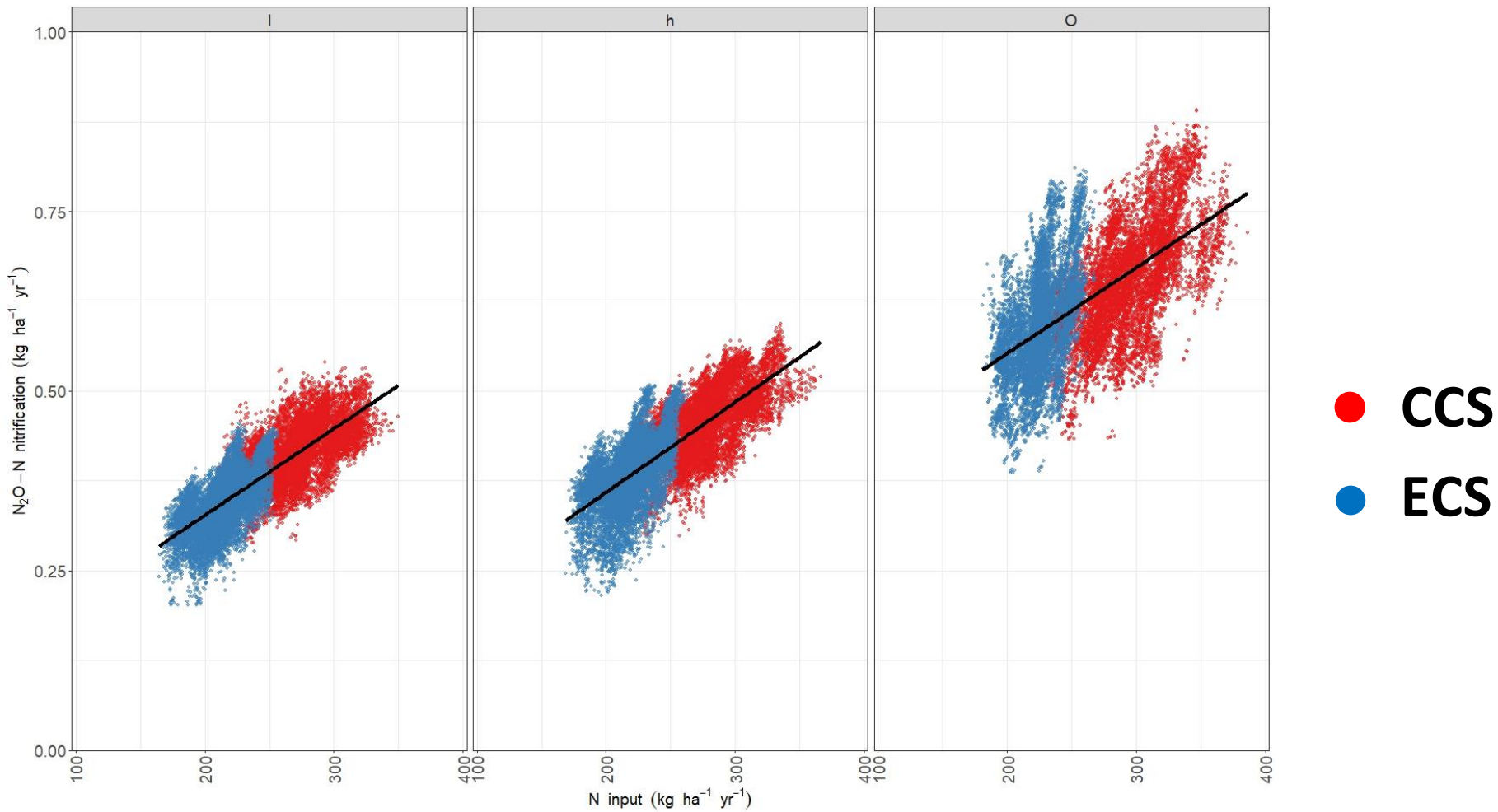


EFFETTO SUOLO X SISTEMA SULLA NITRIFICAZIONE

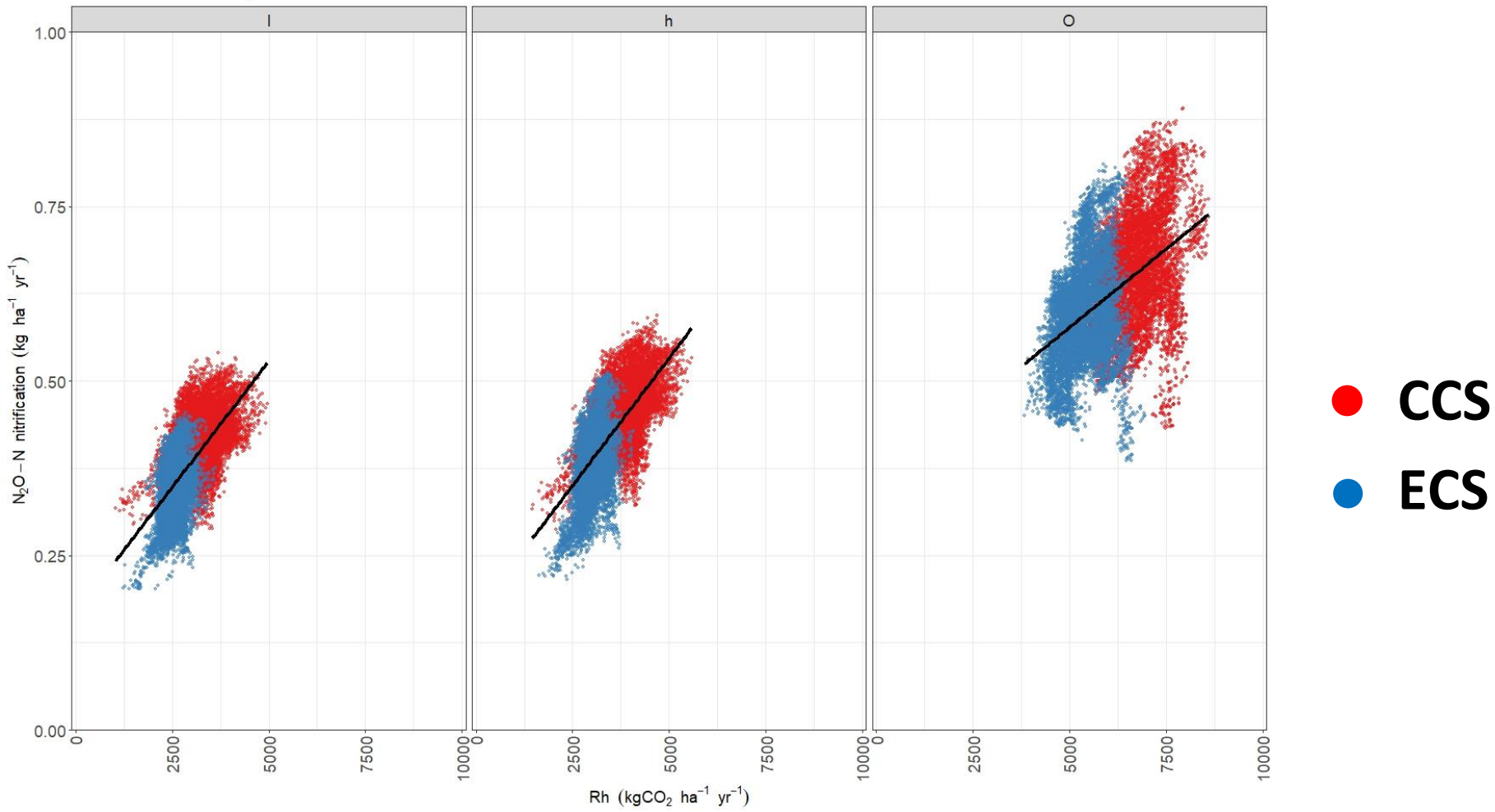
Tessitura 0%
SOC 89%
Sistema 11%



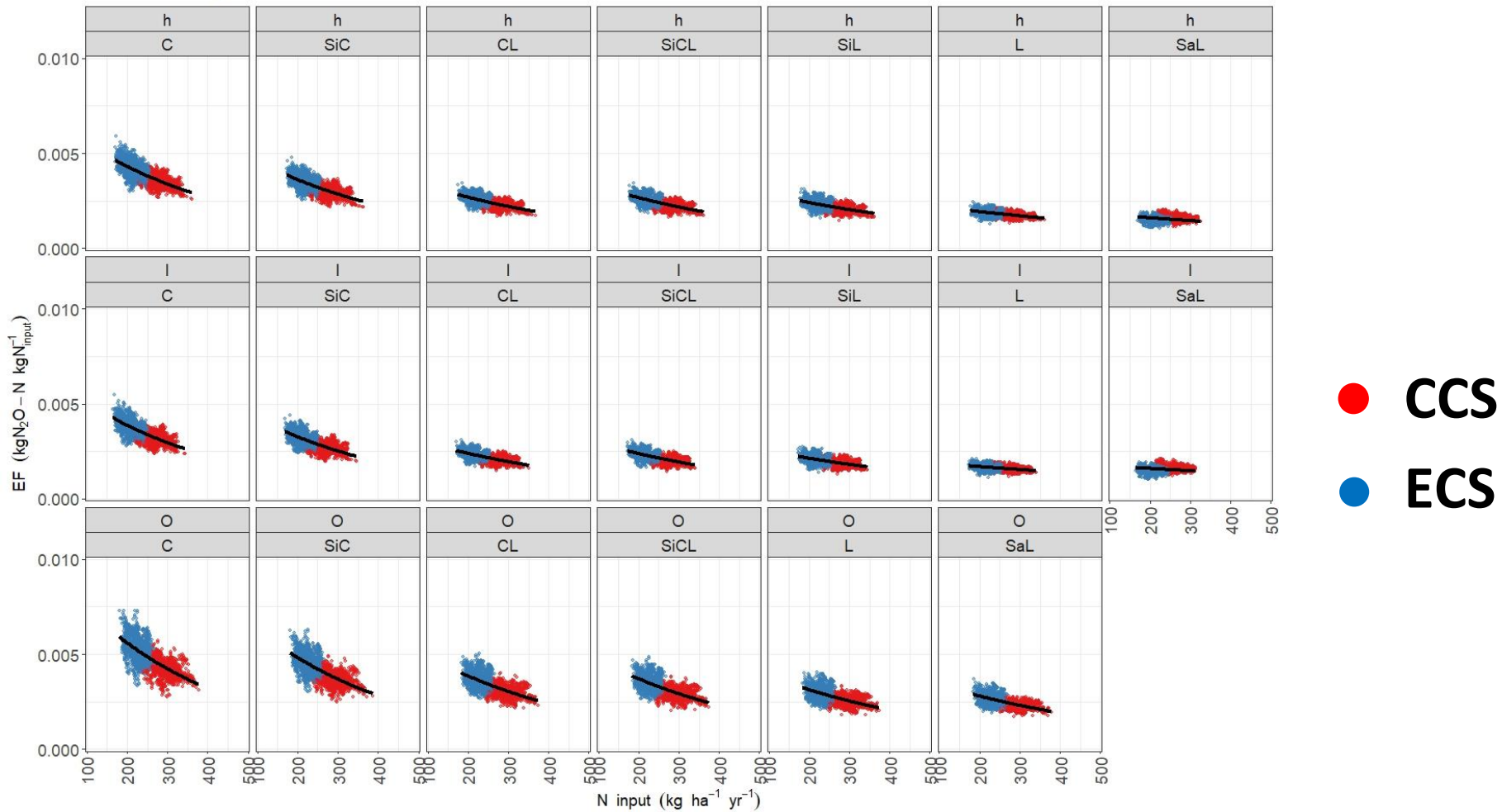
EFFETTO INPUT N SULLA NITRIFICAZIONE



EFFETTO DI Rh SULLA NITRIFICAZIONE



EFFETTO SUOLO SUL FATTORE DI EMISSIONE

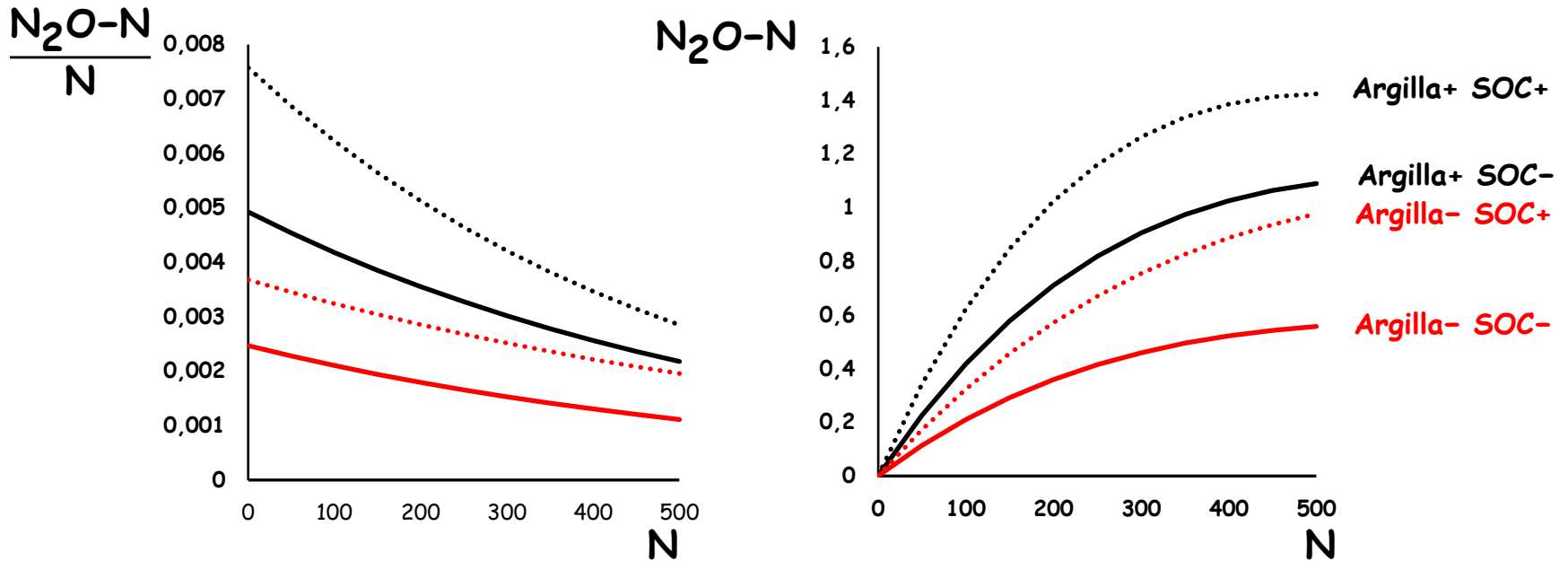


CONCLUSIONI

- Importanza di esperienze a livello di sistema colturale con misurazioni frequenti dei flussi di N_2O , su periodi della durata di più anni e su più colture (molti studi si limitano a singole stagioni colturali e riguardano solo il periodo in cui la coltura è in campo)
