

Analisi LCA di screening per un sistema di trattamento robotico alternativo ai prodotti antifungini in viticoltura

Progetto ICARO X4



Rev_Gennaio 2021

WARRANT INNOVATION LAB S.R.L.

SEDE LEGALE CORSO MAZZINI 11 | **SEDE OPERATIVA** VIA CARPI 38 42015 CORREGGIO (RE) | **T** +39 0522 7337 | **F** +39 0522 692586

E WIL@WINNLAB.IT | **W** WINNLAB.IT | **P.IVA / C.F.** 02598060354 | **REA NR.** 296514 |

CAPITALE SOCIALE Deliberato € 48.000,00 Sottoscritto e versato € 25.200,00



1/16



Sommario

INTRODUZIONE	3
OBIETTIVO	3
MATERIALI E METODI	5
INVENTARIO DEI DATI	6
RACCOLTA DEI DATI	6
TRATTAMENTO TRADIZIONALE	6
TRATTAMENTO UVC	8
MODELLAZIONE	9
RISULTATI	10
ANALISI NUOVE VARIANTI DI ICARO	14
BIBLIOGRAFIA	15



Introduzione

L'obiettivo di questa relazione riassuntiva è quello di descrivere le principali assunzioni e metodi adottati per la quantificazione degli indicatori di performance ambientali relativi al progetto Icaro. I risultati presentati non hanno scopo di supportare asserzioni comparative e devono essere considerati validi all'interno dell'ambito della valutazione del progetto in questione.

Nell'analisi si è fatto riferimento ai requisiti e all'impostazione descritta all'interno delle seguenti norme per l'analisi del ciclo di vita:

- ISO 14040:2006 Environmental management – Life Cycle Assessment – Principles and Framework;
- ISO 14044:2006 Environmental management – Life Cycle Assessment – Requirements and guidelines.

Il Progetto è stato redatto da Alessandro Manzardo ed Elisa Cecchetto dell'Università di Padova in collaborazione con l'azienda Ammagamma S.r.l. (www.ammagamma.com)

Obiettivo

L'obiettivo dello studio è quello di quantificare le potenziali riduzioni di impatti ambientali relative all'adozione di un sistema di trattamento innovativo per la protezione delle piante di vite rispetto a quelli delle tecniche tradizionali basate sulla distribuzione di fitofarmaci. Si considerano quindi gli impatti di due processi con le stesse finalità, ma con consumi e metodi differenti.

Il trattamento tradizionale consiste nella distribuzione di pesticidi diluiti in acqua sulla superficie fogliare delle piante di vite; le operazioni vengono condotte con l'ausilio di un trattore alimentato a gasolio, che effettua un certo numero di passaggi per ettaro di vitigno a seconda delle necessità. I pesticidi servono per bloccare alcune malattie causate da funghi – peronospora, oidio e botrite - i quali proliferano in determinate condizioni climatiche (temperatura, umidità, vento, ecc.) danneggiando le piante e compromettendo il raccolto. I trattamenti tradizionali vengono effettuati a intuito o seguendo le indicazioni dei consorzi.

Il trattamento a raggi UVC (di seguito: trattamento UVC) è la tecnica innovativa che si propone di sostituire i trattamenti chimici tradizionali sopra descritti. Il mezzo utilizzato è un robot ibrido - alimentato da motore a benzina e batteria al litio - provvisto di due bracci motorizzati con un totale di 8 emettitori UV. Passando tra i filari, le lampade emettono i raggi UVC che colpiscono la superficie fogliare. La tecnologia è basata sul fatto che questo tipo di raggi (di lunghezza d'onda compresa tra 200 e 280 nm) è in grado di creare dimeri di timina nel DNA, danneggiando così i microrganismi alla base delle malattie. La frequenza delle operazioni di trattamento è stabilita da una stazione posta al centro del campo, provvista di sensori sostenuti da una batteria alimentata a energia



solare. Questi sensori raccolgono i dati climatici e, quando vengono identificate condizioni favorevoli per la proliferazione dei microrganismi, inviano al robot il segnale di inizio trattamento.

Lo studio fa riferimento ai cicli stagionali della produzione vinicola e al numero medio di trattamenti effettuati a stagione per ogni metodologia.

I risultati vengono quindi presentati come confronto dei due metodi e rispondono alla domanda: "Quali sarebbero le differenze in termini di potenziali impatti ambientali se i trattamenti antifungini tradizionali venissero sostituiti con il trattamento UVC, considerando una singola stagione produttiva?"

Nello studio vengono considerati sia le fasi di trattamento (tradizionale e UVC) che la manutenzione nel corso del tempo delle varie parti del trattore e del robot.

Lo studio comprende le seguenti fasi del ciclo di vita dei processi in esame:

1. Identificazione dei materiali e delle fonti di energia in ingresso;
2. Identificazione dei processi relativi ai trattamenti;
3. Identificazione delle operazioni di manutenzione e fine vita.

Lo studio tiene quindi conto dei confini di sistema riportati in Figura 1 e Figura 2.

