



**Tecnologie a favore di una produzione
biologica sostenibile (monitorabile,
misurabile e certificabile) a
0 emissioni di CO₂ e ridotto consumo
idrico**

**Pasquale Garofalo
CREA Centro di Ricerca Agricoltura e
Ambiente**



SFOF Partnership



Capofila - Associazione Federbio

P1 - Exprivia S.p.A. (Molfetta)

P2 - Cooperativa La Pineta a r.l. (Cerignola)

P3 - Azienda Vincenzo Capobianco & Figli srl (Foggia)

P4 - CIA Agricoltori Italiani (Bari)

P5 - CREA Centro di Ricerca Agricoltura e Ambiente (sedi di Bari, Firenze e Bologna), coordinamento scientifico

P6 - Azienda Agricola Creanza (Altamura)

P7 - Lega Regionale delle Cooperative e Mutue di Puglia (Bari)



Obiettivo: rispondere alla richiesta di ridotto impatto ambientale nel metodo di produzione biologico, contribuendo all'evoluzione del modello di azienda BIO con conseguenze positive per l'agricoltore, l'ambiente ed i consumatori

Farm to Lab

Sistema integrato di lettura, trasmissione, monitoraggio ed elaborazioni dati ambientali e agronomici

Carbon e Water FootPrint

Applicativo per la stima dell'impronta idrica e di carbonio della granella di frumento duro

Decision Support System

Applicativo per supportare le scelte gestionali dell'operatore agricolo ottimizzando i sistemi cerealicoli biologici al variare di pratiche agronomiche consolidate e migliorative

