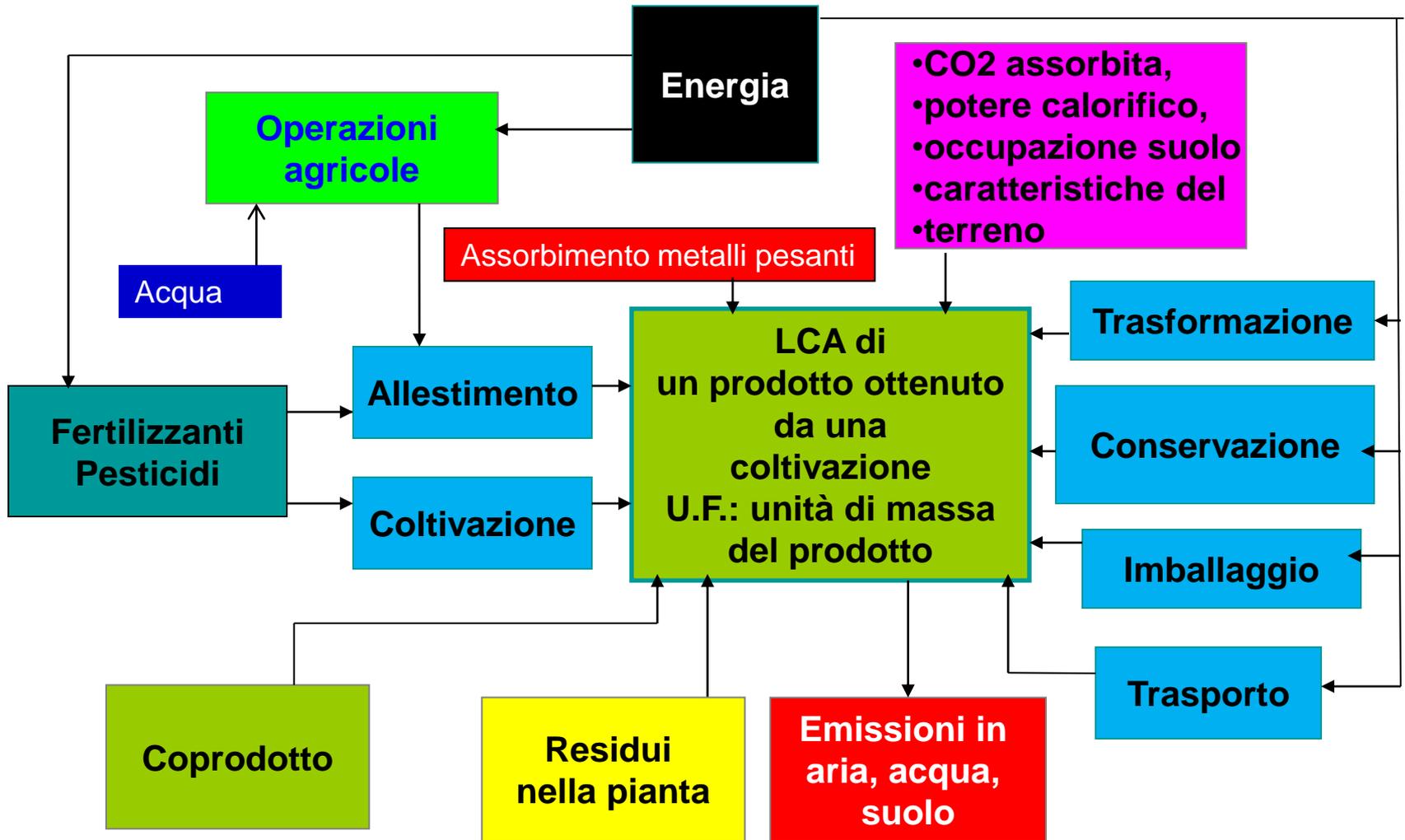




Il metodo LCA applicato al ciclo di vita dell'uva da vino



LCA DI UN PRODOTTO OTTENUTO DA UNA COLTIVAZIONE





Obiettivo dello studio e campo di applicazione

- **Obiettivo:** L'obiettivo dello studio è valutare gli impatti ambientali del ciclo di vita di un vigneto, per la produzione di uva da vino.
- **Funzione del sistema:** il soddisfacimento del bisogno alimentare umano con attenzione alla qualità del prodotto alimentare.
- **Sistema studiato:** il sistema studiato è una struttura produttiva (vigneto) con **sesto d'impianto 1,5m** (distanza tra le viti lungo la fila) per **3m** (distanza tra le file) di superficie complessiva pari a un ettaro, irriguo e ubicato nella fascia della alta pianura della provincia di Reggio Emilia con una produzione ad ettaro di 180 quintali/anno e con una struttura produttiva gestita mediante **scelte agronomiche tradizionali**.
- **Unità Funzionale:** la **massa di uva prodotta in n anni di vita** del vigneto considerata come prodotto e **la qualità del prodotto** identificata con il grado zuccherino come coprodotto con allocazione economica (l'uva di grado zuccherino più elevato ottiene una valutazione economica migliore). **Il sesto di impianto è stato messo in relazione la variabile k (fertilità del terreno, altitudine, esposizione)**. Sono stati studiati **tre diversi assetti del vigneto** (sesti di impianto) che implicano tre diverse gestioni e anni di vita del vigneto: 3×0.8 (48.5 anni), 3×1.5 (30 anni) e 3×2 (23.5).