- I risultati dei test di performance del modello per la predizione di N_2O sono in linea con quelli riportati in bibliografia.
- La misurazione in contemporanea dei flussi di CO_2 e N_2O è stata di supporto ad una più corretta calibrazione del modello per migliorare le simulazioni delle emissioni di N_2O
- I modelli sono essenziali per esplorare la variabilità del fenomeno ed interpretare il ruolo di alcuni fattori colturali ed ambientali, nonostante la complessità dei processi coinvolti
- L'esercizio condotto a scala territoriale ha permesso di evidenziare il ruolo determinante della tessitura sulla produzione di N_2O da denitrificazione e della contenuto di sostanza organica e della sua mineralizzazione sulla produzione di N_2O da nitrificazione

CONCLUSIONI

- L'utilizzo dei valori di default degli EF proposti da IPCC può portare a gravi errori di stima delle emissioni di N₂O dai suoli agricoli. EF varia in maniera non lineare al variare degli apporti di azoto in tipologie di suolo differenti. Infatti, IPCC suggerisce per stime a scala di campo l'approccio Tier 3, basato appunto su modelli calibrati rispetto a condizioni locali.



RINGRAZIAMENTI

A person is standing in the doorway of a small, white, rectangular container or shed. The interior of the container is brightly lit, casting a warm glow. The person is silhouetted against the light. The container is situated in a dark, open field. In the background, there is a horizon line with some distant lights and a sky filled with dark, heavy clouds. A bright sunset or sunrise is visible on the horizon, with a golden glow breaking through the clouds. Several white containers or pieces of equipment are scattered on the ground in the field.

