



engage.app

9 Aprile 2026 | Incontro Tecnico

Dott. Agr. Paolo Serra

**STIMA DELL'IMPATTO
AMBIENTALE
DELLA FILIERA
DI PRODUZIONE DELLA
FRUTTA:
CASO STUDIO DEL MELO
E DEL PESCO**



1. Obiettivi dello studio



Simulare e stimare l'impatto ambientale della gestione di un frutteto (meleto e pescheto) in due scenari contrapposti:

- **scenario RIGENERATIVO (RIG):** in cui la gestione del frutteto prevede la NON asportazione dei residui di potatura (residui interrati nel suolo) mentre l'interfilare è gestito con una cover crop spontanea la quale viene sfalciata ed interrata insieme ai residui;
- **scenario CONVENZIONALE (CONV):** in cui la gestione del frutteto prevede la rimozione dei residui al fine di imballarli (produzione di presse) mentre l'interfilare viene lavorato attraverso una fresatura eseguita tre volte all'anno.





engage.app

MATERIALI E METODI

Melo



Metodo utilizzato: Life Cycle Assessment, LCA

- Confini dello studio: dalla fase d'impianto del meleto fino alla raccolta della frutta (mela);
- Esclusione: trasporto, stoccaggio e produzione degli astoni;
- La classe d'impatto simulata: Global Warming Potential (GWP_{lordo} e GWP_{netto}) espresso come Ton CO_{2eq}
- Unità funzionale: superficie (ha) e la produzione di frutta (kg);
- Software utilizzato: Cool Farm Tool (CFT) versione 2.46



Luogo: zona di Ravenna**(S.O.: 1.9%; densità suolo: 1.46 g/cm³, profondità: 30 cm; SOC: 48.27 Ton C ha⁻¹)**

Meleto (22 anni):

- fase di impianto (3 anni);
- giovinezza (2 anni);
- piena produzione (10 anni);
- vecchiaia (7 anni)

Produzione di mele: stimate nelle varie fasi partendo dalla produzione della III° fase pari a 77 ton/ha (assunte le stesse nei due scenari);

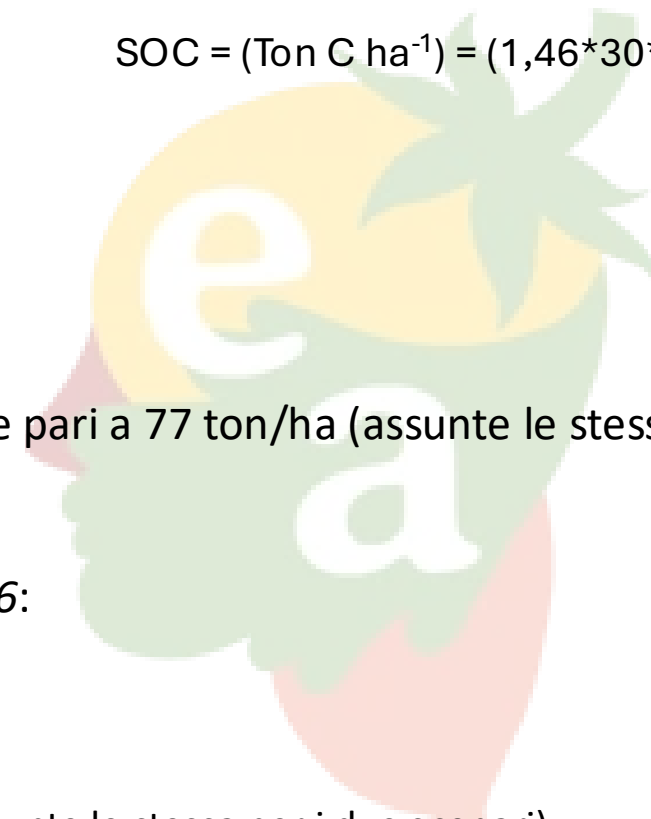
Residui di potatura: stimati utilizzando l'equazione proposta da Dyjakon *et al.*, 2016:

$$y = -0.0204x + 4.6938 \quad (x = \text{l'età del meleto})$$

(Stima la quantità di residui in funzione all'età del meleto. Le quantità di residui sono state assunte le stessa per i due scenari)

$$\text{SOC}\% = (1,9/1,724) = 1,102\%$$

$$\text{SOC} = (\text{Ton C ha}^{-1}) = (1,46 \cdot 30 \cdot \text{SOC}\%)$$



- Gestione dei residui nello scenario CONV: imballati con una imballatrice identica a quella utilizzata da Dyjakon, 2018 munita di andanatori laterali;
- Le perdite post-imballatura risultano essere pari al 21.5% dei sarmenti prodotti (calcolato dalla media dei valori riscontrati da Dyjakon, 2018 ed assumendo un'umidità del 44% (Magagnotti *et al.*, 2013);
- Biomassa derivante dalla cover crop dello scenario RIG: assunta essere pari alla media dei valori misurati da Scandellari *et al.*, 2016 in due anni di sperimentazione su meleto locato in Emilia Romagna;
- Consumo di gasolio: stimato da letteratura e differenziato per le fasi produttive e le operazioni svolte nei due scenari.

	Impianto (3)	Giovinanza (2)	Produzione (10)	Vecchiaia (7)	Media
Produzione mele (Ton ha ⁻¹)	15	46	77	67	51.3
Residui di potatura (Ton ss ha ⁻¹)	2.603	2.577	2.509	2.411	3.5
Biomassa cover crop naturale (Ton ss ha ⁻¹)	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
Somma cover + residui (Ton ss ha ⁻¹)	3.798	3.772	3.704	3.606	3.720
Consumo di gasolio (Lt ha ⁻¹) Scenario RIG	422	407	517.7	501.7	462.1
Consumo di gasolio (Lt ha ⁻¹) Scenario CONV	438	423	534	518	478.3
Perdite residui post imballatura (Ton ss ha ⁻¹)	0.56	0.554	0.539	0.518	0.543

Tabella dei valori di input utilizzati nello studio

- Tra parentesi sono indicati gli anni corrispondenti alle diverse fasi di sviluppo del meleto.