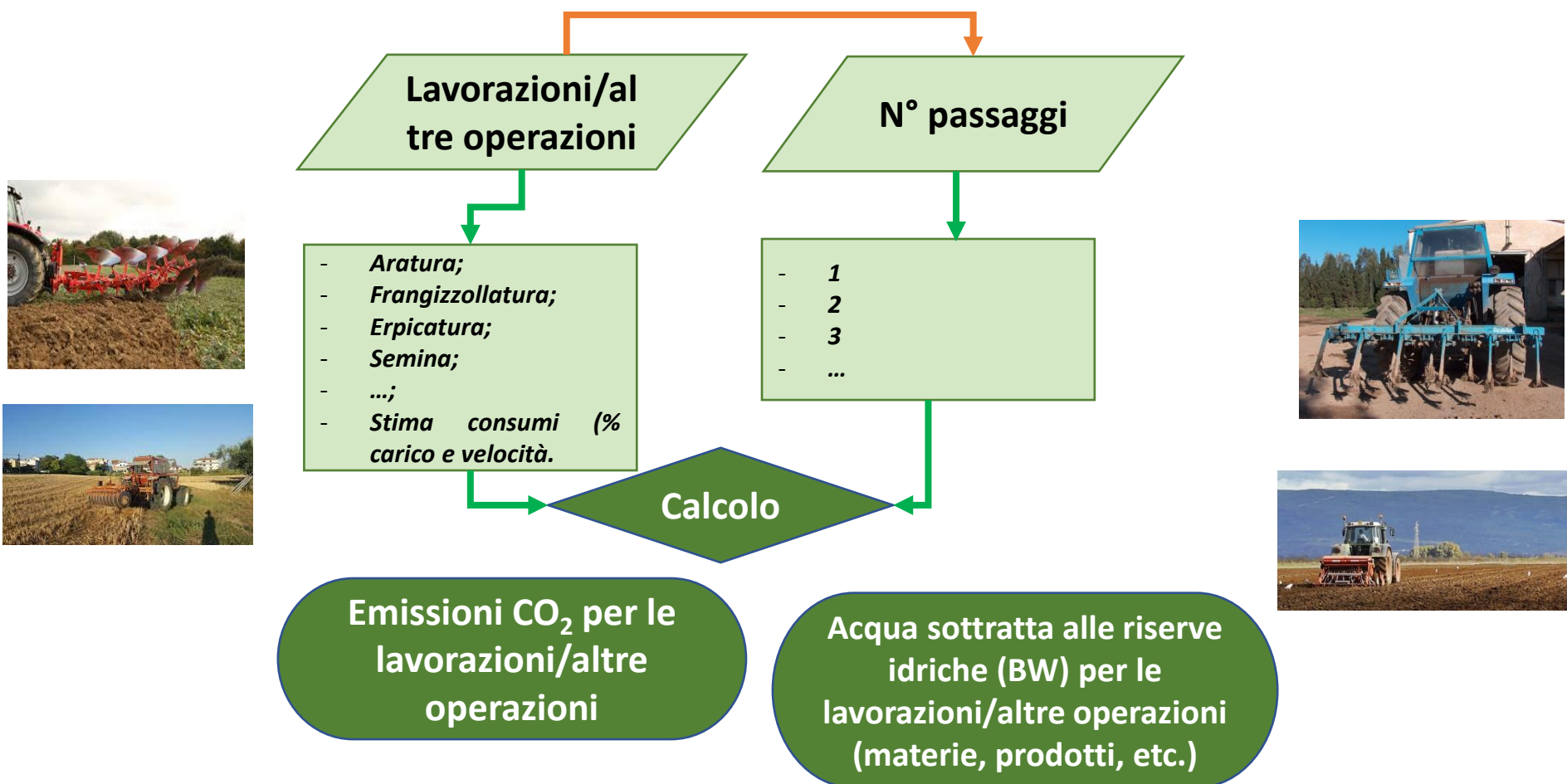
Piattaforma web e smartphone

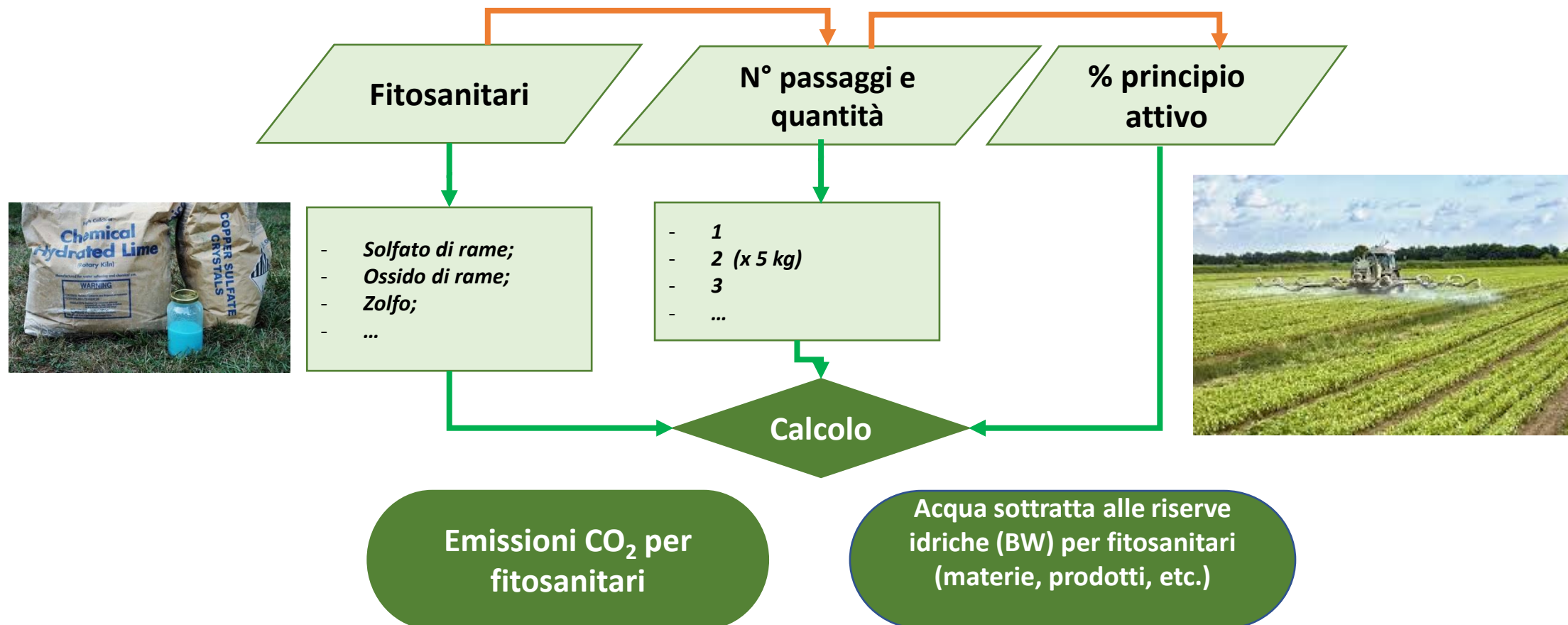
Portale web per CWFP e DSS

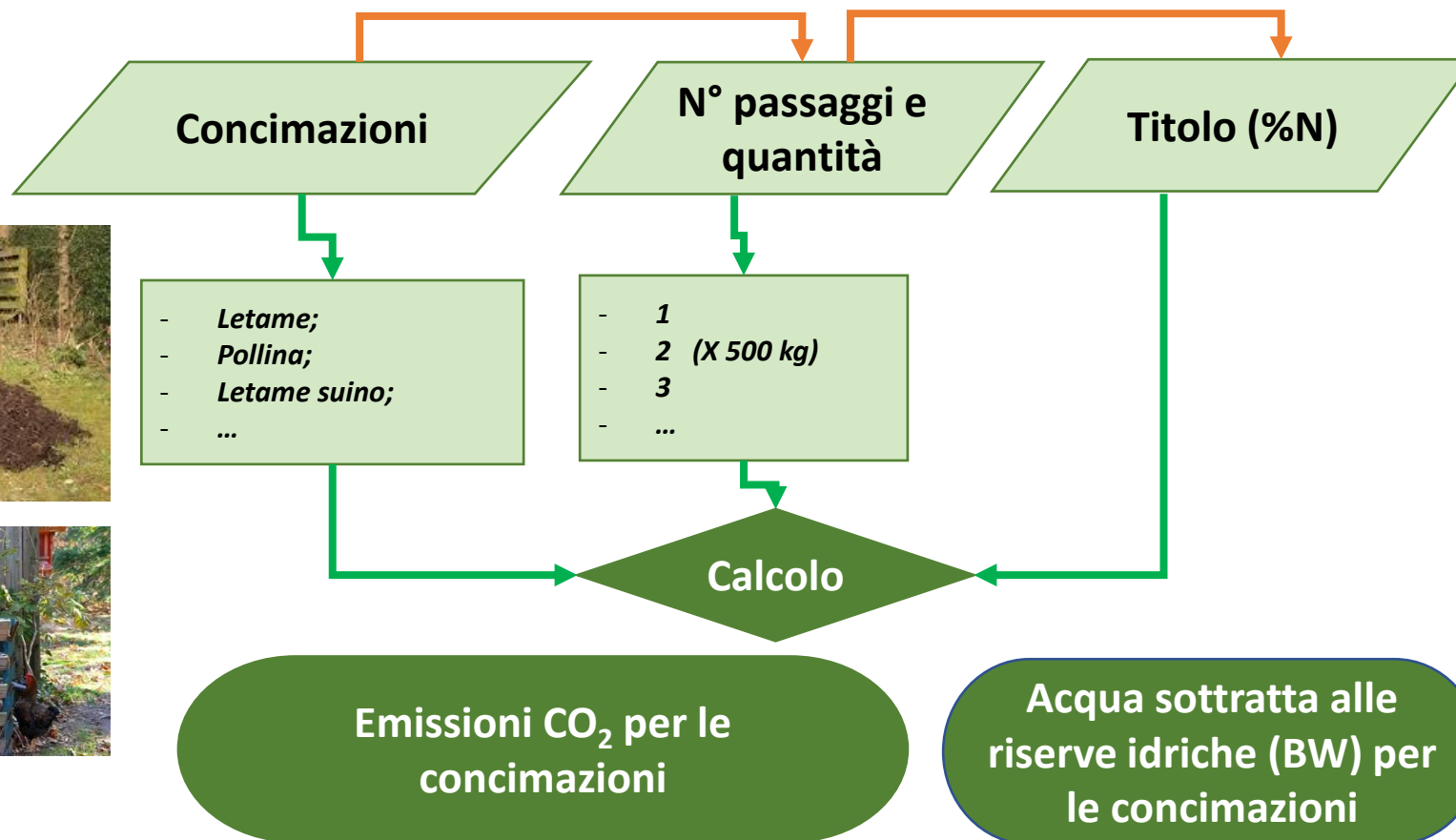
CarbonWaterFootPrint (Applicativo)

- Procedura standardizzata a livello mondiale dalle normative UNI EN ISO 14040 «*Gestione ambientale, Valutazione del ciclo di vita, Principi e quadro di riferimento. Requisiti e Linee guida*»
- Software: SIMAPRO
- Determina le emissioni lungo tutto il ciclo di vita di un prodotto e i consumi idrici *dalla culla al cancello* (es: estrazione delle materie prime fino alla raccolta del frumento)
- Semplificazione delle procedure di calcolo e strutturate in CWFP











Emissioni CO₂ e
Blue Water per:

- ✓ Lavorazioni;
- ✓ Concimazioni;
- ✓ Fitosanitari;
- ✓ Residui;
- ✓ Altro...