Figura 1 Diagramma trattamento tradizionale

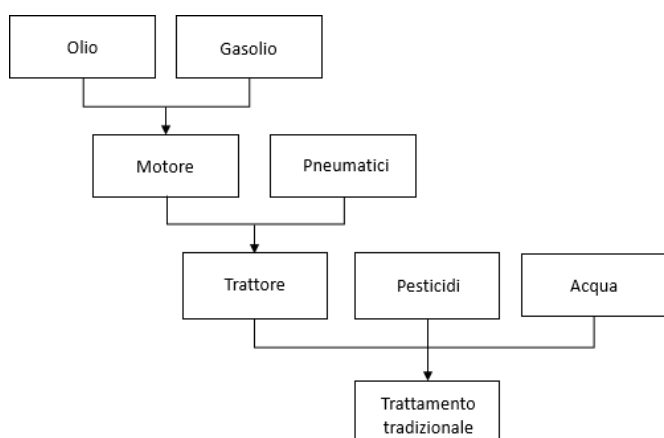
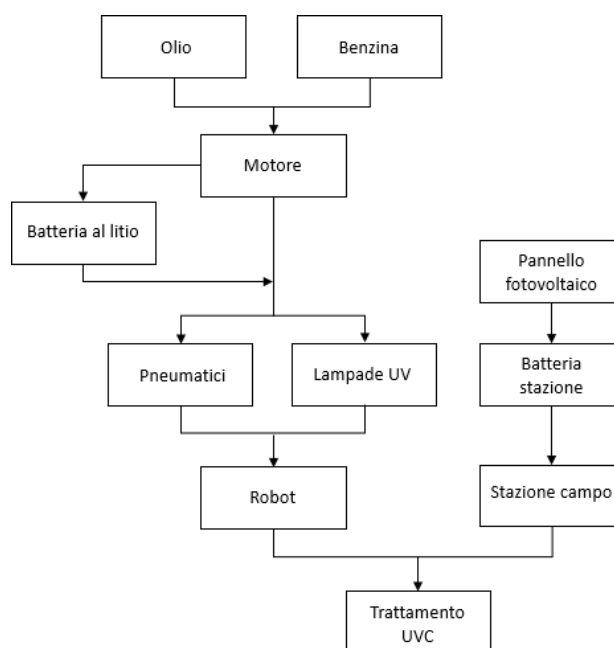


Figura 2 Diagramma trattamento a UVC



Il sistema prodotto è equivalente nei due casi e definito come l'insieme delle attività utili a completare il totale dei trattamenti effettuati in una stagione produttiva di 5 mesi.



Materiali e Metodi

Per la conduzione del presente studio si è fatto riferimento, ove disponibili, a dati primari. Qualora l'accesso a questa tipologia di dati non fosse possibile, sono stati presi come riferimento dataset da banca dati Ecoinvent v3 e/o altri studi pubblicati nella bibliografia scientifica che verranno dettagliati dove opportuno.

Nello studio vengono analizzate diverse categorie d'impatto ambientale, riportate di seguito:

Categoria	U.d.m.	Descrizione
Climate change	kg CO2 eq	I cambiamenti climatici possono provocare effetti negativi sulla salute degli ecosistemi, sulla salute umana e sul benessere materiale. Il cambiamento climatico è legato alle emissioni di gas serra nell'aria, ad esempio derivate dal consumo di combustibili e dalle attività agricole.
Ozone depletion	kg CFC 11 eq	Questa categoria riguarda l'esaurimento dell'ozono stratosferico, che può avere effetti nocivi sulla salute umana, sulla salute degli animali, sugli ecosistemi terrestri e acquatici, sui cicli biochimici e sui materiali. L'ambito geografico di questo indicatore è su scala globale.
Photochemical ozone formation	kg NMVOC eq	La formazione foto-ossidante è la formazione di sostanze reattive (principalmente ozono) che sono nocive per la salute umana e gli ecosistemi e che possono anche danneggiare le colture. Questo problema è indicato anche con "smog estivo". Lo smog invernale non rientra nell'ambito di questa categoria.
Ionizing radiation, human health	kgBq U235 eq	Il modello di caratterizzazione utilizzato è quello riportato in Frischknecht et al, 2000, e rappresenta il potenziale impatto delle radiazioni ionizzanti sulla popolazione, in rapporto all'Uranio 235 ¹ .
Acidification	mol H+ eq	Riguarda le sostanze acidificanti che causano una vasta gamma di impatti su suolo, acque sotterranee, acque superficiali, organismi, ecosistemi e materiali (edifici). Una fonte tipica di impatto sono le emissioni associate alla combustione di carbone.
Eutrophication Freshwater	kg PO43- eq	Considera il fenomeno dell'eutrofizzazione, quindi comprende tutti gli impatti dovuti a livelli eccessivi di macronutrienti nell'ambiente causati dalle emissioni di sostanze nutritive nell'acqua e nel suolo (es. impiego di fertilizzanti).
Eutrophication Marine	kg N eq	
Eutrophication terrestrial	mol N eq	
Ecotoxicity Freshwater	CTUe	Comprende tutti gli impatti dovuta all'emissioni nelle acque superficiali di sostanze tossiche per gli ecosistemi. Una fonte d'impatto tipica è legata all'impiego di pesticidi in agricoltura.
Water use	m3 world eq. deprived	L'indicatore misura la quantità di acqua rimanente in un bacino, dopo che la domanda di risorsa idrica per le attività umane e degli ecosistemi è stata soddisfatta. Valuta il potenziale di deprivazione della risorsa idrica, sia per gli umani che per gli ecosistemi, partendo dall'assunzione che meno acqua rimane disponibile, più è probabile che un ulteriore utilizzatore (umano o ecosistema) ne venga deprivato
Resource Use, energy carriers	MJ	È una misura del consumo delle risorse energetiche non rinnovabili. Le fonti d'impatto sono da ricercarsi nell'impiego di combustibili fossili e risorse minerarie.
Resource Use, minerals and metals	Kg Sb eq	