Caso studio: il vigneto





Obiettivo dello studio e campo di applicazione

- **Confini del sistema:** i confini vanno dalla **produzione della pianta del vivaio (la barbatella)** alla **vendita del frutto** comprendendo la preparazione del terreno, la sua fertilizzazione, l'allevamento delle barbatelle, la costruzione dell'impianto, i trattamenti fitosanitari, la raccolta.
- **Qualità dei dati:** i dati usati sono tutti **primari**. Per i processi è stata usata Ecoinvent 2 e banche dati proprie costruite nell'elaborazione di 250 studi LCA. I metodi di calcolo usati sono IMPACT 2002+ (midpoint e endpoint) modificato con l'introduzione dei costi esterni, dei costi interni, di indicatori socioculturali, EPS (endpoint) per i costi esterni, ReCiPe midpoint ed endpoint, USEtox. Il codice usato è SimaPro 8.02.



La variabile k

- Al sesto 3*1.5 (alta pianura) è stato attribuito un valore $k=1$.
- Al sesto 3*2 (bassa pianura) è stato attribuito un valore $k=1,333$.
- Al sesto 3*0.8 (collina) è stato attribuito un valore $k=0.53333$.
- Il **fattore k** determina **distanza tra le piante lungo la fila: $dbf=1.5*k$** ; mentre la distanza tra le file è stato considerato costante.



Il coprodotto come grado zuccherino

- Per il vino è stato considerato come coprodotto il **grado zuccherino**.
- Al sesto $3 \cdot 0,8$ è stato attribuito il grado massimo pari a **19.70 babo** con il prezzo dell'uva di **60€/q**.
- Al sesto $3 \cdot 2$ è stato attribuito il grado minimo pari a **15.32 babo** con il prezzo dell'uva di **30€/q**.
- Al sesto $3 \cdot 1.5$ è stato attribuito il grado intermedio pari a **17.145 babo** con il prezzo dell'uva di **42,5€/q**.



I tralci di potatura

- I tralci sono stati **lasciati sul terreno** e considerati come fertilizzanti di sintesi la cui quantità viene quindi ridotta (**prodotto evitato**).
- La quantità del prodotto evitato è stata calcolata considerando il contenuto in N, P, K degli sfalci.
- **Le loro emissioni** durante la decomposizione sono state considerate come le emissioni dei fertilizzanti di sintesi.



Le emissioni dei fertilizzanti (calcolo mediante procedura Ecoinvent)

- Non tutto il fertilizzante viene assorbito dalla pianta.
- Parte di esso viene immesso nell'**aria** producendo ammoniaca (NH_3) e ossidi di azoto (NO_x) che producono Affezioni respiratorie e monossido di azoto (N_2O) che produce Effetto serra.
- Parte dilava e raggiunge le **acque sotterranee** (P) e le acque superficiali (P e NO_3). Nelle **acque superficiali** produce l' Eutrofizzazione.



Le emissioni dei fitofarmaci

- Per il principio attivo di ciascun fitofarmaco si calcolano le sue emissioni in aria, acqua, suolo e biomassa usando il **Metodo Mackay**.
- Si calcolano le masse applicando le relazioni mediante un **foglio di calcolo** oppure si cercano i valori sul sito di ISPRA, quando sono disponibili.
- I principi attivi dei fitofarmaci possono essere cancerogeni o produrre altre **malattie per l'uomo e tossici per l'acqua e il suolo**.
- Dato la non conoscenza dei quantitativi di metalli pesanti contenuti nei prodotti fitosanitari, si è aumentato del 10% le quantità ottenute dal bilancio ecoinvent.



Il calcolo mediante il Metodo di fugacità del Mackay

Il metodo MACKAY, (1978 e1981), si basa sul concetto termodinamico di **fugacità** che, in sintesi, si può definire come la tendenza di un fluido a "fuggire" (escaping tendency) o espandersi isotermicamente.

Le assunzioni di base del modello originale di Mackay, livello I, sono essenzialmente quattro:

- la molecola si considera non reattiva e pertanto si escludono i fenomeni degradativi
- non deve essere presente in forma ionica
- non deve essere un polimero
- non ci sono trasporti di massa verso l'esterno del sistema multi-compartimentale definito dal modello, cioè si opera in un sistema chiuso.

Il livello I del modello di Mackay calcola la distribuzione del contaminante tra i diversi comparti ambientali (aria, acqua, suolo, biomassa) in un sistema chiuso e all'equilibrio, a seguito di una singola immissione della sostanza è il livello statico del modello.



Le emissioni dei metalli pesanti nell'acqua e nel suolo

- I metalli pesanti sono contenuti nei fertilizzanti e nei fitofarmaci e quindi con la coltivazione vengono emessi nell'acqua e nel suolo.
- Il terreno contiene metalli pesanti che vengono assorbiti dalle piante e servono per la loro crescita (importanza dell'equilibrio tra la presenza e il bisogno).
- Attraverso la biomassa i metalli pesanti raggiungono gli animali e l'uomo direttamente o, indirettamente, attraverso gli animali di cui l'uomo si ciba.
- I metalli pesanti possono essere cancerogeni o produrre altre malattie per l'uomo e sono tossici per l'acqua e per il suolo.
- Si calcolano le emissioni applicando le relazioni di Ecoinvent.



Le emissioni dei metalli pesanti nell'acqua e nel suolo

Ecoinvent considera tre tipi di emissione:

- **Lisciviazione** dei metalli pesanti nelle acque superficiali (valori sempre positivi).
- Emissione di metalli pesanti nelle acque superficiali dovuta all' **erosione del suolo** (valori sempre positivi).
- Emissioni di metalli pesanti nel suolo agricolo (valori positivi o negativi).