Stock/perdita di
carbonio nel suolo
determinato mediante
algoritmi:

- tipologia suolo;
- fertilità del suolo;
- quantità di paglie
rilasciate

Paglia prodotta
(calcolata tramite
algoritmi in funzione
della resa; kg/ha)



Emissioni CO₂
totale ad ettaro
(kg/ha)



Resa in granella
(kg/ha)



Impronta del
carbonio
(kg di CO₂/kg
granella)

Consumo di acqua
blu (riserve naturali
e/o artificiali
(m³/ha)



Consumo di
acqua verde
(piovana; m³/kg
di granella)



Resa in granella
(kg/ha)



Impronta dell' acqua
(m³ di H₂O/kg
granella)



Esempio 1

Lavorazioni

- Aratura
- 2 Frangizzollature
- Fresatura
- Semina
- Raccolta
- Imballatura

Concimazioni

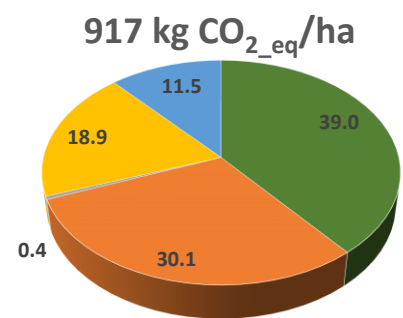
- Compost (1 t/ha; 0,7% di N)

Fitosanitari

- 2 app. di Solfato di rame (10 kg/ha; 3% P.A.)

Paglia asportata

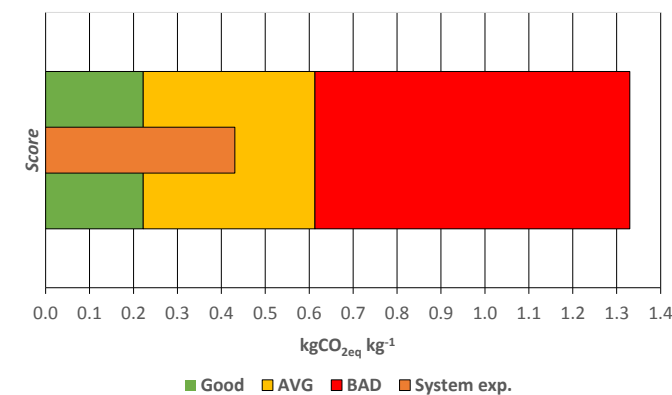
- (3 t/ha)



■ Lavorazioni
■ Pesticidi
■ Residui
■ Altre operazioni (non del terreno)
■ Fertilizzanti

Resa al al 13% di
umidità = 2.6 t/ha

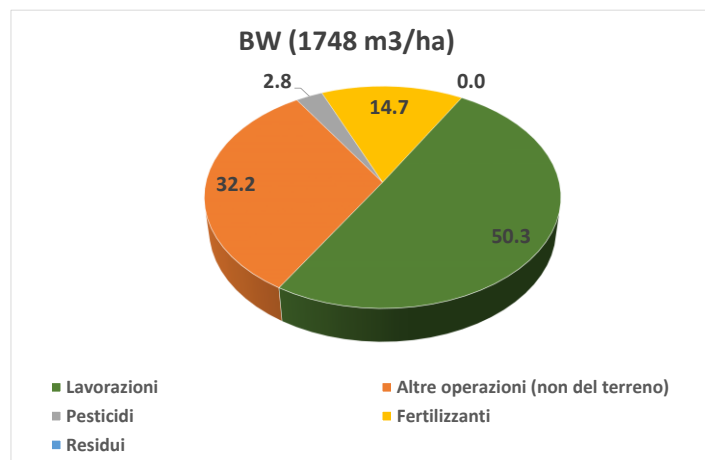
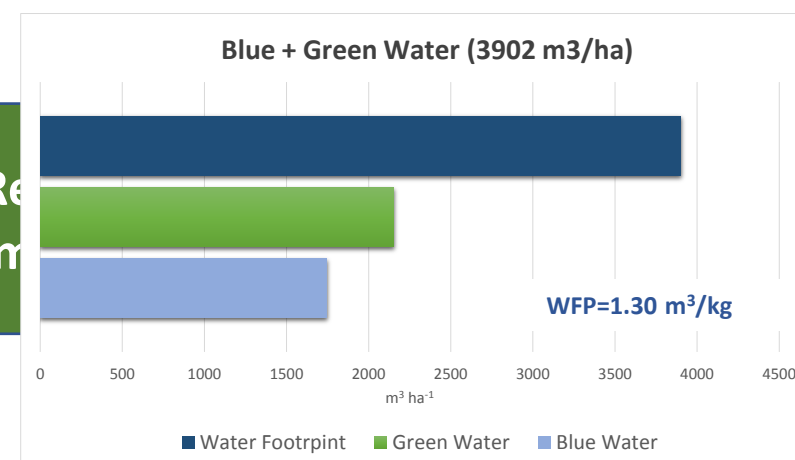
Carbon Footprint





Esempio 1

Lavorazioni	Concimazioni	Fitosanitari	Paglia asportata
<ul style="list-style-type: none"> • Aratura • 2 Frangizzollature • Fresatura • Semina • Raccolta • Imballatura 	<ul style="list-style-type: none"> • Compost (1 t/ha; 0,7% di N) 	<ul style="list-style-type: none"> • 2 app. di Solfato di rame (10 kg/ha; 3% P.A.) 	<ul style="list-style-type: none"> • (3 t/ha)





Esempio 2

Lavorazioni

- Ripuntatura
- Erpicatura
- Fresatura
- Semina
- Raccolta
- Imballatura

Concimazioni

- Letame (0.5 t/ha; 0.12% di N)

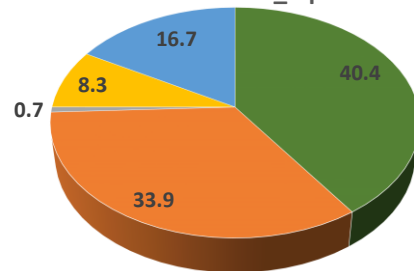
Fitosanitari

- 2 app. di Solfato di rame (10 kg/ha; 3% P.A.)

Paglia asportata

- (1 t/ha)

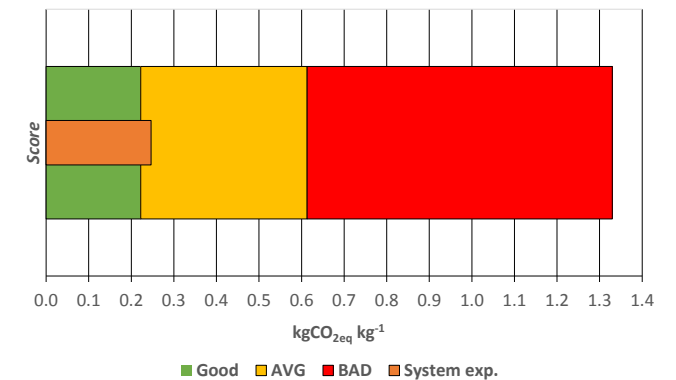
577 kg CO₂_eq/ha



- Lavorazioni
- Altre operazioni (non del terreno)
- Pesticidi
- Fertilizzanti
- Residui

Resa al al 13% di
umidità = 2.3 t/ha

Carbon Footprint





Esempio 2

Lavorazioni

- Ripuntatura
- Erpicatura
- Fresatura
- Semina
- Raccolta
- Imballatura

Concimazioni

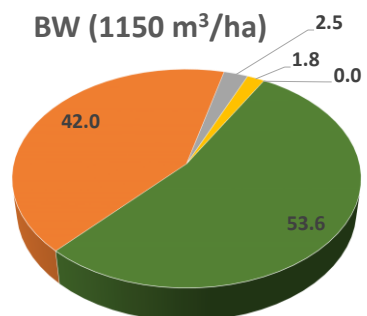
- Letame (0.5 t/ha; 0.12% di N)

Fitosanitari

- 2 app. di Solfato di rame (10 kg/ha; 3% P.A.)