¹ This impact category deals mainly with the eventual impact of low dose ionizing radiation on human health of the nuclear fuel cycle. It does not consider effects due to possible nuclear accidents, occupational exposure nor due to radioactive waste disposal in underground facilities. Potential ionizing radiation from the soil, from radon and from some construction materials is also not measured by this indicator.



La metodologia scelta per valutare i potenziali impatti ambientali delle due tecnologie oggetto del presente studio è EF Method (adapted).

Inventario dei dati

Raccolta dei dati

Al fine di compilare l'inventario del sistema in esame, si è partiti dalla raccolta dei dati relativi alle due modalità di trattamento. Per entrambe sono state individuate e distinte le voci relative ai consumi e alla manutenzione (sostituzioni) dei due macchinari.

Nello studio si è tenuto in considerazione 1 ettaro di vigneto che, in media, ha 36 filari da 100 m di lunghezza ciascuno, per cui in 1 ettaro si hanno 3,6 km di filari.

Sia il trattore che il robot impiegano circa 1 ora per effettuare il trattamento di 1 ha ed entrambe le metodologie richiedono una singola passata a trattamento.

Per il confronto si è tenuto conto del numero di trattamenti previsti in una singola stagione produttiva, pari a 5 mesi.

Trattamento tradizionale

Nel caso del trattamento tradizionale sono stati identificati i consumi relativi ai pesticidi e all'acqua utilizzata per la loro diluizione. I pesticidi consistono in antifungini, utilizzati per combattere peronospora, oidio e botrite. Questo metodo prevede un numero variabile di trattamenti a stagione, da un minimo di 12 fino a 40, con una singola passata a trattamento. In questo studio sono stati considerati 12 trattamenti come approccio cautelativo; per lo stesso motivo, si è considerato un uso di acqua pari a 400 L/stagione, a fronte di una stima fornita di 400-500 L/stagione.

Per quanto riguarda il trattore stesso, è stato considerato il cambio periodico dell'olio del motore e la quantità di gasolio consumato per ora, quindi per ettaro trattato. La vita media del trattore e delle sue parti è stata stimata di 10 anni, basandosi su dati di letteratura^{2,3}.

Infine, la manutenzione coinvolge il motore, gli pneumatici (sia del trattore che della botte) e la batteria. Si sottolinea che il trattore viene utilizzato per numerose operazioni durante l'anno, quindi i dati sono stati rapportati al numero di ore di lavoro del mezzo dedicate al trattamento chimico delle viti (12 h/stagione).

² MOUSAZADEH, Hossein, et al. Life-cycle assessment of a Solar Assist Plug-in Hybrid electric Tractor (SAPHT) in comparison with a conventional tractor. *Energy conversion and Management*, 2011, 52.3: 1700-1710.



³ LEE, Jaewon, et al. Life cycle assessment of tractors. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 2000, 5.4: 205-208.



Tabella 1 Elenco dei consumi relativi al trattamento tradizionale, utilizzati in fase di modellazione.

Trattamento tradizionale - consumi				
Voci	valore	u.m.	Note	Fonte
gasolio	6	L/ha	Il trattore consuma 6 L/ora	azienda
acqua	400	L/ha	a stagione	azienda
pesticidi	50	Kg/ha	a stagione, con una media di 4,16 kg/trattamento	azienda
olio	1	L/stagione		azienda
Totale trattamenti a stagione: 12				

Tabella 2 Elenco delle unità soggette a manutenzione/sostituzione nel trattamento tradizionale.

Trattamento tradizionale - manutenzione					
Voci	quantità	vita media [anni]	Note	Fonte quantità	Fonte anni di vita
motore	1	10		azienda	letteratura
batteria	1	10		azienda	letteratura

Trattamento UVC

Per quanto riguarda il trattamento UVC, sono stati raccolti i dati sul consumo di benzina e il cambio olio. Il robot Icaro è un ibrido e utilizza un motore a scoppio per caricare una batteria al litio da 6,8 kW; mentre la batteria è in carica, l'energia prodotta dall'alternatore viene sfruttata per far muovere il mezzo: dunque si avrà che, inizialmente, il robot si muove grazie al motore, dopodiché avrà una certa autonomia di batteria. La batteria raggiunge piena carica dopo un percorso di 5 ha e presenta un'autonomia stimata di 2 ha, per un totale di 7 ha percorsi.