Le emissioni dei metalli pesanti nel suolo

Il bilancio di tutti gli input nel suolo (**fertilizzanti, pesticidi, semi e deposizione atmosferica**) e gli output in uscita dal suolo (**biomassa in uscita, lisciviazione ed erosione**), moltiplicato per un fattore di allocazione rappresenta l'**emissione** del metallo pesante nel suolo agricolo.

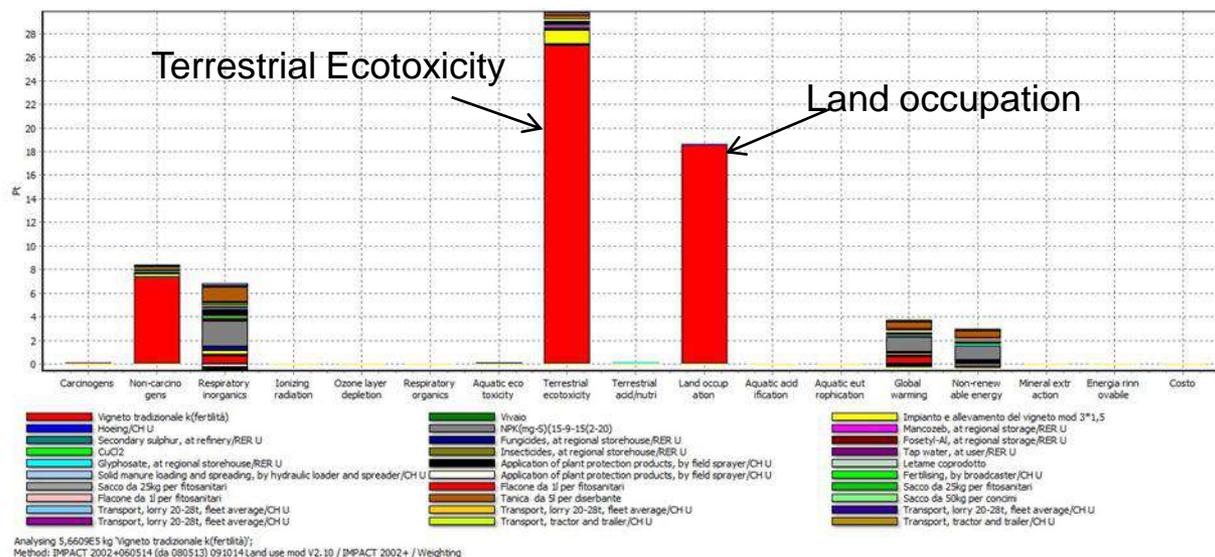


L'uso del territorio

- L'agricoltura, come tutte le azioni dell'uomo, **cambia** le condizioni della natura. Il terreno agricolo viene creato modificando le condizioni primarie del territorio e del suolo e, quindi, **le caratteristiche della biodiversità**.
- Del danno dovuto all'occupazione si tiene conto mediante coefficienti di caratterizzazione che considerano la **riduzione del numero di specie vegetali e animali rispetto al numero di specie presenti nella condizione primaria**.
- Del danno dovuto alla trasformazione dalla condizione primaria e del vantaggio dovuto al recupero verso la condizione primaria si tiene conto mediante coefficienti di caratterizzazione che tengano conto del **tempo stimato come necessario per tali trasformazioni**.



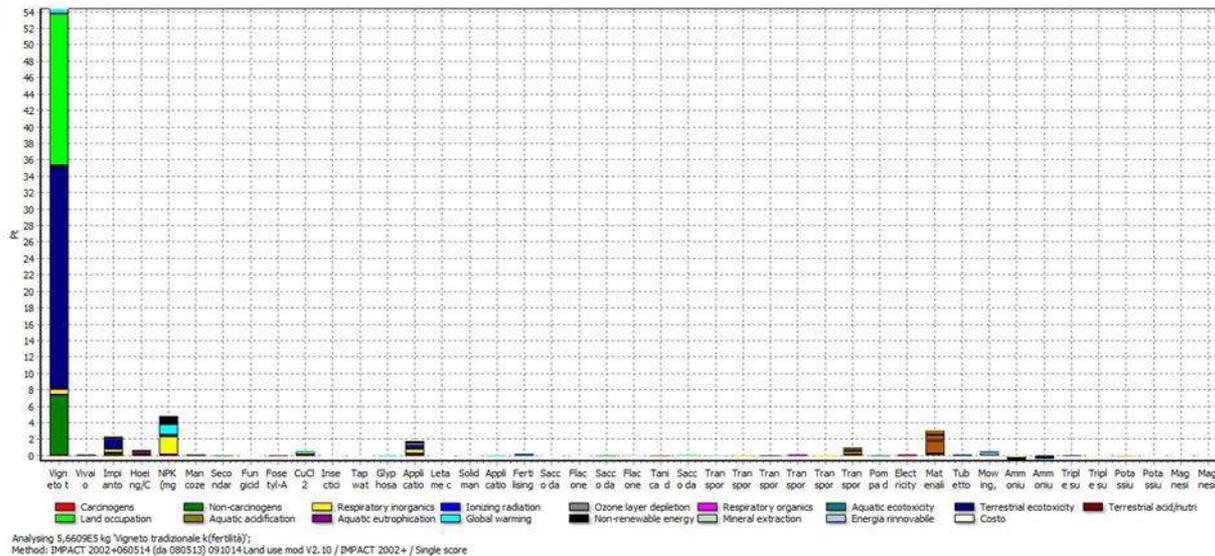
La valutazione con **IMPACT** del danno per categoria di impatto del sesto 3*1.5



Il danno totale vale 69659Pt ed è dovuto per il 78.08% a **Terrestrial Ecotoxicity** dovute ai fertilizzanti e ai fitofarmaci e a **Land occupation**.