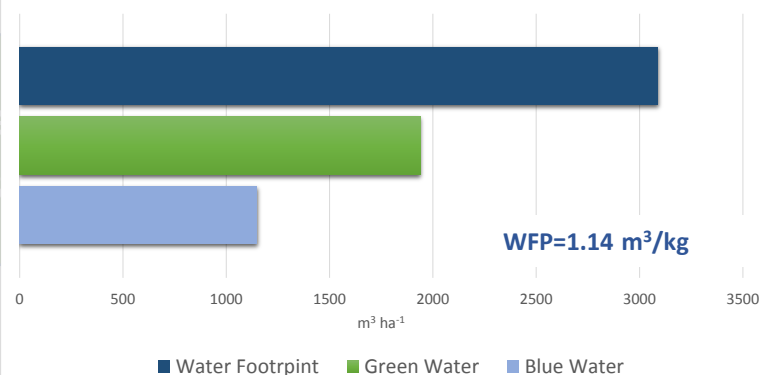
Paglia asportata

- (1 t/ha)



■ Lavorazioni
 ■ Altre operazioni (non del terreno)
 ■ Pesticidi
 ■ Fertilizzanti
 ■ Residui

Green+Blue Water (3089 m³/ha)



2) Sistema di Supporto alle Decisioni (DSS) per ottimizzare i sistemi cerealicoli biologici al variare di pratiche agronomiche consolidate e migliorative

Riproduzione di scenari colturali artificiali che riguardano ad esempio, lavorazioni convenzionali e conservative, diverse dosi di concime, diverse epoche di semina, gestione paglie e così via e fornire indicazioni sulla produttività ed indicatori ambientali tramite strumento informatico (applicativo). Strumento semplificato di:

- ✓ Modelli di simulazione di crescita delle colture, i quali, dopo opportuna «istruzione» (fornire i corretti valori ai parametri degli algoritmi in esso implementati) sono in grado di fornire indicazioni sul comportamento della coltura (es: produzione) ed impatti ambientali (es: emissioni da suolo di N_2O e CO_2) al variare degli scenari colturali per un arco temporale medio lungo (10-20-30 anni...).
- ✓ Modello di simulazione scelto: **ARMOSA** (Dipartimento di Scienze Agrarie e Ambientali - Produzione, Territorio, Agroenergia, Università degli Studi di Milano)
 - ✓ sviluppo e l'accrescimento della coltura;
 - ✓ flussi idrici (falda-suolo-pianta- atmosfera);
 - ✓ ciclo ed emissioni in atmosfera di Carbonio ed Azoto;
 - ✓ «Istruito» su prove LTE dell'Az. Pod. 124 di Foggia (CREA-AA) su produzione e biomassa

ARMOSA model parametrization based on winter durum wheat cultivation under diverse cropping management practices in Mediterranean environment

1 Marco Parlavecchia¹, Pasquale Garofalo^{1*}, Luisa Giglio¹, Ivana Campobasso¹,
2 Alessandro Vittorio Vonella¹, Marco Botta², Tommaso Tadiello², Vincenzo Tucci³,
3 Francesco Fornaro¹, Rita Leogrande¹, Alessia Perego², Marco Acutis², Domenico
4 Ventrella¹

5 ¹Council for Agricultural Research and Agricultural Economy Analysis, Bari, Italy

6 ²Department of Agricultural and Environmental Sciences - Production, Landscape,
7 Agroenergy, University of Milan, Milan, Italy

8 ³Department of Soil, Plant and Food Sciences, University of Bari Aldo Moro, Bari, Italy

9 * Correspondence:

10 Pasquale Garofalo

11 pasquale.garofalo@crea.gov.it

12 Keywords: ARMOSA, modelling, agronomy, wheat, environment, sustainability.

Attività di monitoraggio in campo nelle due aziende agricole del Progetto nelle annate 2020/21, 2021/22 e 2022/23:

- determinazione delle condizioni iniziali;
- accrescimento, sviluppo e analisi produttiva del frumento duro;
- andamento meteorologico;
- andamento umidità del suolo a due profondità.

Nelle A.A. 2021/22 e 2022/23 monitoraggio per la misura diretta di:

CO ₂	Sistema portatile di misura della respirazione del suolo nel volume interno di collari previamente installati nel suolo con restituzione di valori geolocalizzati di respirazione del suolo ($\mu\text{mol s}^{-1}$), scambio netto di carbonio ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) e flusso di vapore acqueo ($\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$).
N ₂ O CH ₄ CO ₂	Collari in pvc fissi, installati negli appezzamenti in studio, entro cui prelevare campioni di aria per essere successivamente analizzati con gas-cromatografo nel laboratorio CREA-AA di Firenze.



Verifica ed opportuna correzione dei parametri precedentemente «calibrati» per minimizzare la differenza tra quanto simulato da ARMOSA e quanto osservato in campo (Cerignola ed Altamura)



Coop. La
Pineta

Cerignola
(Foggia)



Azienda
Creanza

Altamura
(Bari)





Area

- Altamura
- Cerignola

**INPUT degli
scenari
«artificiali»**

Fertilità

- Bassa
- Media
- Alta

Ammend.

- Sì
- No

Con.
copertura
(bio; Kg ha⁻¹)

- 0
- 70
- 100
- 140

Lavoraz.

- NoTill
- Covenzionale

Residui
culturali

- Asportazione
- Interramento
- Superficie

Epoca di
semina

- 15/10
- 1/11
- 15/11

Restituzioni informazioni

Resa in granella (kg ha^{-1})

Biomassa (kg ha^{-1})