Il motore ha un consumo di 1,2 L/h a piena potenza, per cui – assumendo, in uno scenario realistico, un consumo proporzionale e lineare – si ha che nelle normali condizioni di utilizzo pari al 63,5% della potenza (0,420 kW) il consumo è di 0,760 L/h. In 5 ha, ovvero il percorso effettuato a motore, si ha dunque un consumo di 3,8 L; distribuendo tale consumo sul totale della distanza percorsa, che considera anche i 2 ha effettuati a sola batteria, si ha che il consumo di benzina totale è di 0,543 L/ha.

Il robot possiede due bracci motorizzati verticali con 4 emettitori di raggi UVC ciascuno. Ogni emettitore è formato da 8 tubi UVC regolabili in intensità, da un minimo di 6 W a un massimo di 21 W.

Inoltre, tra i consumi viene considerata anche l'energia utilizzata dalla batteria della stazione posizionata nel campo, che viene alimentata da un pannello solare.

La manutenzione del robot comprende varie voci: la batteria al litio, il motore e l'olio, i 4 pneumatici, gli emettitori, ai quali si aggiungono la batteria della stazione e il pannello fotovoltaico. Per ognuna di queste parti, come nel caso del trattore, si considera la vita utile e cioè ogni quanti anni è necessario effettuare sostituzioni a causa della normale usura dovuta all'utilizzo.

Essendo una tecnologia sperimentale, si è ritenuto opportuno effettuare delle valutazioni d'impatto considerando tre diversi possibili scenari di utilizzo: uno migliore, uno realistico e uno peggiore. Le variabili relative a questi scenari sono riassunte in Tabella 3.



Tabella 3 Elenco dei consumi relativi al trattamento UVC e scenari considerati, utilizzati in fase di modellazione.

Trattamento UVC - consumi			
Voci attività	valore	u.m.	Note
benzina	0,543	L/ha	Tiene conto degli ettari trattati totali (a motore al 63,5% della potenza + a sola batteria)
cambio olio	1,5	L/stagione	

Trattamento UVC – scenari di utilizzo		
Scenario	Numero uscite	Potenza
Migliore	25	50%
Realistico	60	65%
Peggior	100	100%

Tabella 4 Elenco delle unità soggette a manutenzione/sostituzione nel trattamento UVC.

Trattamento UVC - manutenzione			
Voci	quantità	vita media [anni]	Note
pannello fotovoltaico	1	30	Pannello 175W, 24V; vita media: dato Ecoinvent
batteria stazione	1	10	
batteria al litio	1	12	
motore	1	12	
emettitori UVC	8	8,5	Vita media dai 7 ai 10 anni, in base all'utilizzo

Per la raccolta degli altri dati di inventario, ovvero quelli relativi ai flussi di materia ed energia oltre che alle emissioni dei diversi processi, si è sempre fatto riferimento alla banca dati Ecoinvent.

Modellazione

In questa fase è stato creato un modello utilizzando banche dati Ecoinvent, aggiornate e riconosciute a livello internazionale, per poter calcolare gli impatti relativi alle due tipologie di trattamento. Le banche dati sono state opportunamente modificate in modo tale da rispecchiare il più fedelmente possibile la realtà descritta dall'azienda mediante i dati forniti.

Di seguito vengono riportate le principali assunzioni adottate.

Tabella 5 Assunzioni adottate nella modellazione del trattamento tradizionale.

Trattamento tradizionale	
Fasi	Assunzioni
produzione trattore	È stato utilizzato un dataset che considera i consumi e le emissioni relative alla produzione di un trattore di vita media pari a 7.000 h e peso di 3.000 kg
acqua	Sono stati considerati gli impatti di estrazione di acqua da pozzo in territorio italiano



pesticidi	È stato utilizzato un dataset che calcola emissioni e impatti dovuti alla produzione di pesticidi
impatti del trattore con rimorchio	È stato utilizzato un dataset che permette di calcolare le emissioni in aria e nel suolo e la produzione di calore derivanti dal lavoro di un trattore con rimorchio. Non considera il trasporto di beni. Sono stati utilizzati i dati di consumo di gasolio forniti dall'azienda.
operazione di trattamento	Simula il trattamento utilizzando i dati inseriti sul trattore, l'acqua, i pesticidi e la distanza percorsa per ettaro. Le emissioni considerano quelle del trattore con rimorchio (vedi sopra) più quelle dei pesticidi, che sono state stimate considerando un pesticida fittizio contenente 3 principi attivi antifungini contro peronospora, oidio e botrite (rispettivamente metiram, zolfo e cyprodinil).

Tabella 6 Assunzioni adottate nella modellazione del trattamento UVC.

Trattamento UVC	
Fasi	Assunzioni principali
Movimento robot	È stato utilizzato un dataset riguardante gli impatti di un'auto elettrica con batteria al litio
Combustione motore	È stato considerato un dataset sulle emissioni e gli impatti dovuti alla combustione di un motore a benzina. Sono stati utilizzati i dati di potenza e consumo forniti dall'azienda.
Stazione campo	Sono stati utilizzati due dataset: uno per la batteria al litio che alimenta i sensori e uno per il pannello fotovoltaico. Entrambi restituiscono gli impatti dovuti alla produzione e all'utilizzo dei due elementi e sono stati modificati per essere allineati con i dati forniti dall'azienda.
Operazione di trattamento	Combina i due dataset sopra descritti

Nella fase di modellazione del trattamento UVC sono stati valutati i tre diversi scenari illustrati in precedenza.