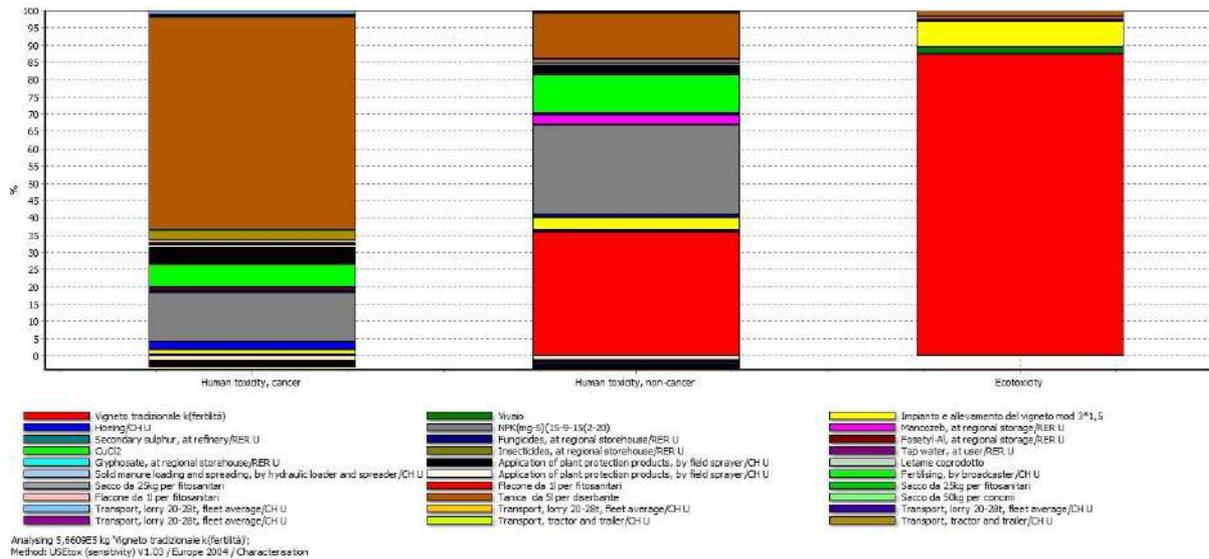
La valutazione con **IMPACT** del danno per processo del sesto 3*1.5



Il danno riguarda:
per il 21.16% **Human health**,
per il **70.10%** **Ecosystem quality**,
per il 4.93% **Climate change**
per il 3.81% **Resources**.



La valutazione con USEtox del danno per categoria di impatto del sesto 3*1.5

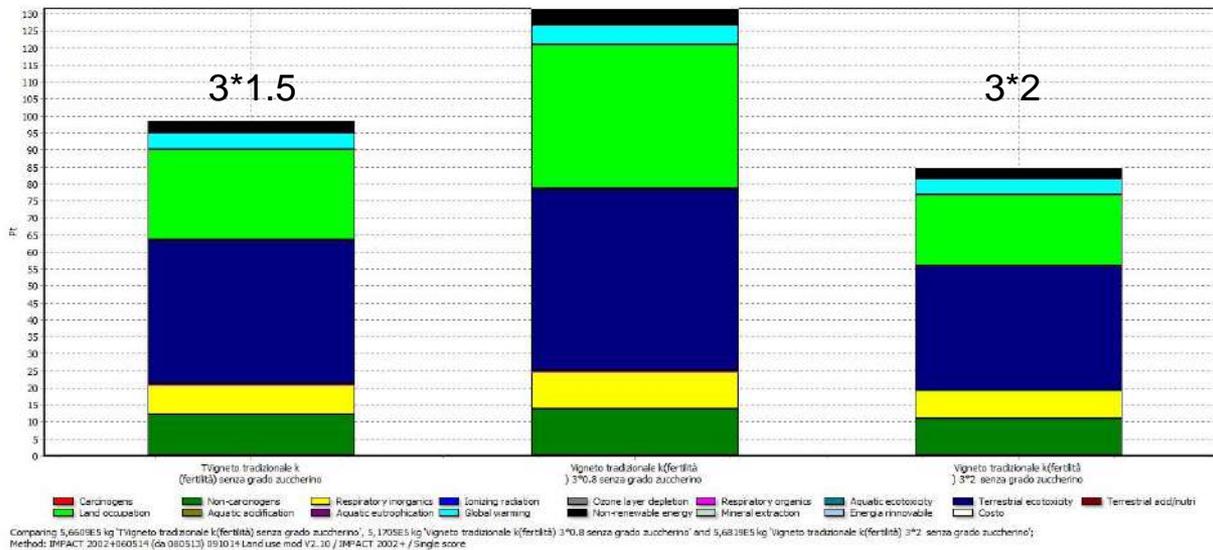


In **Human toxicity non-cancer** e in **Ecotoxicity** il danno è dovuto principalmente alle **emissioni dirette** in aria, acqua e suolo (colore rosso) tra le quali il maggior peso è attribuito ai principi attivi dei prodotti fitosanitari.