- **Concimazioni:** assunte le stesse nei due scenari:
- concimazione d'impianto: (avvenuta nel I° anno della fase d'impianto) utilizzando **15000 kg/ha di fertilizzante organico, 200 kg/ha di nitrato di calcio e 50 kg di urea fosfato;**
- anni successivi (dal II° anno): utilizzo di concimi chimici, le cui informazioni (quantità e numero di interventi) sono state riportate dall'agricoltore di riferimento. I concimi sono stati somministrati attraverso fertirrigazione per entrambi gli scenari.
- Nello studio il software CTF, oltre alle emissioni legate al loro utilizzo in campo, stima anche quelle **legate alla loro produzione.**
- L'irrigazione, effettuata a goccia, è stata stimata considerando un consumo idrico medio nel periodo di impianto pari a **1000 m³/ha**, nel periodo di giovinezza pari a **3100 m³/ha** mentre nel periodo di produzione e vecchiaia pari, in media, a **5600 m³/ha**.

- **Trattamenti (insetticidi e fungicidi).**

Simulato in accordo alle informazioni date dall'agricoltore (16 interventi con fungicidi e 14 con insetticidi). Nelle prime due fasi sono stati dimezzati i trattamenti.

- **Stima del carbonio organico del suolo (SOC)**

Assunto un tasso di accumulo annuo per lo scenario RIG pari a $0.83 \text{ Ton ha}^{-1} \text{ anno}^{-1}$ mentre nello scenario CONV pari a $0.034 \text{ Ton ha}^{-1} \text{ anno}^{-1}$ in accordo con Montanaro *et al.*, 2017.

Non è stato considerato l'accumulo di SOC derivante dalla lettiera in quanto non stimata e non trovata in letteratura. Montanaro *et al.*, 2010 suggerisce che l'accumulo di carbonio nel suolo è difficilmente misurabile nei primi anni di impianto del frutteto.

Per questo motivo è stato assunto che nella fase d'impianto il tasso di accumulo di carbonio nel suolo fosse pari alla metà, e pari a circa il 33% (dell'annuale) nella fase giovanile, rispettivamente 0.41 e $0.55 \text{ Ton ha}^{-1} \text{ anno}^{-1}$ nello scenario RIG e 0.017 e $0.023 \text{ Ton ha}^{-1} \text{ anno}^{-1}$ nello scenario CONV.

- Le quantità di carbonio organico stoccate sono state tradotte in mancate emissioni di CO₂ moltiplicando il valore di SOC per 3.67.
- In aggiunta è stato calcolato il GWP_{netto} (emissioni nette) dato dalla differenza tra le emissioni del sistema (GWP_{lordo}) ed il SOC stoccato:

$$\text{GWP}_{\text{netto}} (\text{kg CO}_{2\text{eq}}) = \text{GWP}_{\text{lordo}} (\text{kg CO}_{2\text{eq}}) - \text{SOC} (\text{kg CO}_{2\text{eq}})$$

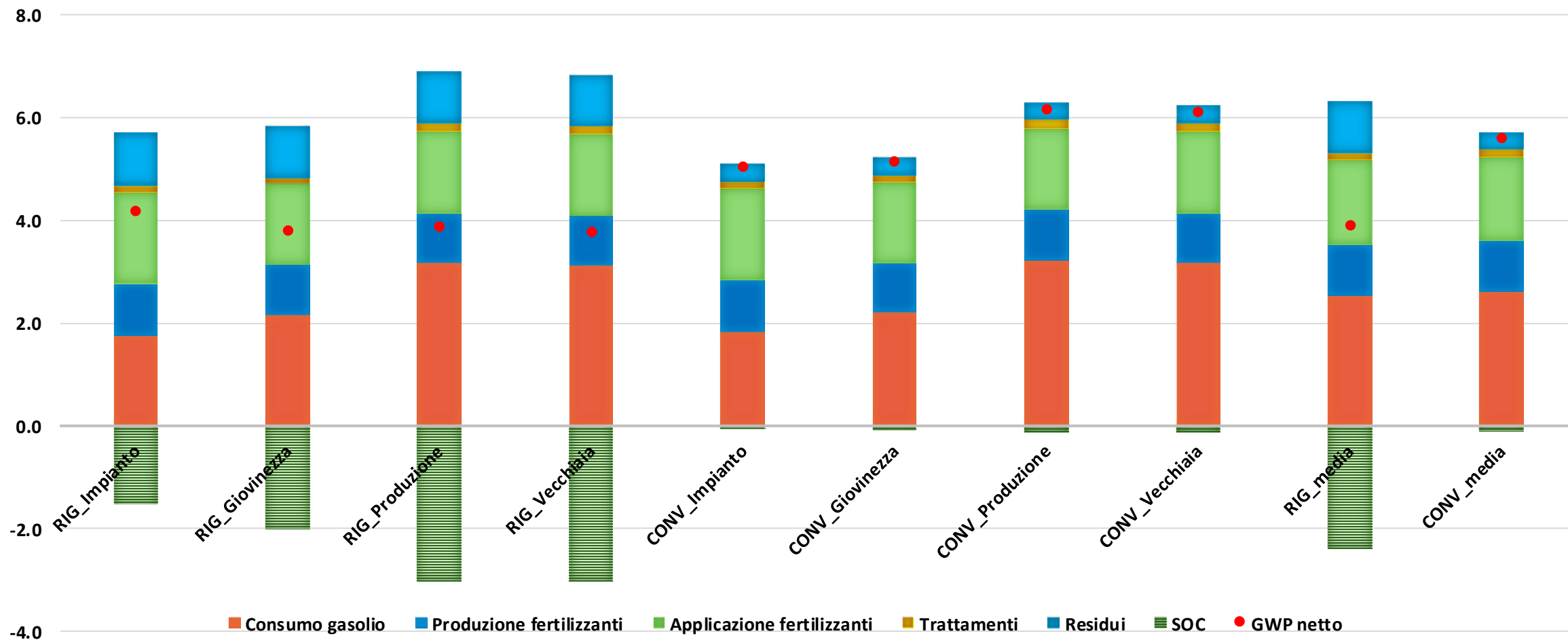


engage.app

RISULTATI Melo



GWP (TON CO2EQ HA-1)



GWP_{lordo} medio (4 fasi): scenario RIG: **6,31** t CO_{2eq} ha⁻¹ **VS** scenario CONV: **5,71** t CO_{2eq} ha⁻¹
(NON SI CONSIDERA IL SOC!!!)