Risultati

Di seguito vengono riportati i risultati, per le varie categorie d'impatto selezionate, della metodologia di trattamento tradizionale (Tabella 7).

Tabella 7 Risultati degli impatti della metodologia tradizionale relativi a 1 ettaro per un'intera stagione produttiva.

Categoria d'impatto	U.d.m.	Scenario utilizzo trattore [1ha, 1 stagione]
Climate change	kg CO2 eq	1003
Ozone depletion	kg CFC11 eq	9.96E-04
Ionising radiation, HH	kBq U-235 eq	106
Photochemical ozone formation, HH	kg NMVOC eq	6
Acidification terrestrial and freshwater	mol H+ eq	9
Eutrophication freshwater	kg P eq	4.81E-01
Eutrophication marine	kg N eq	2
Eutrophication terrestrial	mol N eq	20
Ecotoxicity freshwater	CTUe	7635
Water use	m3 eq. depriv.	90
Resource use, energy carriers	MJ	14657
Resource use, mineral and metals	kg Sb eq	6.73E-03

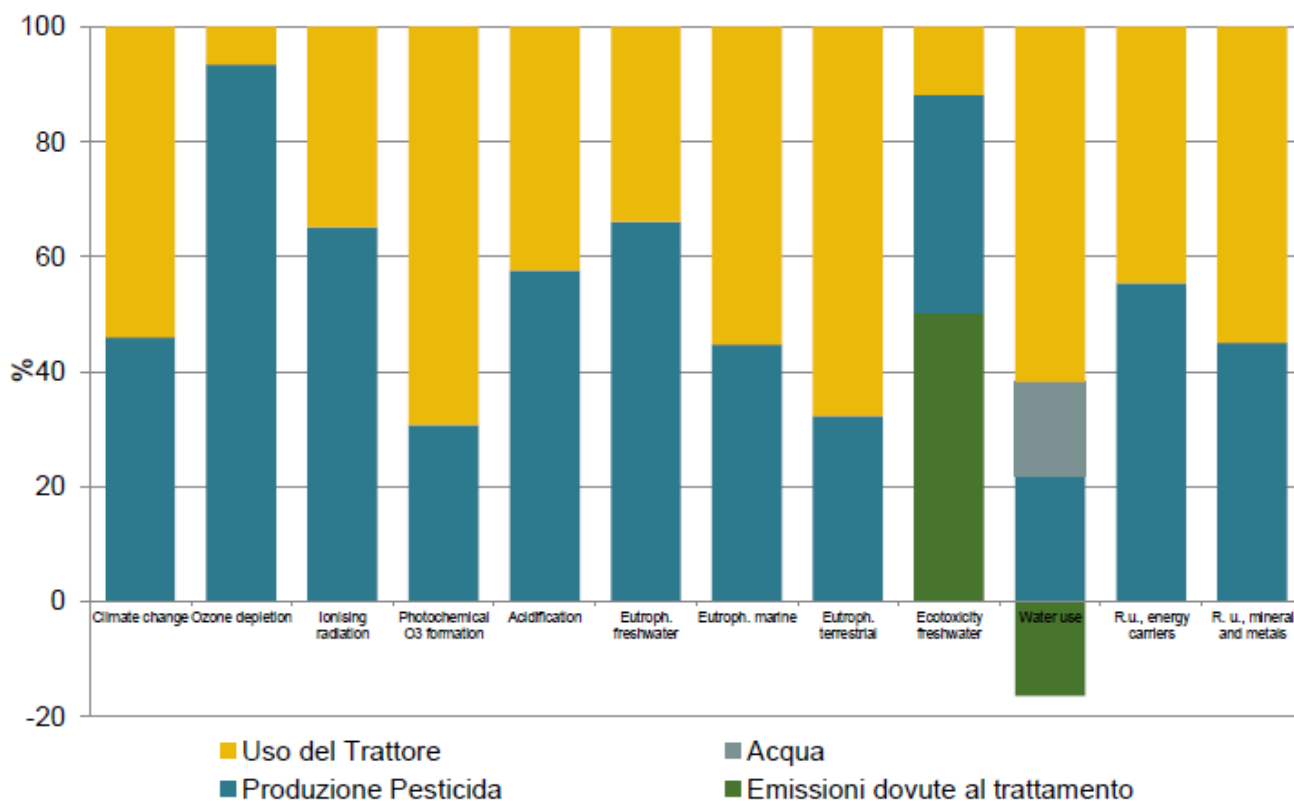


Figura 3 Contributo delle diverse fasi del trattamento tradizionale alle categorie di impatto considerate.

Come si può dedurre, le fasi più impattanti sono quelle di "uso del trattore" (massimo 69,4% in Photochemical Ozone formation) e "produzione dei pesticidi" (massimo 93,4% in Ozone depletion), che insieme rappresentano le cause maggiori di impatto sull'ambiente.

La fase "Emissioni dovute al trattamento" considera gli impatti dell'operazione di trattamento, che comprende la distribuzione dei pesticidi diluiti in acqua sulla coltura. Proprio a causa dei prodotti utilizzati, tale fase ha un forte impatto sulla categoria Ecotoxicity, freshwater (50%).