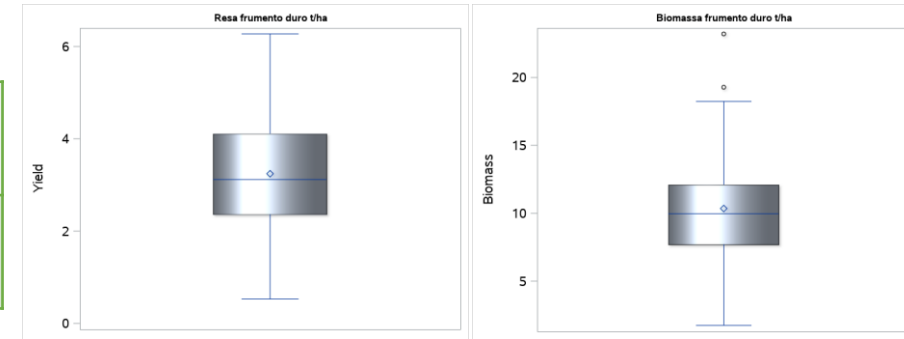
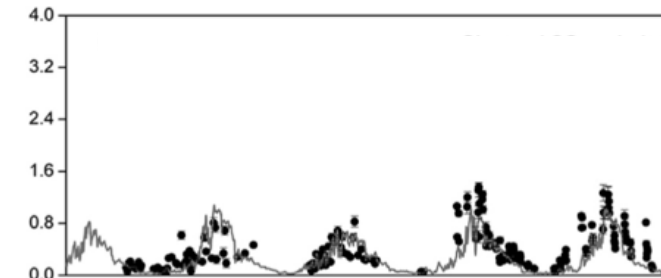
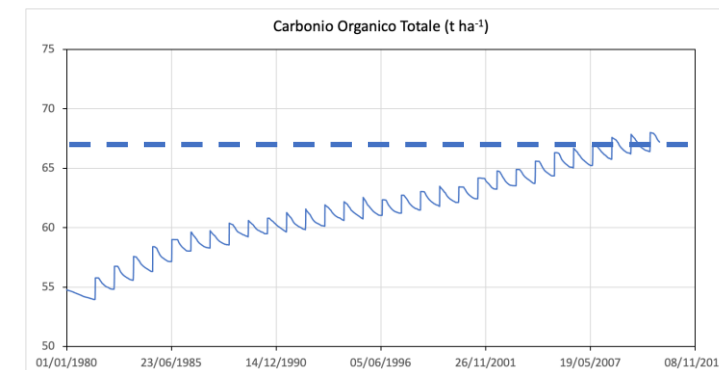
Emissioni di CO_2 ($\text{kg ha}^{-1} \text{y}^{-1}$)

Emissioni di N_2O ($\text{kg ha}^{-1} \text{y}^{-1}$)

Simulazione
di lungo
periodo

Carbonio Organico del suolo (g kg^{-1})

Azoto totale del suolo (g kg^{-1})



Restituzioni del DSS SFOF

SOC Sequestration Rate ($SOCsr$, kg CO₂ y⁻¹ ha⁻¹)

$$SOCsr = \frac{SOCstock_{t_f} - SOCstock_{t_i}}{y_f - y_i}$$

Global Warming Potential ($NGWP$, kg CO₂-eq y⁻¹ ha⁻¹)

$$NGWP = \frac{34CH_4 + 298N_2O}{y_f - y_i} - \frac{44}{12}SOCsr$$

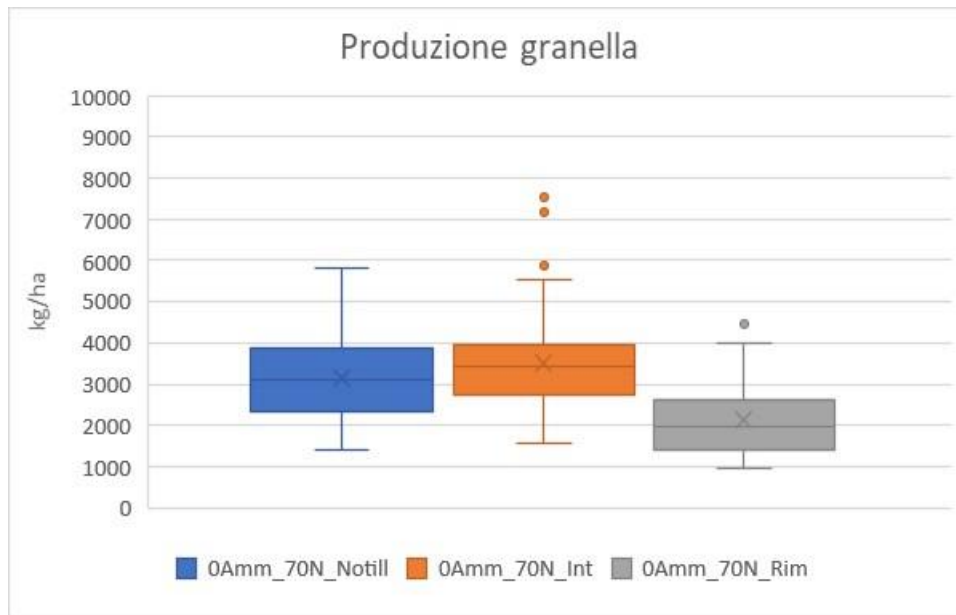
Greenhouse gas intensity ($GHGI$, kg CO₂-eq y⁻¹ kg⁻¹)

$$GHGI = \frac{NGWP}{yield}$$



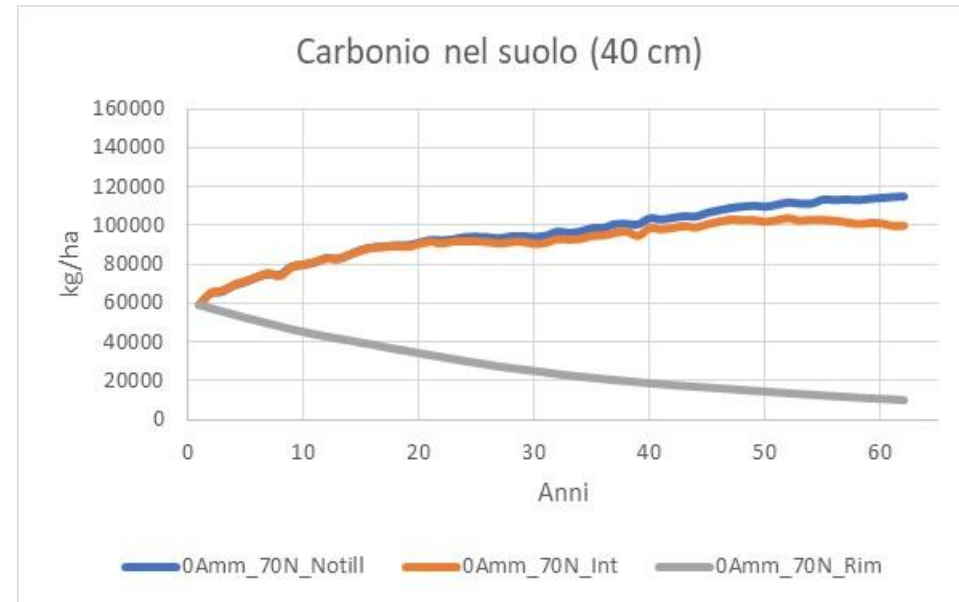
Simuliamo degli scenari:

- Area: Altamura (terreno argilloso);
- Nessun ammendante;
- Semina: inizio novembre;
- Lavorazioni: Convenzionale con: 1) rilascio delle paglie a suolo e; 2) rimozione totale;
- Lavorazioni: No-tillage e rilascio paglie al suolo;
- Concimazioni: Concime per biologico per fornire 70 kg/ha di N in copertura;
- Simulazioni per un arco temporale di 60 anni.