▪ **In entrambi gli scenari:**

la fase con GWP maggiore è la Produzione, seguita dalla Vecchiaia con una media delle due fasi di 6,82 Ton CO_{2eq} ha⁻¹ (RIG) vs 6,27 (CONV)

▪ **Fattore dominante: consumo di gasolio, in particolare per raccolta e le operazioni colturali**

Gasolio (media): 3,14 Ton CO_{2eq} ha⁻¹ (RIG) vs 3,20 (CONV)

▪ **Altri contributi rilevanti: fertilizzanti (produzione ed utilizzo):**

da 1,0 – 1,63 t Ton CO_{2eq} ha⁻¹

▪ **Fitosanitari: contributo non significativo**

(≈ 0,1 Ton CO_{2eq} ha⁻¹)

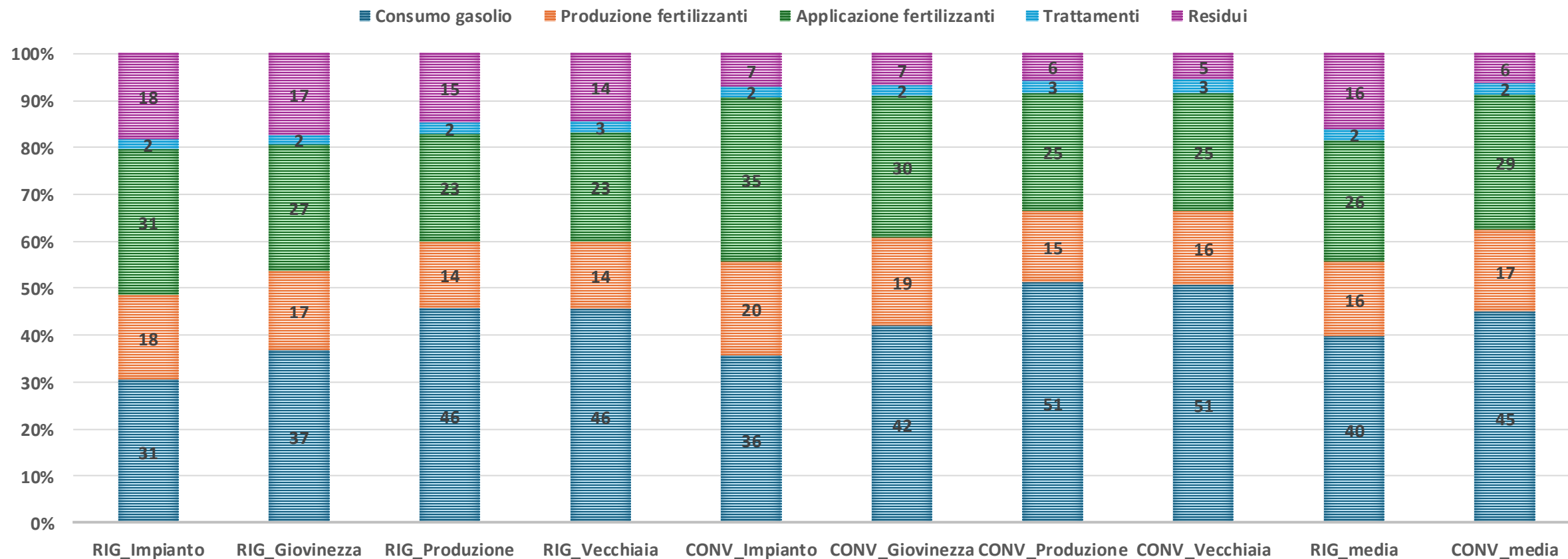
- Scenario RIG contributo significativo al GWP_{lordo} è rappresentato dalle emissioni legate ai residui di potatura (1.01 Ton CO_{2eq} ha⁻¹ vs 0.35 dello scenario CONV)

La fase che presenta il **minor GWP** è la fase di giovinezza, per entrambi gli scenari, la quale è caratterizzata da un minor utilizzo di gasolio (minori trattamenti e minore frequenza di raccolta);

Emissioni nette (GWP_{netto}): in media queste risultano essere pari a **3.92** e a **5.62** Ton CO_{2eq} ha⁻¹, rispettivamente per lo **Scenario RIG** e per lo **Scenario CONV**. Questa differenza (-1.70 Ton CO_{2eq} ha⁻¹) è legata alla capacità mitigante del SOC che va a ridurre le emissioni lorde del sistema.

Riduzione circa 30%

Accumulo medio, considerando le 4 fasi simulate, risulta essere pari a 0.65 e 0.03 Ton C ha⁻¹, rispettivamente nello Scenario RIG e CONV che tradotte in mancate emissioni, risultano essere pari a **2.40** e **0.10** Ton CO₂ eq/ha.

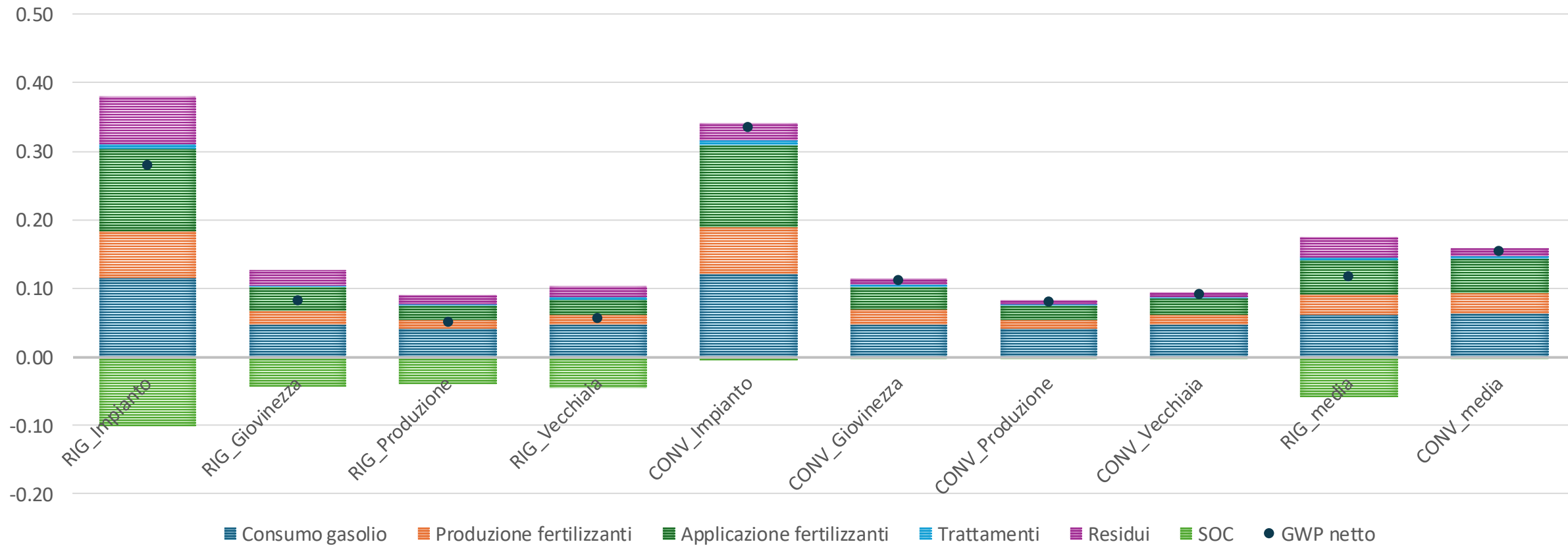


Peso percentuale dei diversi input considerati nelle singole fasi di sviluppo del meleto per i due scenari considerati.