Si può inoltre notare come la categoria Water Use riporti un valore negativo: ciò è dovuto al fatto che, durante l'operazione di trattamento, l'acqua prelevata e utilizzata per la diluizione dei prodotti chimici (fase "acqua") viene reimpressa nell'ambiente, rendendo pressoché nullo l'impatto sulle risorse idriche.

Di seguito vengono invece riportati i dati relativi alla tecnologia innovativa basata sui raggi UVC, con le variazioni relative ai tre scenari considerati.

Tabella 1 Risultati degli impatti del trattamento UVC relativi a 1 ettaro per un'intera stagione produttiva, suddivisi nei tre scenari di utilizzo.

Categoria d'impatto	U.d.m.	Realistico	Migliore	Peggior
Climate change	kg CO2 eq	70	32	157
Ozone depletion	kg CFC11 eq	1.36E-05	5.29E-06	3.28E-05
Ionising radiation, HH	kBq U-235 eq	5	3	11
Photochemical ozone formation, HH	kg NMVOC eq	1.52E-01	8.91E-02	2.96E-01
Acidification terrestrial and freshwater	mol H+ eq	2.46E-01	1.64E-01	4.35E-01



Eutrophication freshwater	kg P eq	1.88E-02	1.79E-02	2.09E-02
Eutrophication marine	kg N eq	3.39E-02	2.39E-02	5.68E-02
Eutrophication terrestrial	mol N eq	3.61E-01	2.45E-01	6.27E-01
Ecotoxicity freshwater	CTUe	26	21	38
Water use	m3 eq. depriv.	17	14	22
Resource use, energy carriers	MJ	960	429	2183
Resource use, mineral and metals	kg Sb eq	6.88E-04	6.82E-04	6.99E-04

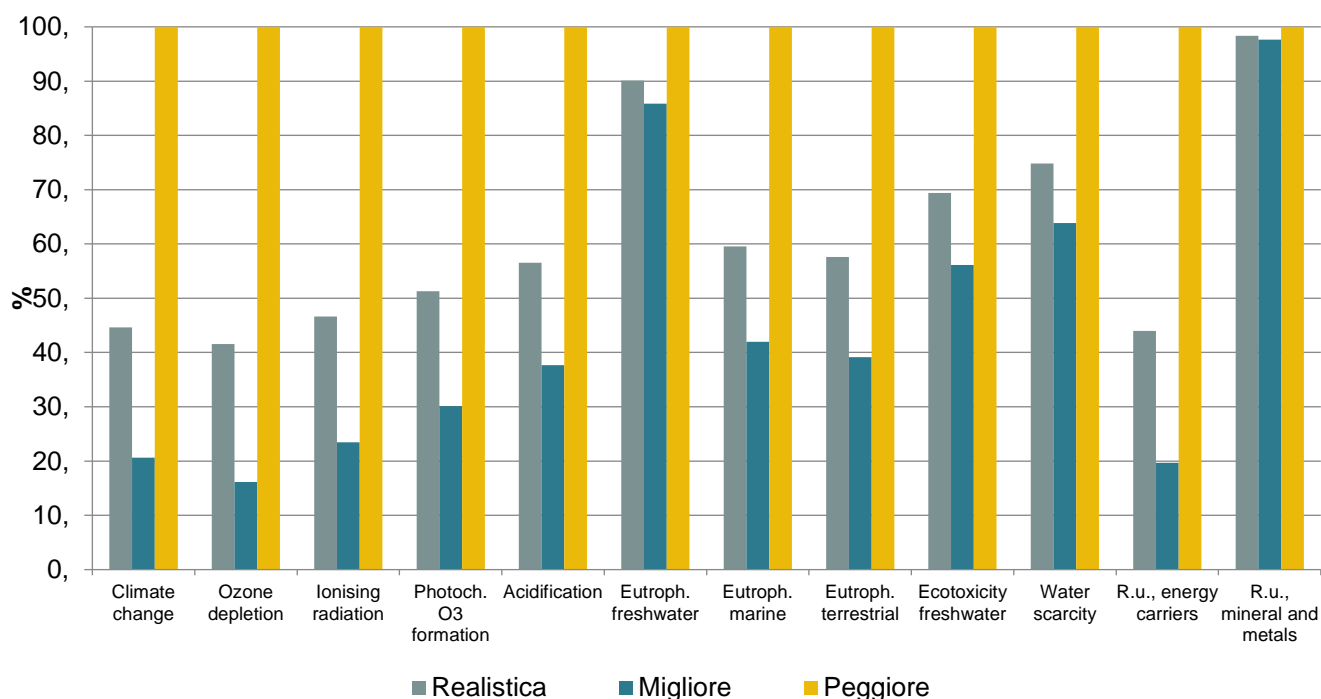


Figura 1 Variazioni degli impatti nelle diverse categorie considerate, suddivise nei tre scenari di utilizzo.