Media produzione:

- No-tillage = 3141 kg/ha
- Convenzionale_int = 3528 kg/ha;
- Convenzionale_rim = 2153 kg/ha.
- Minore è l'ampiezza delle scatole, minore è la variabilità delle produzioni attorno al valore medio



Il carbonio nel suolo:

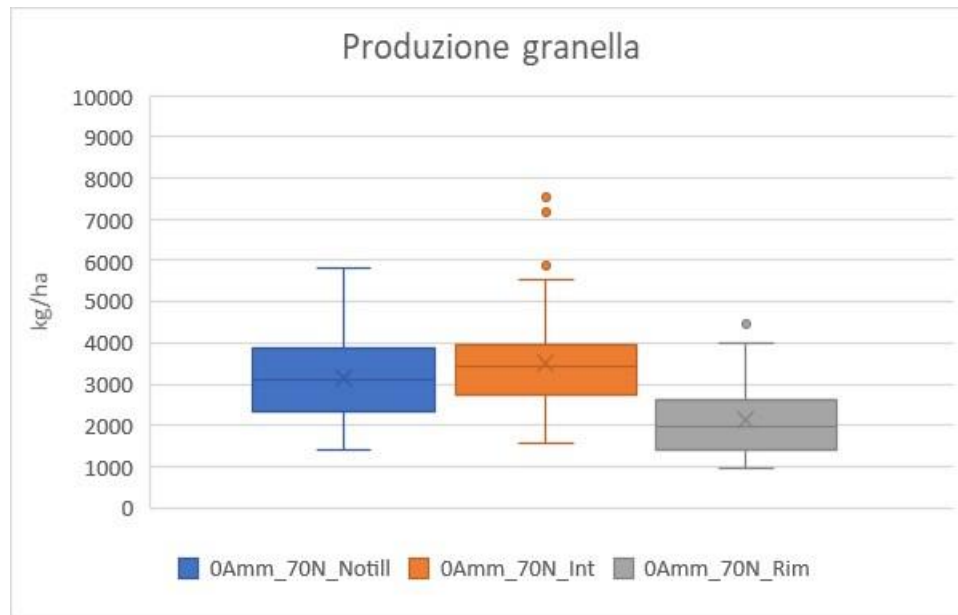
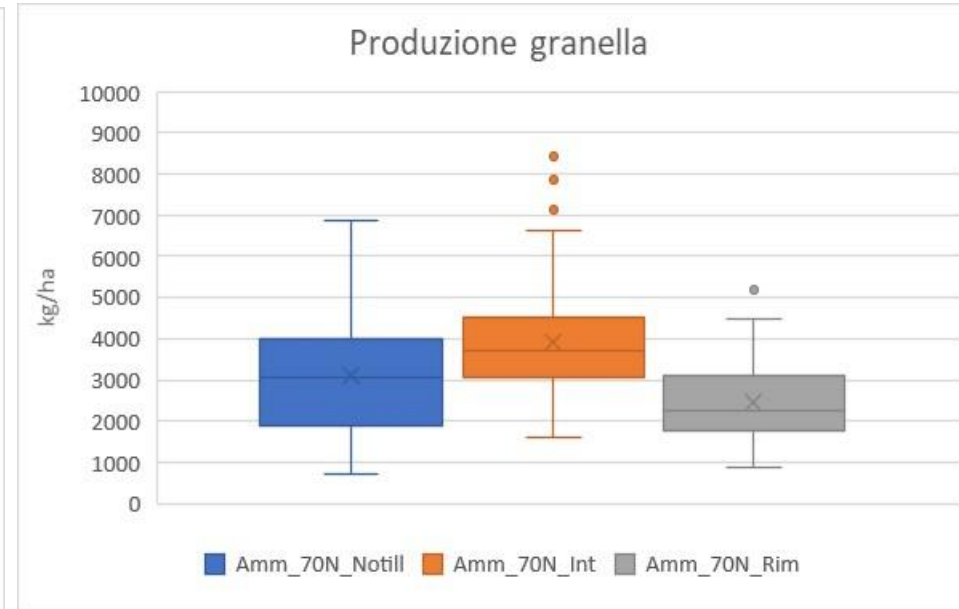
- E' un indicatore del destino della sostanza organica (salute del suolo);
- E' responsabile del sequestro/emissioni di CO₂

Differenza del carbonio organico nel suolo (fine-inizio 60 anni):

- No-tillage = + **56** t/ha (0.91 t/ha anno) = sequestro di CO₂
- Convenzionale_int = + **41** t/ha (0.67 t/ha anno) = sequestro di CO₂
- Convenzionale_rim = - **48** t/ha (-0.78 t/ha anno) = rilascio di CO₂

Simuliamo degli scenari:

- Area: Altamura (terreno argilloso);
- **CON ammendante (1000 kg/ha di letame secco);**
- Semina: inizio novembre;
- Lavorazioni: Convenzionale con: 1) rilascio delle paglie a suolo e; 2) rimozione totale;
- Lavorazioni: No-tillage e rilascio paglie al suolo;
- Concimazioni: Concime per biologico per fornire 70 kg/ha di N in copertura;
- Simulazioni per un arco temporale di 60 anni.

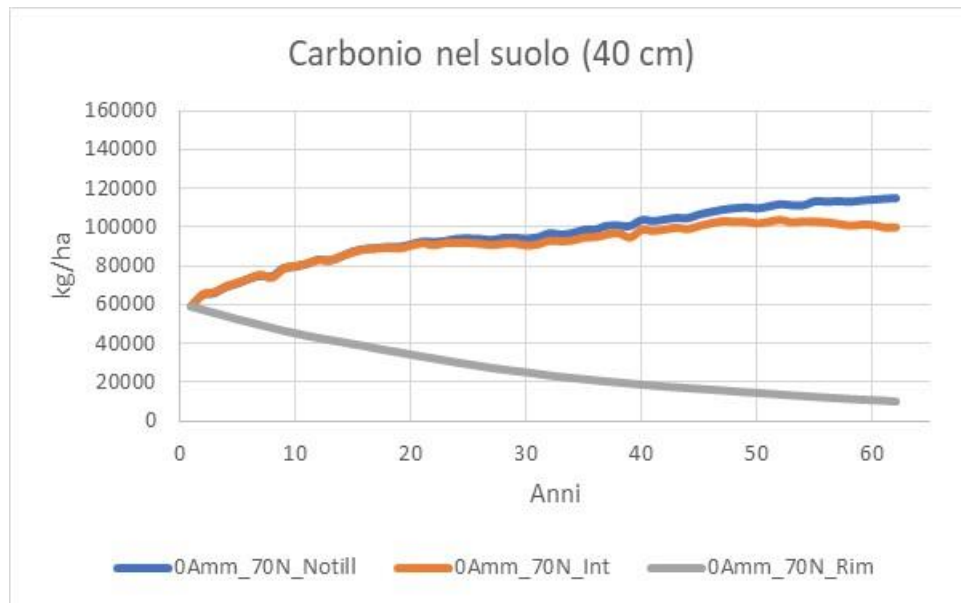
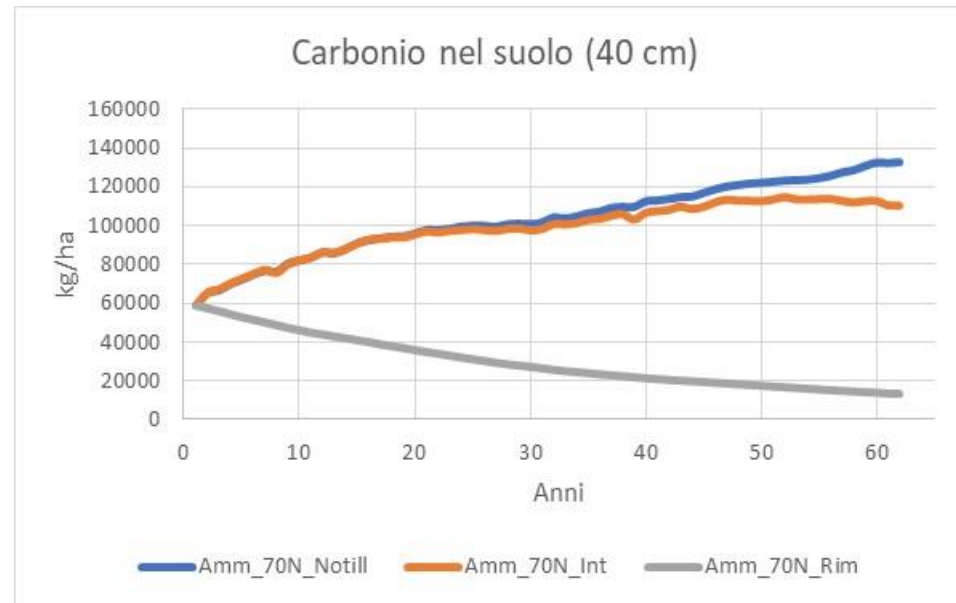