Variazione del sesto di impianto **senza allocazione** (senza il coprodotto grado zuccherino)

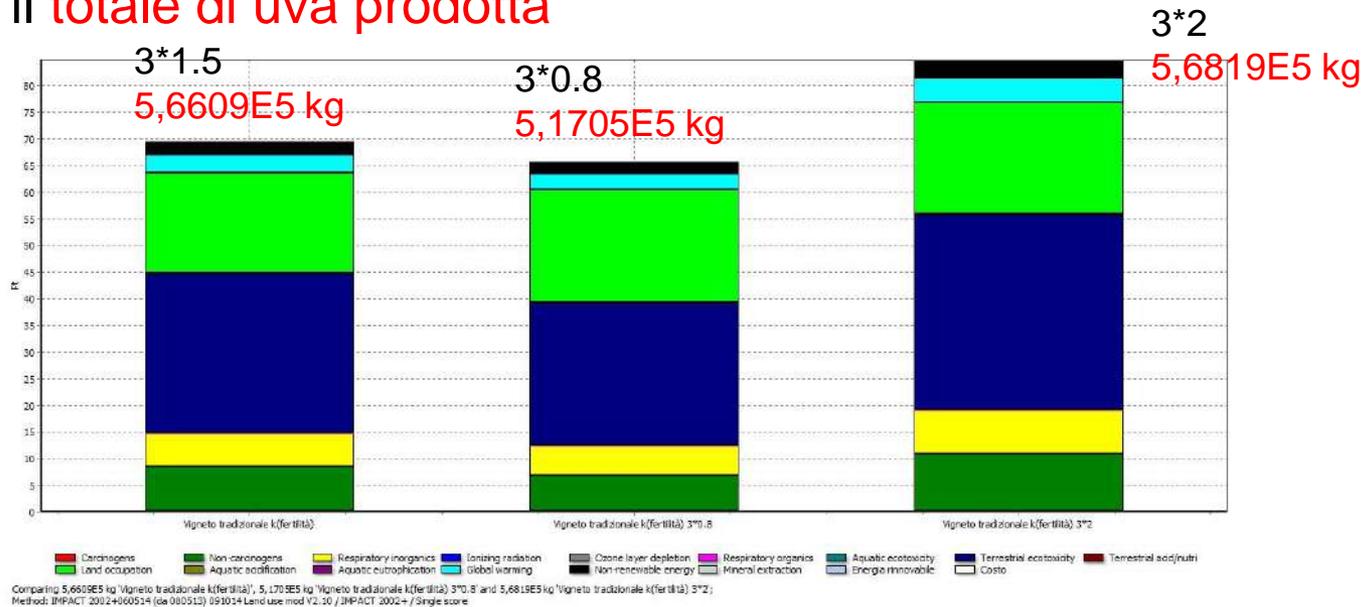
$3*0.8$



Il danno **minimo** è quello dovuto al sesto di impianto **3*2** soprattutto a causa del migliore uso del territorio (in verde chiaro) (**Land occupation**) e del minore impatto nella categoria di impatto (in blu) **Terrestrial ecotoxicity** dovuto alla maggiore emissione di *Zinc* e di *Copper* nel suolo contenuti per la maggior parte nel letame.



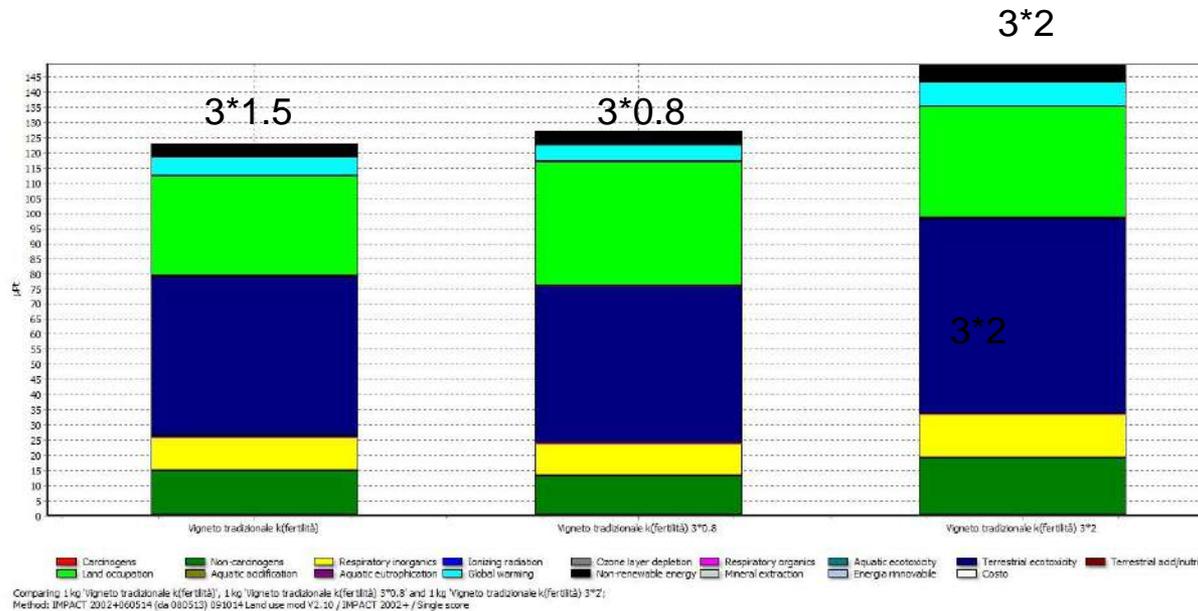
La valutazione con IMPACT del confronto tra i tre sesti per il **totale di uva prodotta**



Il **danno minimo** è quello dovuto al sesto di impianto **3*0.8** soprattutto a causa dell'allocazione del grado zuccherino che, in questo caso, raggiunge il valore massimo del 50%.