La Figura 4 evidenzia come la modifica del numero di trattamenti e della potenza utilizzate comportino notevoli variazioni di impatto. In particolare, le maggiori differenze si evidenziano per le categorie Climate Change, Ozone depletion, Ionising radiation e Resource use, energy carriers, soprattutto a causa delle diverse quantità di combustibile consumato. Alcune categorie - come ad esempio Resource use, minerals and metals - mostrano invece differenze meno marcate fra i tre scenari: ciò è dovuto al fatto che tali impatti non sono legati alle operazioni di trattamento in sé, quanto alle operazioni di produzione dei componenti del robot e della stazione del campo.

Infine, di seguito viene proposta una tabella che permette di confrontare gli impatti della metodologia tradizionale con lo scenario realistico della tecnologia basata sui raggi UVC.



Tabella 9 Confronto tra gli impatti del trattamento tradizionale e lo scenario realistico del trattamento UVC (1ha, 1 stagione).

Categoria d'impatto	Unità	Trattore	Scenario realistico UVC	Variazione %
Climate change	kg CO2 eq	1003	70	-93.0
Ozone depletion	kg CFC11 eq	9.96E-04	1.36E-05	-98.6
Ionising radiation, HH	kBq U-235 eq	106	5	-95.2
Photochemical Ozone formation	kg NMVOC eq	6	1.52E-01	-97.5
Acidification	mol H+ eq	9.47	2.46E-01	-97.4
Eutrophication freshwater	kg P eq	4.81E-01	1.88E-02	-96.1
Eutrophication marine	kg N eq	2.29	3.39E-02	-98.5
Eutrophication terrestrial	mol N eq	20	3.61E-01	-98.2
Ecotoxicity freshwater	CTUe	7635	26	-99.7
Water use	m3 depriv.	90	17	-81.6
Resource use, energy carriers	MJ	14657	960	-93.4
Resource use, mineral and metals	kg Sb eq	6.73E-03	6.88E-04	-89.8

Dalla Tabella 9 è possibile osservare come, con la tecnologia a raggi UVC, si abbiano delle riduzioni d'impatto di almeno l'80% in tutte le categorie, con un picco del 99% nella categoria Ecotoxicity freshwater.

Una delle principali cause di tali differenze è da ricercare nell'utilizzo di combustibile: il robot infatti, essendo ibrido, ha la capacità di sfruttare l'energia della combustione più a lungo grazie all'autonomia data dalla batteria; in più, il robot non necessita di energia per trasportare un rimorchio, cosa che invece avviene nel caso del trattore con la botte. Ciò spiega buona parte delle differenze negli impatti dovuti all'uso di risorse e in quelli relativi al cambiamento climatico. La seconda causa è legata alla produzione e all'utilizzo dei pesticidi, fasi che vengono totalmente eliminate nel trattamento UVC, con conseguenti vantaggi dal punto di vista degli impatti sull'ambiente.

Se considerassimo invece lo scenario peggiore, quindi con un numero di uscite stagionali pari a 100 e una potenza impiegata del 100%, le variazioni (riportate in Tabella 10) resterebbero comunque al di sopra dell'84% in tutte le categorie, a parte in Water use.

Tabella 10 Confronto tra gli impatti del trattamento tradizionale e lo scenario peggiore del trattamento UVC (1ha, 1 stagione).

Categoria d'impatto	Unità	Trattore	Scenario peggiore UVC	Variazione %
Climate change	kg CO2 eq	1003	157	-84.4
Ozone depletion	kg CFC11 eq	9.96E-04	3.28E-05	-96.7
Ionising radiation, HH	kBq U-235 eq	106	11	-89.8
Photochemical O3 formation	kg NMVOC eq	6	2.96E-01	-95.1
Acidification	mol H+ eq	9.47	4.35E-01	-95.4
Eutroph. freshwater	kg P eq	4.81E-01	2.09E-02	-95.6
Eutroph. marine	kg N eq	2.29	5.68E-02	-97.5



Eutroph. terrestrial	mol N eq	20	1	-96.9
Ecotoxicity freshwater	CTUe	7635	38	-99.5
Water use	m3 depriv.	90	22	-75.4
RU, energy carriers	MJ	14657	2183	-85.1
RU, mineral and metals	kg Sb eq	6.73E-03	6.99E-04	-89.6

Analisi nuove varianti di ICARO

In fase di presentazione dei risultati al cliente è emersa la necessità di valutare gli impatti di altre 2 possibili varianti, sviluppate per aumentare la superficie coperta dal singolo macchinario.

Nella **variante A** cambia la motorizzazione in quanto viene installato un motore Diesel HATZ 1B50, ma il motore endotermico funziona sempre per alimentare la batteria da 6,8 kWh che funge da accumulo. Il resto dei componenti rimane uguale al caso base, ovvero la variante con il motore a benzina. In questo caso il consumo specifico di carburante è stato stimato in 807,9 g/ha

Di seguito si riportano le stime numeriche fatte per calcolare il consumo specifico di carburante:

- il funzionamento assorbe in media 80 A per le lampade e 80 A per la trazione, mentre 60 A vanno nella batteria da 6,8 kWh. Il funzionamento complessivo di norma è quindi a 220 A.
- In 1h quindi si producono 5,28 kWh, di cui 3,84 kWh per luci e movimentazione e 1,44 kWh vanno a ricaricare la batteria.
- Considerando cautelativamente 0,9 di efficienza di carico e scarico della batteria, dei 1,44 kWh, al veicolo ne tornano utilizzabili 1,3 kWh.
- Ogni ora di funzionamento a potenza 5,28 kW, il motore ha l'ottimo dei consumi, e consuma 245g/kWh, quindi in 1h consuma 1341g di carburante.
- Avendo immagazzinato carica per 20 minuti di autonomia, considerando una velocità di 4,5 km/h e che 1 ettaro di vigneto abbia 3,6 km di filari, si ha che con 1341 g si coprono circa 1,66 ettari, il che corrisponde a 807,9 g/ettaro.