Media produzione:

- No-tillage = 3101 kg/ha
- Convenzionale_int = 3927 kg/ha (+ 11%);
- Convenzionale_rim = 2466 kg/ha (+ 15%).
- Leggero aumento variabilità dei valori attorno alla media

Simuliamo degli scenari:

- Area: Altamura (terreno argilloso);
- **CON ammendante (1000 kg/ha di letame secco);**
- Semina: inizio novembre;
- Lavorazioni: Convenzionale con: 1) rilascio delle paglie a suolo e; 2) rimozione totale;
- Lavorazioni: No-tillage e rilascio paglie al suolo;
- Concimazioni: Concime per biologico per fornire 70 kg/ha di N in copertura;
- Simulazioni per un arco temporale di 60 anni.

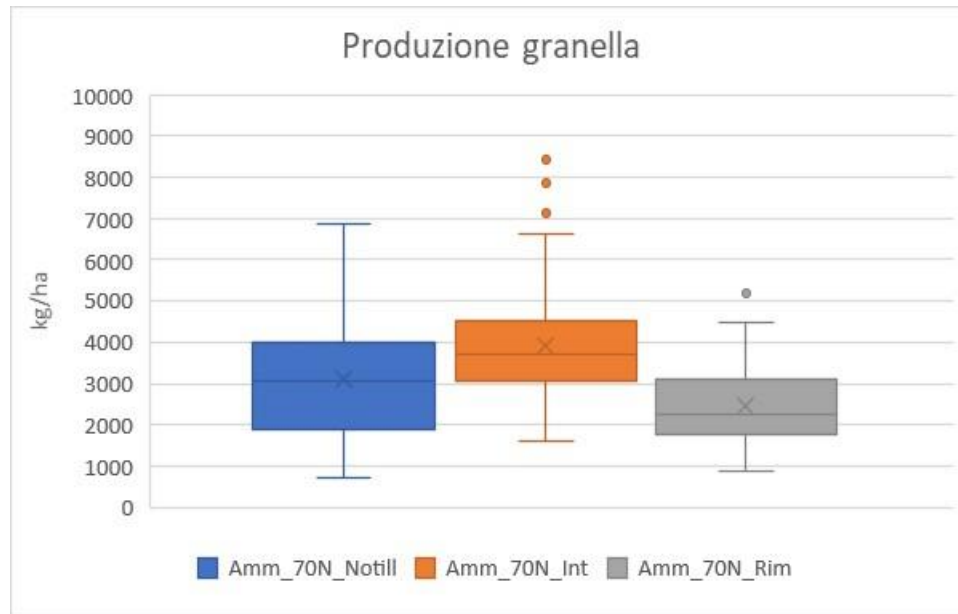
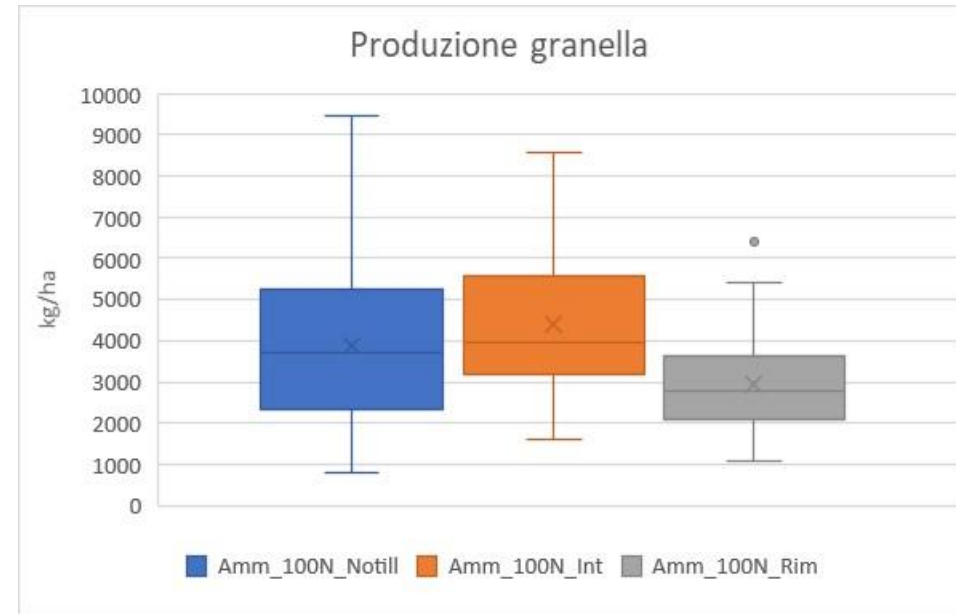


Differenza del carbonio organico nel suolo (fine-inizio 60 anni):

- No-tillage = + **74** t/ha (1.20 t/ha anno) = +20% sequestro di CO₂
- Convenzionale _int = + **52** t/ha (0.84 t/ha anno) = +26% sequestro di CO₂
- Convenzionale _rim = - **45** t/ha (-0.73 t/ha anno) = -7% rilascio di CO₂

Simuliamo degli scenari:

- Area: Altamura (terreno argilloso);
- **CON ammendante (1000 kg/ha di letame secco);**
- Semina: inizio novembre;
- Lavorazioni: Convenzionale con: 1) rilascio delle paglie a suolo e; 2) rimozione totale;
- Lavorazioni: No-tillage e rilascio paglie al suolo;
- Concimazioni: Concime per biologico per fornire **100 kg/ha** di N in copertura;
- Simulazioni per un arco temporale di 60 anni.