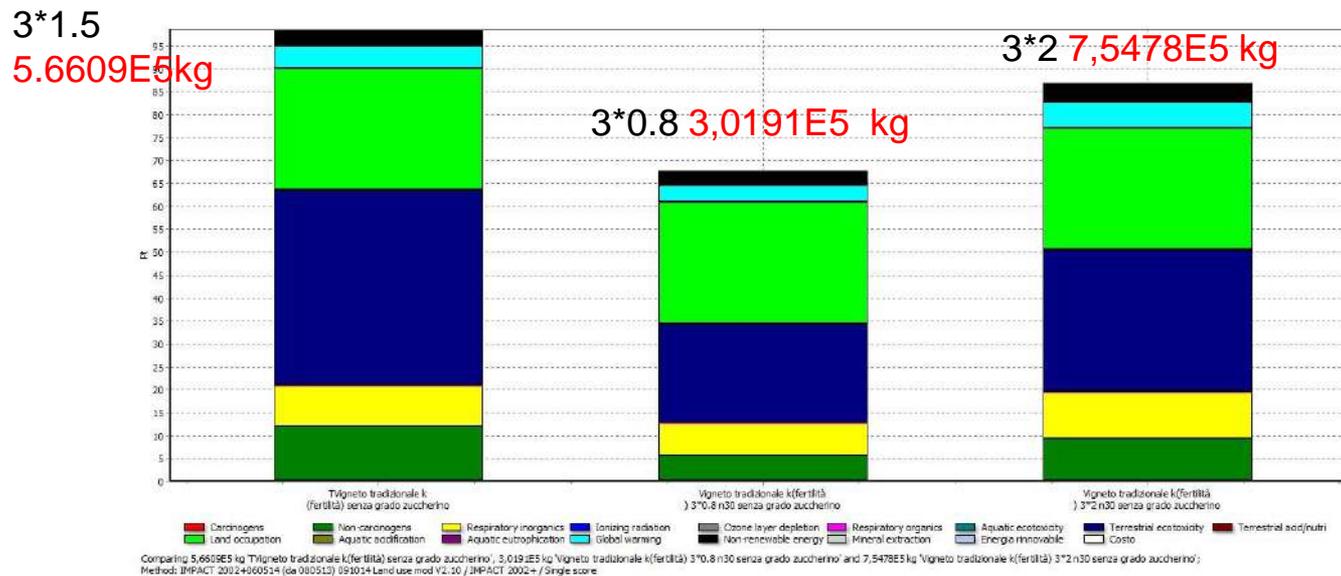
La valutazione con IMPACT del confronto tra i tre sesti per **1kg** di uva



Il danno **minimo** è quello dovuto al sesto di impianto **3*1.5** considerando che in questo caso il danno è allocato al 30% a causa del grado zuccherino. Alla luce di questo risultato, la soluzione ambientale migliore per produrre 1kg di uva è quella relativa al sesto di impianto **3*1.5**. In questo caso gioca un ruolo importante la quantità di uva prodotta.



Confronto a parità della durata del vigneto (30 anni) senza grado zuccherino

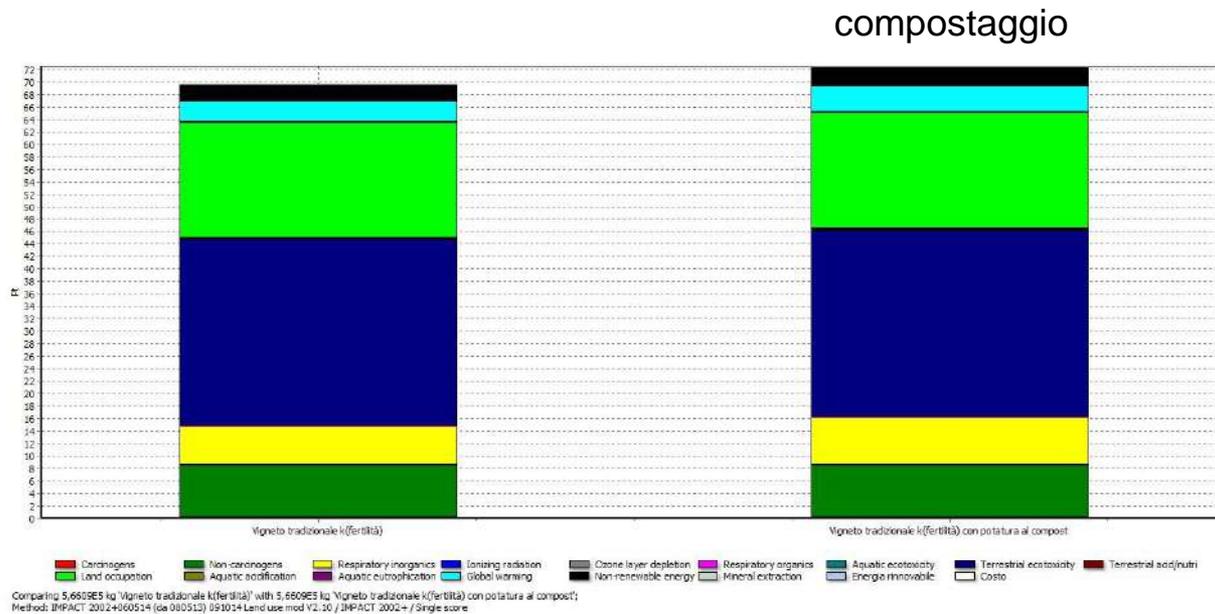


Il danno **minimo** è quello dovuto al sesto di impianto **3*0.8**.