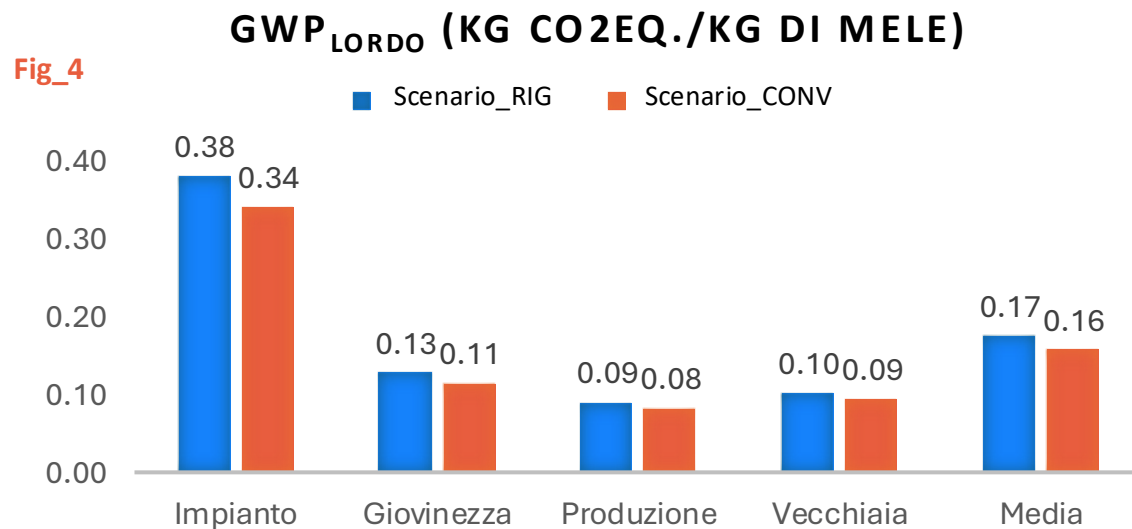
A destra sono rappresentate le medie.

Si nota come la fetta maggiore in entrambi gli scenari è rappresentata dal consumo di gasolio.

GWP (KG CO2EQ/KG DI MELE)



GWP_{lordo} e GWP_{netto} per entrambi gli scenari espressi come kg CO_{2eq}/kg di mele. A destra sono rappresentate le medie.



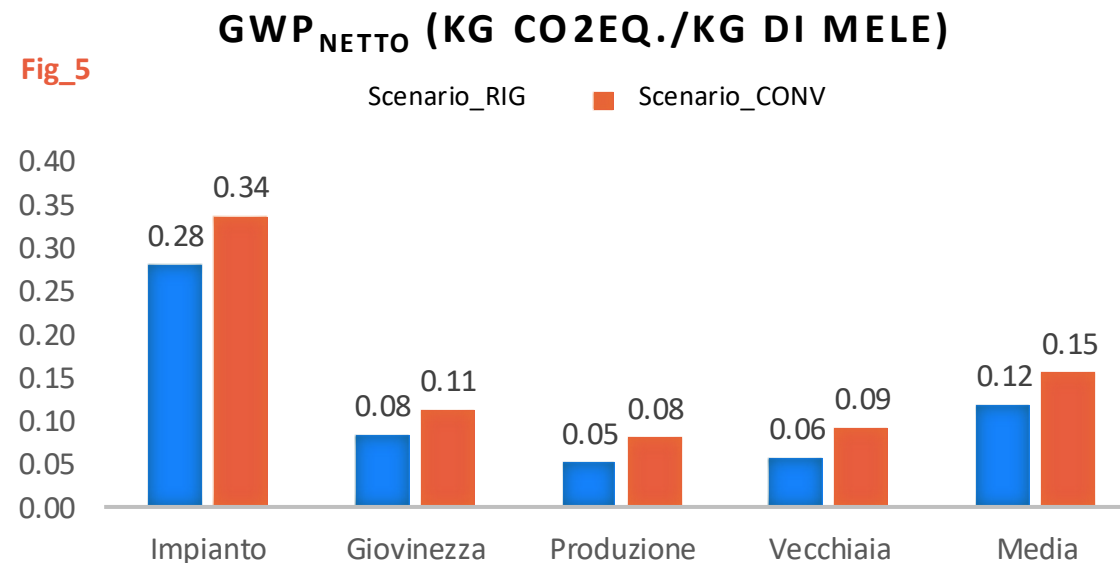
GWP per kg di prodotto: lordo vs netto (effetto SOC)

Senza considerare il SOC (GWP_{lordo}):

- RIG: 0,17 kg CO₂eq/kg
- CONV: 0,16 kg CO₂eq/kg
- Trend costante in tutte le fasi del ciclo

Motivo del maggior GWP_{lordo} in RIG: emissioni legate ai residui di potatura

- contributo medio: 0,03 kg CO₂eq kg di mele⁻¹



Considerando il SOC: GWP_{netto}

- RIG: 0,12 kg CO₂eq/kg
- CONV: 0,15 kg CO₂eq/kg

Vantaggio RIG: -20% rispetto a CONV

Lo scenario RIG può risultare leggermente peggiore sul GWP_{lordo}, ma diventa migliore sul GWP_{netto} grazie al ruolo mitigante del SOC.