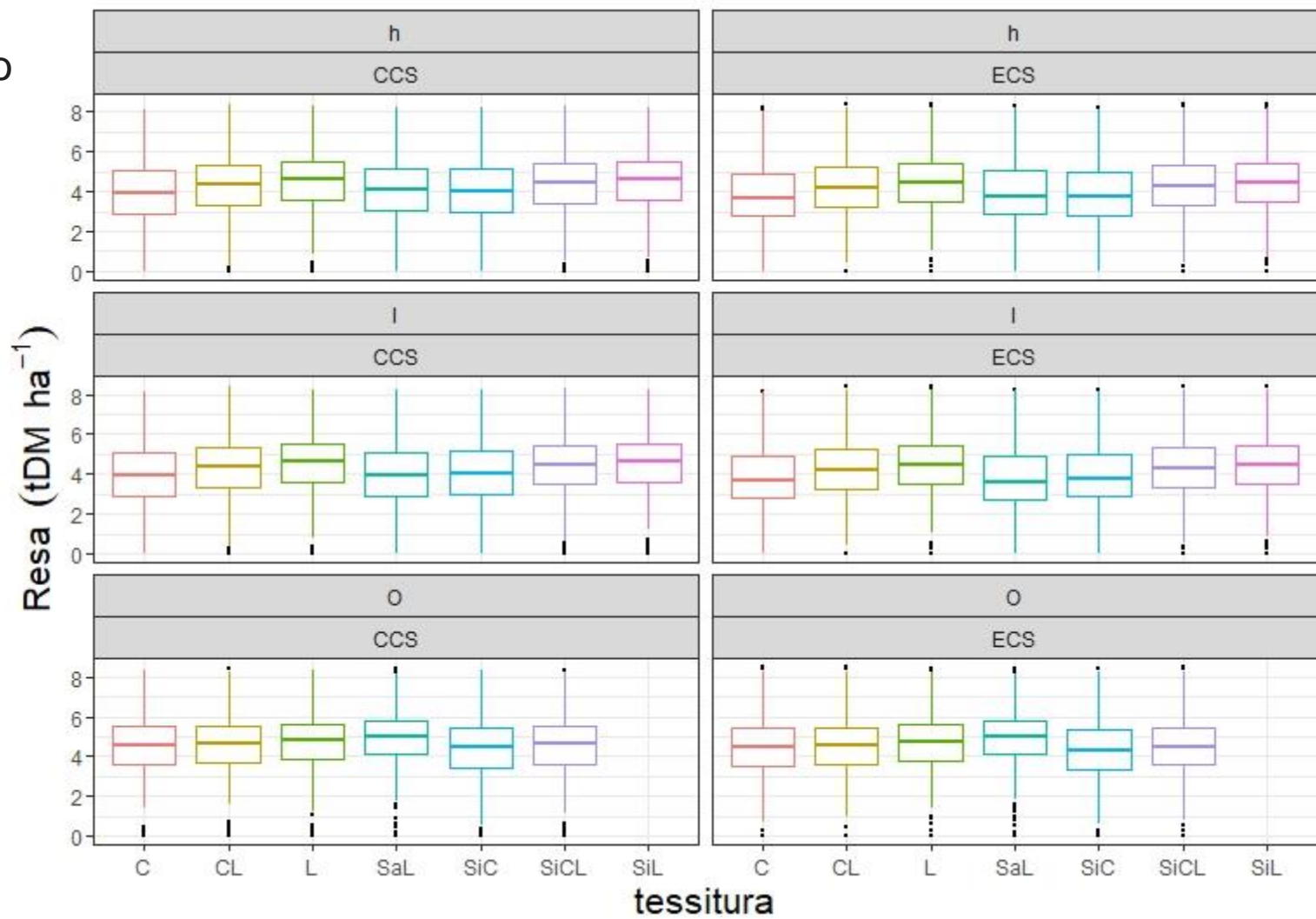
Ai giovani e preziosi collaboratori di Unimi Mara e Marco

Ai colleghi di Unimi, sviluppatori di ARMOSA: Marco Acutis, Alessia Perego e Marco Botta

Ai miei ex colleghi della Scuola Sant'Anna Iride Volpi, Cristiano Tozzini, Simona Bosco e Alberto Mantino

A tutti i giovani di Horta, Gigi e Valentina

Rese Frumento



Rese Pomodoro