Le differenze tra le tre diverse gestioni del vigneto si ha in **Terrestrial ecotoxicity**. La causa principale della differenza tra il danno del sesto 3*1.5 e 3*2 è dovuta alla maggiore esportazione dal sistema del frutto che si ha nel 3*2 perché produce una maggiore quantità di uva. Tale esportazione comporta una riduzione dei metalli pesanti dal sistema. Il sesto 3*0.8 presenta un danno minimo in tale categoria perché necessita di una minore quantità di fertilizzante e di fitofarmaci.



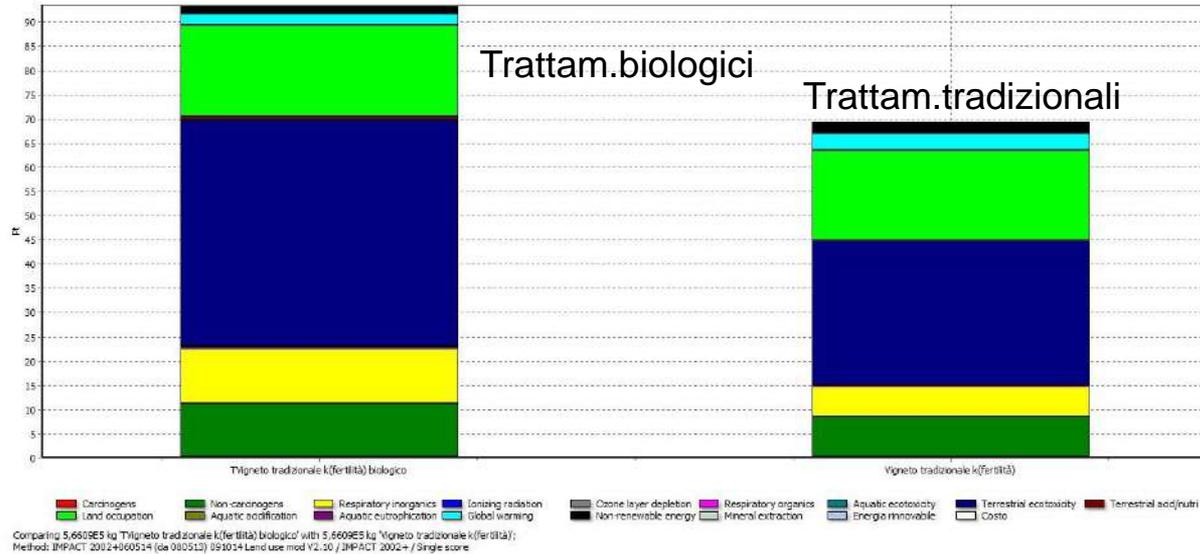
Esportazione dal sistema della biomassa da potatura per il sesto 3*1.5 (compostaggio)



Il danno aumenta del 4.12%. Il risultato è dovuto al fatto che si annullano i fertilizzanti evitati contenuti nella biomassa da potatura e c'è il danno dovuto al compostaggio. Aumentano i danni in **Global warming** (azzurro) e in **Non-renewable energy** (nero)



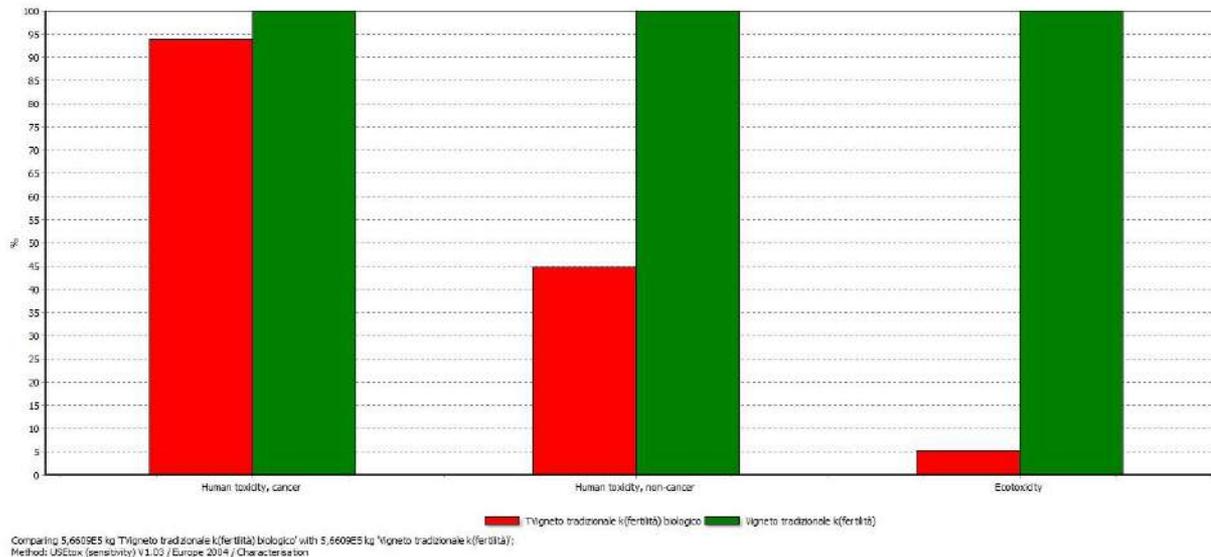
Confronto per il 3*1.5 di trattamenti con prodotti ammessi nell'agricoltura **biologica** e di trattamenti **tradizionali** (IMPACT)



Il danno massimo è quello dovuto alla gestione con prodotti biologici soprattutto a causa dell'uso del **letame** come fertilizzante (34.32%).