La gestione RIG (interramento residui di potatura) risulta più sostenibile dello scenario CONV

Riduzione del GWP netto: -30,2% rispetto a CONV

Driver chiave: il SOC (carbonio organico del suolo)

- interpretato come CO₂ stoccata → emissioni evitate
- contribuisce in modo significativo alla diminuzione del GWP

GWP per kg di frutta: effetto della resa

Il GWP “per prodotto” dipende dalla quantità di mele prodotte

- Più alto nelle prime due fasi (produzione più bassa)
- Più basso in III e IV fase (produzione più elevata)

Messaggio chiave:

La gestione Rigenerativa migliora l’impatto climatico netto grazie al SOC; il GWP per kg varia soprattutto con la resa nelle diverse fasi del meleto.



engage.app

MATERIALI E METODI

Pesco



Metodo utilizzato: Life Cycle Assessment, LCA

- Confini dello studio: dalla fase d'impianto del meieto fino alla raccolta della frutta (pesca);
- Esclusione: trasporto, stoccaggio e produzione degli astoni;
- La classe d'impatto simulata: Global Warming Potential (GWP_{lordo} e GWP_{netto}) espresso come $\text{Ton CO}_{2\text{eq}} \text{ ha}^{-1}$
- Unità funzionale: superficie (ha) e la produzione di frutta (kg)
- Software utilizzato: Cool Farm Tool (CFT) versione 2.46



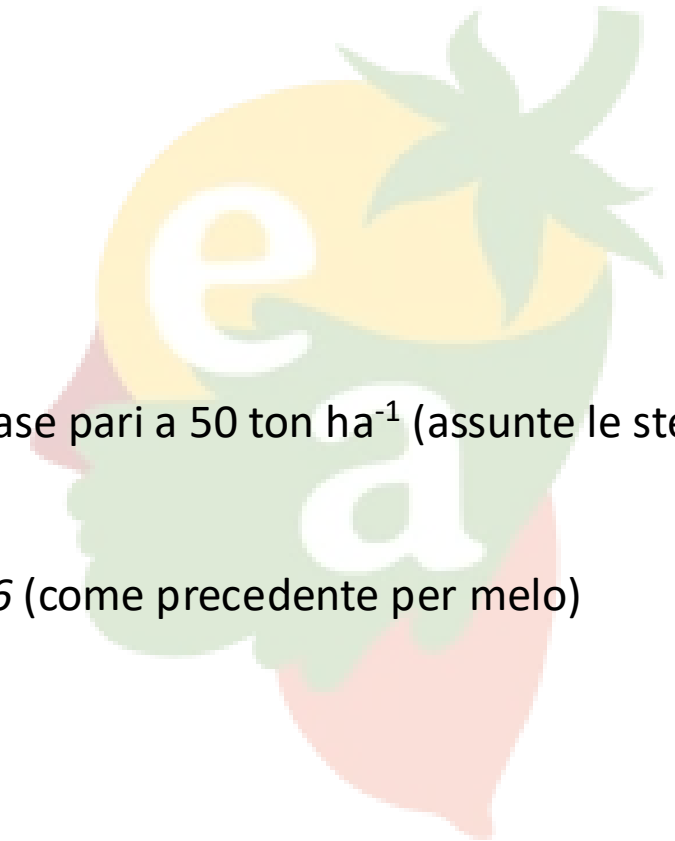
Luogo: zona di Ravenna**(SO: 1.9%; densità suolo: 1.46 g/cm³, profondità: 30 cm; SOC: 48.27 Ton C ha⁻¹)**

Pescheto (22 anni):

- fase di impianto (3 anni);
- giovinezza (2 anni);
- piena produzione (10 anni);
- vecchiaia (7 anni)

Produzione di pesche: stimate nelle varie fasi partendo dalla produzione della III° fase pari a 50 ton ha⁻¹ (assunte le stesse nei due scenari);

Residui di potatura: stimati utilizzando l'equazione proposta da Dyjakon *et al.*, 2016 (come precedente per melo)



- Gestione dei residui nello scenario CONV: imballati con una imballatrice identica a quella utilizzata da Dyjakon, 2018 munita di andanatori laterali. Le perdite post-imballatura risultano essere pari al 21.5% dei sarmenti prodotti (calcolato dalla media dei valori riscontrati da Dyjakon, 2018 ed assumendo un'umidità del 44% (*Magagnotti et al., 2013*));
- Biomassa derivante dalla cover crop dello scenario RIG: assunta essere pari alla media dei valori misurati da Scandellari *et al., 2016*;
- Consumo di gasolio: stimato da letteratura e differenziato per le fasi produttive e le operazioni svolte nei due scenari

	Impianto (3)	Giovinetza (2)	Produzione (10)	Vecchiaia (7)	Media
Produzione mele (Mg ha ⁻¹)	15	46	77	67	51.3
Residui di potatura (Mg ss ha ⁻¹)	2.603	2.577	2.509	2.411	3.5
Biomassa cover crop naturale (Mg ss ha ⁻¹)	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
Somma cover + residui (Mg ss ha ⁻¹)	3.798	3.772	3.704	3.606	3.720
Consumo di gasolio (Lt ha ⁻¹) Scenario RIG	422	407	517.7	501.7	462.1
Consumo di gasolio (Lt ha ⁻¹) Scenario CONV	438	423	534	518	478.3
Perdite residui post imballatura (Mg ss ha ⁻¹)	0.56	0.554	0.539	0.518	0.543

Tabella dei valori degli input utilizzati nello studio.

- Tra parentesi sono indicati gli anni corrispondenti alle diverse fasi di sviluppo del pescheto.



- **Concimazioni:** assunte le stesse nei due scenari: concimazione d'impianto (avvenuta nel 1° anno della fase d'impianto) utilizzando 40000 kg ha^{-1} di fertilizzante organico, 20 kg ha^{-1} di nitrato di magnesio, 30 kg ha^{-1} di urea fosfato, 40 kg ha^{-1} di nitrato di potassio e 20 kg ha^{-1} di nitrato ammonico. L'apporto del concime organico avviene una volta ogni due anni e non vengono più utilizzati i concimi chimici.
- **I concimi sono stati somministrati attraverso fertirrigazione per entrambi gli scenari.**
Nello studio il software CTF, oltre alle emissioni legate al loro utilizzo in campo, stima anche quelle legate alla loro produzione.
- **L'irrigazione**, effettuata a goccia, è stata stimata considerando un consumo idrico medio nel periodo di impianto pari a $4200 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ (14 interventi da $300 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$) mentre negli altri tre periodi pari, in media, a $3900 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$

- **Trattamenti (insetticidi e fungicidi).**

simulato in accordo alle informazioni date dall'agricoltore (35 interventi). Nelle prime due fasi sono stati dimezzati i trattamenti.

- **Stima del carbonio organico del suolo (SOC)**

Assunto un tasso di accumulo annuo per lo scenario RIG pari a $0.83 \text{ Ton ha}^{-1}\text{anno}^{-1}$ mentre nello scenario CONV pari a $0.034 \text{ Ton ha}^{-1}\text{anno}^{-1}$ in accordo con *Montanaro et al., 2017*.

Non è stato considerato l'accumulo di SOC derivante dalla lettiera in quanto non stimata e non trovata in letteratura. *Montanaro et al., 2010* suggerisce che l'accumulo di carbonio nel suolo è difficilmente misurabile nei primi anni di impianto del frutteto.