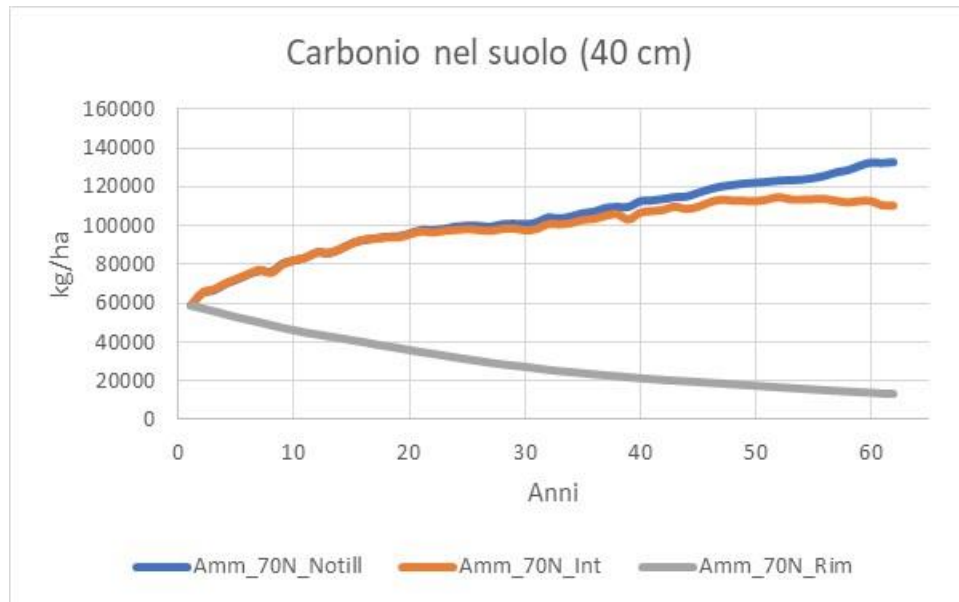
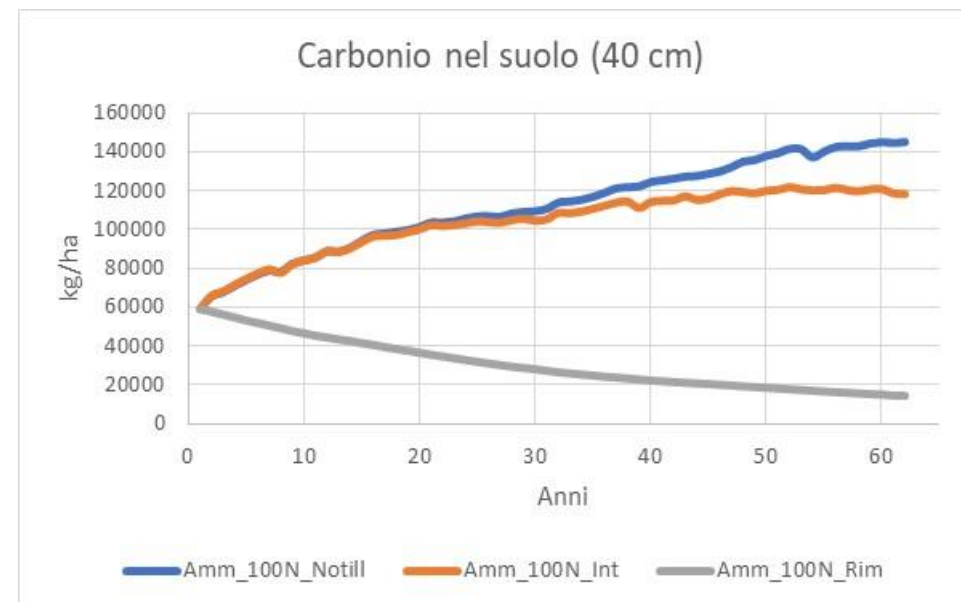


Media produzione:

- No-tillage = 3875 kg/ha (+ 25%);
- Convenzionale_int= 4389 kg/ha (+ 12%);
- Convenzionale_rim = 2928 kg/ha (+ 19%).
- Aumento variabilità dei valori attorno alla media

Simuliamo degli scenari:

- Area: Altamura (terreno argilloso);
- Nessun ammendante;
- Semina: inizio novembre;
- Lavorazioni: Convenzionale con: 1) rilascio delle paglie a suolo e; 2) rimozione totale;
- Lavorazioni: No-tillage e rilascio paglie al suolo;
- Concimazioni: Concime per biologico per fornire **100 kg/ha** di N in copertura;
- Simulazioni per un arco temporale di 60 anni.



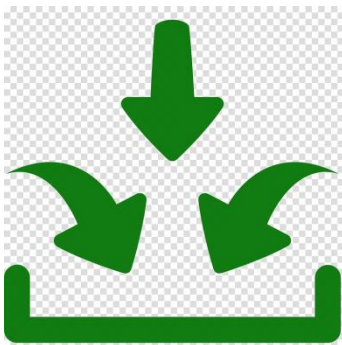
Differenza del carbonio organico nel suolo (fine-inizio 60 anni):

- No-tillage = + **87 t/ha** (1.40 t/ha anno) = +17% sequestro di CO₂
- Convenzionale _int = + **59 t/ha** (0.84 t/ha anno) = +14% sequestro di CO₂
- Convenzionale _rim = - **44 t/ha** (-0.71 t/ha anno) = -2% rilascio di CO₂



Riduzione della complessità dell'approccio di ARMOSA e trasferimento delle conoscenze acquisite, nell'applicativo DSS:

- ✓ Fornirà all'utente indicazioni sulla produttività della coltura (kg/ha) ed i vari indicatori ambientali
- ✓ Utilizzare 100 kg N/ha, CT_int mi aumenta la produttività (DSS)!
- ✓ **Ma mi aumenta anche l'impatto ambientale, ovvero emissioni (CWFP)!**
- ✓ CWFP + DSS = piena consapevolezza delle vostre scelte sul comportamento del vostro sistema colturale ed i suoi impatti sull'ambiente!



- ✓ Area (Cerignola/Altamura);
- ✓ Suolo (tipologia);
- ✓ Data semina;
- ✓ Lavorazioni (Conv./No tillage);
- ✓ Ammendante (si/no);
- ✓ Concimazioni (kg/ha);
- ✓ Gestione paglie (interrate, rimosse, in superficie)



**Un metodo innovativo (monitorabile,
misurabile e certificabile) di produzione
biologica verso un'agricoltura a
0 emissioni di CO₂ e ridotto consumo
idrico**

Grazie per l'attenzione

**Pasquale Garofalo
CREA Centro di Ricerca Agricoltura e
Ambiente**