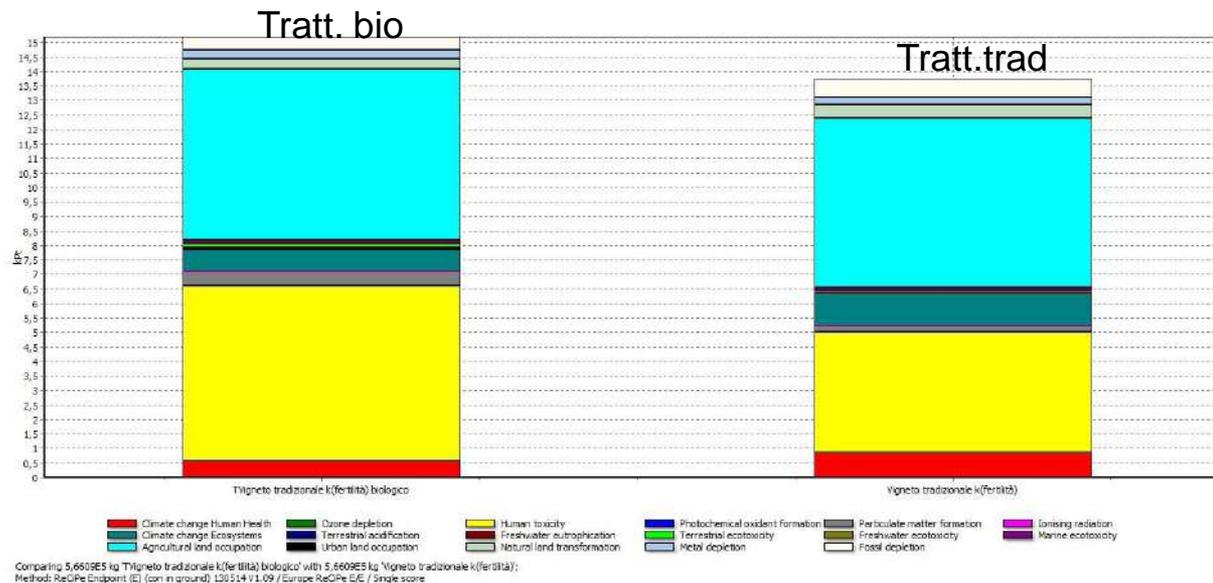
Confronto per il 3*1.5 di trattamenti con prodotti ammessi nell'agricoltura biologica (rosso) e tradizionali (verde) (USEtox)



In tutte le tre categorie di impatto il danno è maggiore per la produzione tradizionale. Per le categorie **Human toxicity non-cancer** (55.17%) e **Ecotoxicity** (94.86%) ciò è dovuto al maggior peso attribuito ai principi attivi dei fitofarmaci.



Confronto per il 3*1.5 di trattamenti con prodotti ammessi nell'agricoltura biologica e tradizionali (ReCiPe)



- Il danno per la produzione biologica è maggiore del 10.45% di quello della produzione Tradizionale.
- In termini assoluti il massimo aumento si ha per la categoria **Human toxicity** in giallo (1.89Pt). Ciò è dovuto alla maggiore presenza di metalli pesanti nel letame e al minor peso che il metodo attribuisce ai principi attivi dei fitofarmaci.



Conclusioni

- Il danno massimo è dovuto alle **emissioni dirette dei fertilizzanti e dei fitofarmaci e all'uso del territorio**.
- La variabile k condiziona la durata del vigneto, il sesto d'impianto, la massa totale di uva prodotta durante la vita, la quantità annuale dei trattamenti di fertilizzanti e di prodotti fitosanitari.
- **Se si tiene conto della qualità, il danno minore è quello del sesto $3*0.8$.**
- **Se non si tiene conto della qualità il danno minore è quello del sesto $3*2$.**
- Il trattamento con prodotti biologici che prevede la completa sostituzione del fertilizzante sintetico con il letame e il non uso di prodotti fitosanitari di sintesi produce un danno che, rispetto a quello ottenuto con trattamenti tradizionali, risulta **minore con USEtox e maggiore con IMPACT e ReCiPe**.
- L'uso del **letame** aumenta il danno nell'eco-tossicità terrestre.



Da fare nei prossimi studi

- Calcolo del danno che subisce il terreno tenendo conto delle sue **caratteristiche fisiche** (tessitura, permeabilità etc.) e **chimiche**.
- Definizione della **fertilità** del terreno sulla base dell'analisi delle sue Caratteristiche prima e dopo una coltivazione.
- Definizione di nuovi coprodotti legati ai **valori nutrizionali** del prodotto Principale in modo da definirne con più precisione la qualità.
- Calcolo del **bilancio dei metalli pesanti**: i metalli che vengono utilizzati dalla pianta per il suo ciclo vegetativo e vengono restituiti con il fine vita della pianta e della sua produzione.