Per questo motivo è stato assunto che nella fase d'impianto il tasso di accumulo di carbonio nel suolo fosse pari alla metà, e pari a circa il 33% (dell'annuale) nella fase giovanile, rispettivamente 0.41 e $0.55 \text{ Ton ha}^{-1} \text{ anno}^{-1}$ nello scenario RIG e 0.017 e $0.023 \text{ Ton ha}^{-1} \text{ anno}^{-1}$ nello scenario CONV.

- Le quantità di carbonio organico stoccate sono state tradotte in mancate emissioni di CO₂ moltiplicando il valore di SOC per 3.67.
- In aggiunta è stato calcolato il GWP_{netto} (emissioni nette) dato dalla differenza tra le emissioni del sistema ed il SOC stoccato:

$$\text{GWP}_{\text{netto}} (\text{kg CO}_{2\text{eq}}) = \text{GWP}_{\text{lordo}} (\text{kg CO}_{2\text{eq}}) - \text{SOC} (\text{kg CO}_{2\text{eq}})$$



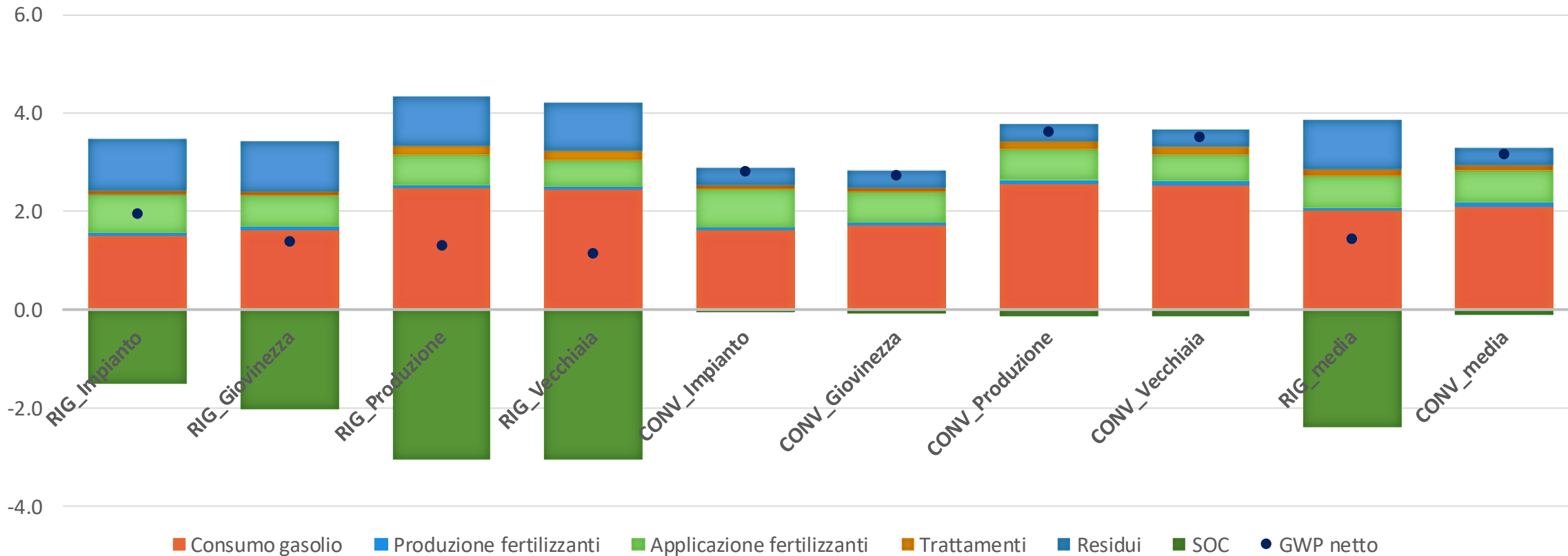
engage.app

RISULTATI

Pesco



GWP (TON CO2EQ/HA)



Contributo dei vari input al GWP delle singole fasi di sviluppo del pescheto per i due scenari.

A destra sono rappresentate le medie.

Viene rappresentato anche il GWP_{netto} dato dalla differenza tra il GWP_{lordo} ed il SOC

GWP_{lordo} medio (4 fasi): scenario RIG: **3.86** Ton CO_{2eq} ha⁻¹ VS scenario CONV: **3,28** Ton CO_{2eq} ha⁻¹
(NON SI CONSIDERA IL SOC!!!)

In entrambi gli scenari:

la fase con GWP maggiore è la Produzione, seguita dalla Vecchiaia con una media delle due fasi di 4,34 Ton CO_{2eq} ha⁻¹ (RIG) vs 3,76 (CONV)

Fattore dominante: consumo di gasolio, in particolare per raccolta e le operazioni colturali

Gasolio (media): 2.48 Ton CO_{2eq} ha⁻¹ (RIG) vs 2,57 (CONV)

Altri contributi rilevanti: fertilizzanti (produzione ed utilizzo):
rispettivamente 0.1 e 0,64 Ton CO_{2eq} ha⁻¹

Fitosanitari

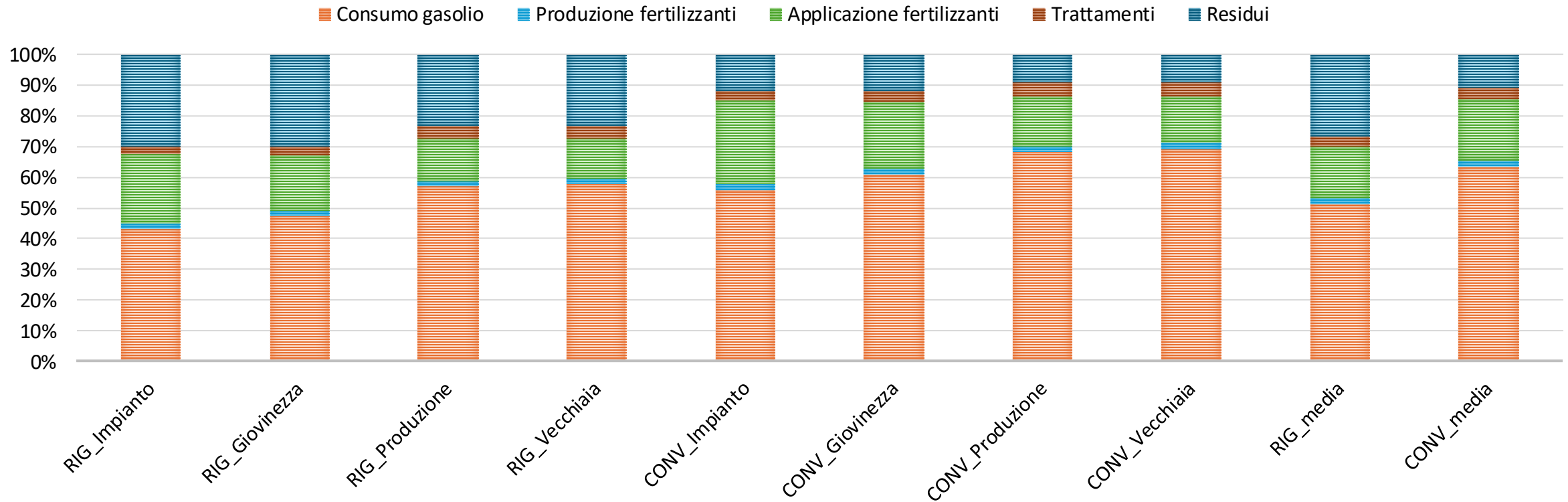
contributo non significativo (≈ 0,1 Ton CO_{2eq} ha⁻¹)