Nella **variante B** viene sempre eliminata la motorizzazione a benzina in funzione di un motore Diesel HATZ 1B50, ma viene eliminata anche la batteria di accumulo. In questo caso il consumo specifico di carburante è stato stimato in 816 g/ha.

Di seguito si riportano le stime numeriche fatte per calcolare il consumo specifico di carburante:

- In questo caso il funzionamento assorbe in media 80 A per le lampade e 80 A per la trazione, mentre 10 A vanno nella batteria di servizio.
- Il funzionamento complessivo di norma è quindi a 170 A.
- In 1h quindi si producono 4,08 kWh.
- A quel livello di potenza il motore consuma 250 g/kWh, quindi ogni ora di funzionamento consuma 1.020 g di carburante.
- Andando sempre a 4,5 km/h, e considerando che 1 ettaro ha 3,6 km di filari si ha che in 1h vengono trattati 1,25 ettari, che portano ad un consumo specifico di 816 g/ettaro.

Entrambe le varianti sono state simulate nel caso peggiore, quindi considerando 100 passaggi a stagione.



Categoria d'impatto	Unità	Trattore tradizionale	Scenario UVC peggiore (Benzina ibrido)	Variante A (Diesel ibrido)	Variante B (Solo Diesel)
Climate change	kg CO2 eq	1.00E+03	1.57E+02	3.66E+02	3.70E+02
Ozone depletion	kg CFC11 eq	9.96E-04	3.28E-05	6.73E-05	6.79E-05
Ionising radiation, HH	kBq U-235 eq	1.06E+02	1.08E+01	2.69E+01	2.72E+01
Photochemical O3 formation	kg NMVOC eq	6.02E+00	2.96E-01	1.77E+00	1.79E+00
Acidification	mol H+ eq	9.47E+00	4.35E-01	1.98E+00	2.00E+00
Eutroph. freshwater	kg P eq	4.81E-01	2.09E-02	9.39E-02	9.47E-02
Eutroph. marine	kg N eq	2.29E+00	5.68E-02	5.74E-01	5.80E-01
Eutroph. terrestrial	mol N eq	2.04E+01	6.27E-01	6.26E+00	6.32E+00
Ecotoxicity freshwater	CTUe	7.63E+03	3.82E+01	9.38E+02	9.47E+02
Water use	m3 depriv.	9.03E+01	2.22E+01	6.17E+01	6.22E+01
RU, energy carriers	MJ	1.47E+04	2.18E+03	5.10E+03	5.15E+03
RU, mineral and metals	kg Sb eq	6.73E-03	6.99E-04	5.23E-03	5.28E-03

Il trattamento tradizionale rimane il più impattante, anche confrontato con le due nuove varianti considerate nel caso peggiore. Si segnala che il passaggio da una motorizzazione a benzina ad una motorizzazione a diesel comporta un aumento degli impatti soprattutto nelle categorie *Climate change* e *Resource Use – energy carriers*, a causa della variazione nella tipologia di combustibile utilizzato. La variante B (solo diesel) presenta solo lievi aumenti di impatto rispetto alla variante A (diesel ibrido).

Conclusioni

Nello studio in questione sono state confrontate due metodologie per la difesa delle piante di vite da microrganismi fungini: quella tradizionale, che prevede la distribuzione di prodotti chimici mediante l'utilizzo di un trattore, e quella innovativa, basata sull'esposizione della superficie fogliare a raggi UVC mediante un robot con emettitori.

Dall'analisi condotta, che ha preso in considerazione le operazioni di trattamento necessarie in un ettaro nel corso di una singola stagione produttiva, risulta che la tecnologia a raggi UVC permette di ridurre gli impatti sull'ambiente rispetto alla metodologia tradizionale in tutte le categorie considerate, soprattutto grazie al diverso sfruttamento del combustibile e all'eliminazione dei prodotti chimici. Ciò risulta confermato in tutti gli scenari di utilizzo considerati per il trattamento UVC, seppur con riduzioni d'impatto differenti, ovvero anche supponendo 100 uscite a stagione al 100% della potenza utile

Bibliografia

- Ecoinvent, 2017, sito internet del "Swiss Centre for Life Cycle Assessment", fornitore del database Ecoinvent (www.ecoinvent.ch).



- European Commission. Product Environmental Footprint Category Rules Guidance 6.3. European Commission, 2018.
- LEE, Jaewon, et al. Life cycle assessment of tractors. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 2000, 5.4: 205-208.
- MOUSAZADEH, Hossein, et al. Life-cycle assessment of a Solar Assist Plug-in Hybrid electric Tractor (SAPHT) in comparison with a conventional tractor. *Energy conversion and Management*, 2011, 52.3: 1700-1710.