- Scenario RIG contributo significativo al GWP_{lordo} è rappresentato dalle emissioni legate ai residui di potatura (1.01 Ton CO_{2eq} ha⁻¹ vs 0.34 dello scenario CONV)

La fase che presenta il minor GWP è la fase di giovinezza, per entrambi gli scenari, la quale è caratterizzata da un minor utilizzo di gasolio (minori trattamenti e minore frequenza di raccolta);

Emissioni nette (GWP_{netto}): in media queste risultano essere pari a **1,46** e a **3.18** Ton CO_{2eq} ha⁻¹, rispettivamente per lo Scenario RIG e per lo Scenario CONV. Questa differenza (circa 1.70 Ton CO_{2eq} ha⁻¹) è legata alla capacità mitigante del SOC che va a ridurre le emissioni lorde del sistema.

Riduzione circa 54%

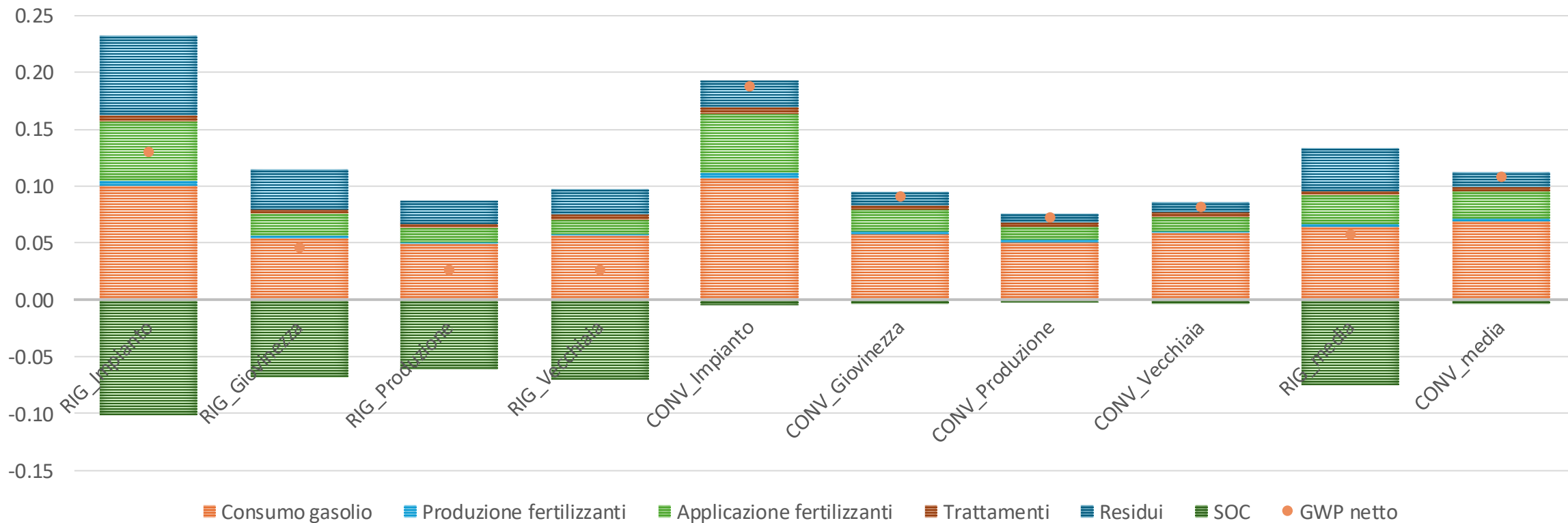


Peso percentuale dei diversi input considerati nelle singole fasi di sviluppo del pescheto per i due scenari considerati.

A destra sono rappresentate le medie.

Si nota come la fetta maggiore in entrambi gli scenari è rappresentata dal consumo di gasolio.

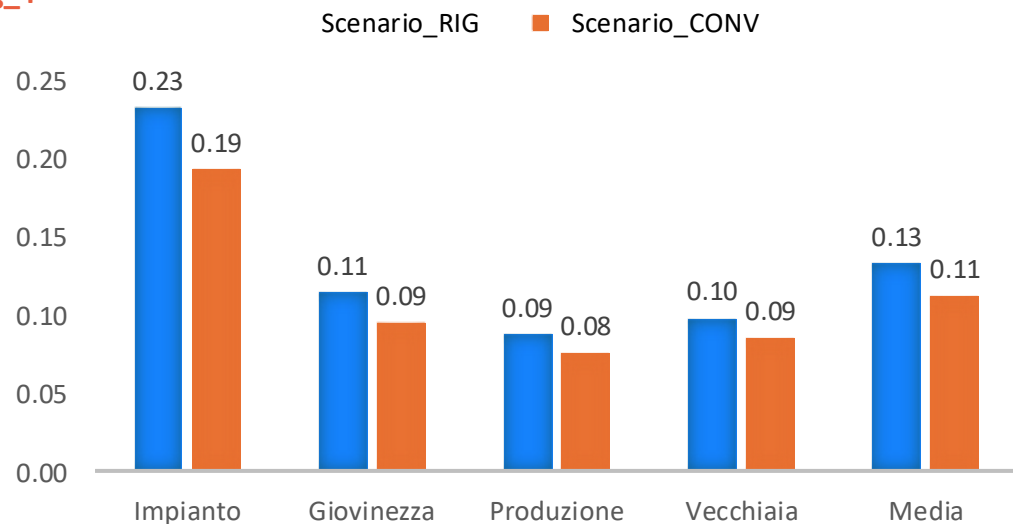
GWP (KGCO2EQ/KG DI PESCHE)



GWP_{lordo} e GWP_{netto} per entrambi gli scenari espressi come kg CO2eq/kg di mele. A destra sono rappresentate le medie.

GWP_{LORDO} (KG CO₂EQ./KG DI PESCHE)

Fig_4


GWP per kg di prodotto: lordo vs netto (effetto SOC)
Senza considerare il SOC (GWP_{lordo}):

- RIG: 0,13 kg CO₂eq/kg
- CONV: 0,11 kg CO₂eq/kg

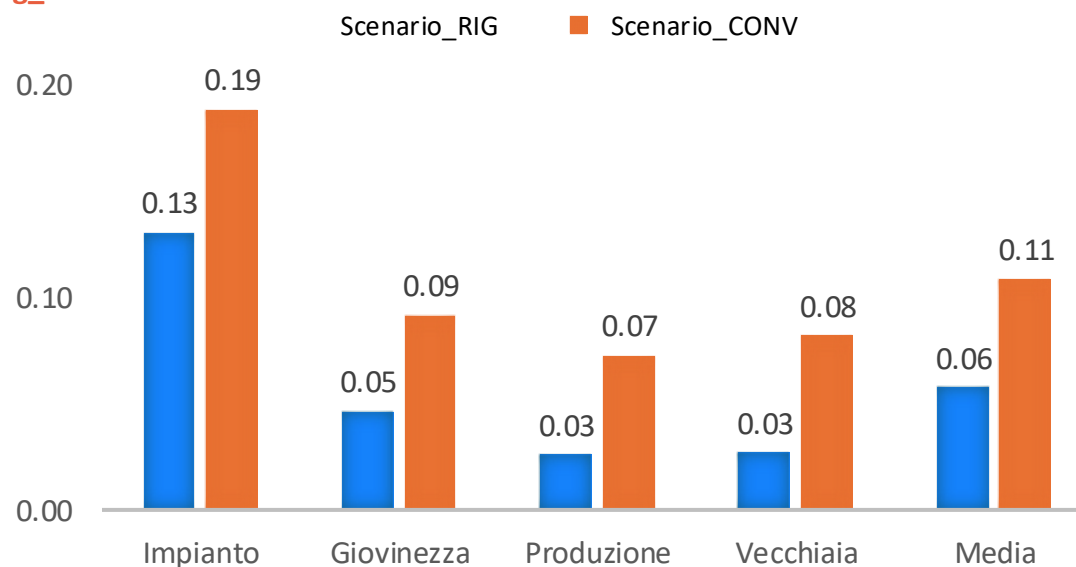
Trend costante in tutte le fasi del ciclo (Fig. 4)

Motivo del maggior GWP_{lordo} in RIG: emissioni legate ai residui di potatura

- contributo medio: 0,04 kg CO₂eq/kg

GWP_{NETTO} (KG CO₂EQ./KG DI PESCHE)

Fig_5


Considerando il SOC: GWP_{netto}

- RIG: 0,06 kg CO₂eq/kg
- CONV: 0,11 kg CO₂eq/kg

Vantaggio RIG: -45% rispetto a CONV (Fig. 5)

Lo scenario RIG può risultare leggermente peggiore sul GWP_{lordo}, ma diventa migliore sul GWP_{netto} grazie al ruolo mitigante del SOC.

La gestione RIG (interramento residui di potatura) risulta più sostenibile dello scenario CONV

Riduzione del GWP netto: – 54% rispetto a CONV

Driver chiave: il SOC (carbonio organico del suolo)

- interpretato come CO₂ stoccata → emissioni evitate
- contribuisce in modo significativo alla diminuzione del GWP

GWP per kg di frutta: effetto della resa

Il GWP “per prodotto” dipende dalla quantità di pesche prodotte

- Più alto nelle prime due fasi (produzione più bassa)
- Più basso in III e IV fase (produzione più elevata)

Messaggio chiave:

La gestione Rigenerativa migliora l’impatto climatico netto grazie al SOC; il GWP per kg varia soprattutto con la resa nelle diverse fasi del pescheto.



engage.app

Raffronto Melo-Pesco



Per ettaro (Ton CO_{2eq} ha⁻¹, media 4 fasi)

Meleto:

- GWP_{lordo}: 6,31 (RIG) vs 5,71 (CONV)
- GWP_{netto}: 3,92 (RIG) vs 5,62 (CONV)
 - (Δ ≈ -1,70, ~-30%)

Per ettaro (Ton CO_{2eq} ha⁻¹, media 4 fasi)

Pescheto:

- GWP_{lordo}: 3,86 (RIG) vs 3,28 (CONV)
- GWP_{netto}: 1,46 (RIG) vs 3,18 (CONV)
 - (Δ ≈ -1,72, ~-54%)

Per kg di prodotto (kg CO_{2eq} kg di frutta⁻¹)

- Meleto: lordo 0,17 vs 0,16; netto 0,12 vs 0,15

Per kg di prodotto (kg CO_{2eq} kg di frutta⁻¹)

- Pescheto: lordo 0,13 vs 0,11; netto 0,06 vs 0,11



1) **Più emissioni lorde nel meleto:** ha **più gasolio** e più input lungo il ciclo

✓ Gasolio medio: Meleto **462–478 l ha⁻¹** vs Pescheto **333–355 l ha⁻¹**

Nel pescheto, dopo l'impianto, **stop ai concimi chimici** (solo organico periodico) → quota fertilizzanti più bassa.

2) **RIG aumenta il “lordo” per i residui:** aggiunge emissioni da residui di **potatura**

✓ Residui: **16%** nel meleto RIG vs **27%** nel pescheto RIG (incidenza più evidente nel pescheto)

✓ **Fertilizzanti chimici (25% in meleto VS 18% in pescheto)**

3) **Il GWP_{netto} migliora grazie al SOC (soprattutto nel pescheto):** l'effetto SOC è simile come ordine di grandezza, ma **pesa di più** dove il lordo è più basso

✓ Per questo la riduzione RIG→CONV è **~–30%** nel meleto ma **~–54%** nel pescheto.

Take home:

Meleto = più “carico” di input → lordo alto;
Pescheto = input più contenuti + SOC più incisivo → netto molto migliore.



engage.app

*un progetto realizzato grazie al contributo
di*



Cofinanziato
dall'Unione europea



<https://www.engageapp.it/>

paoloserra85.ps@gmail.com

Paolo Serra | CITIMAP