

KATTIVO

Kit per la modifica di Atomizzatori in grado di eseguire Trattamenti con Tecnologia Innovativa a dose Variabile Ottimizzata in funzione della chioma e ridurre il rilascio di sostanze inquinanti e fitofarmaci

Pubblicazione finale

Aprile 2022



“Materiale divulgativo realizzato con il contributo della sottomisura 1.2 PS-GO del PSR Toscana 2014/2020 - CUP 825753 - Fondi FEASR”

Piano Strategico per lo sviluppo di un Kit per la modifica di Atomizzatori in grado di eseguire Trattamenti con Tecnologia Innovativa a dose Variabile Ottimizzata in funzione della chioma e ridurre il rilascio di sostanze inquinanti e fitofarmaci

Acronimo: KATTIVO

Beneficiario coordinatore: Tenute Ruffino s.r.l. Società Agricola

Beneficiari partner diretti: Società Agricola San Felice s.p.a., Università degli Studi di Firenze (Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agrarie, Alimentari, Ambientali e Forestali), Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria – Centro di ricerca per la viticoltura e l'enologia (CREA VE), Ente Regionale per l'Assistenza Tecnica in Agricoltura

Budget totale: € 331.917,56

Finanziamento concesso: € 299.708,05

Fonte di finanziamento: Bando “Sostegno per l'attuazione dei Piani Strategici (PS) e la costituzione e gestione dei Gruppi Operativi (GO) del Partenariato Europeo per l'Innovazione in materia di produttività e sostenibilità dell'agricoltura” Annualità 2017 – PSR Toscana 2014/2020

Durata: febbraio 2019 - aprile 2022

Contatti:

www.kattivo.it

Luca Cavallaro - luca.cavallaro@ruffino.it - mob.+39 3357035837

Editing a cura di Galli Torrini srl

Partner



Sommario

Introduzione 4

La sfida 10

Il Gruppo Operativo KATTIVO 6

**Obiettivi generali e
specifici 12**

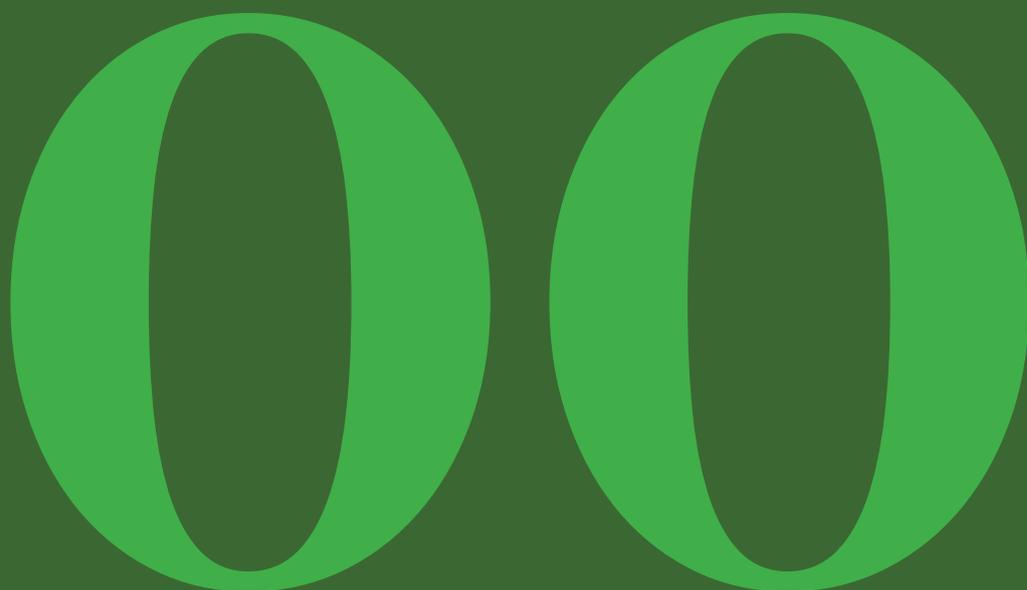
Le innovazioni messe a punto e trasferite 15

**Metodologie seguite e
tempistiche 18**

**Prodotti e risultati
conseguiti 26**

**Le ricadute
economiche e
ambientali
36**

**Considerazioni
conclusive 44**



Introduzione

The logo for 'KATTIVO' is located in the bottom right corner of the page. It features the word 'KATTIVO' in a bold, sans-serif font. The letters are filled with a colorful, pixelated pattern of small squares in shades of blue, green, and yellow. The logo is set against a white background that is part of a white rectangular area in the bottom right corner of the page.

Il presente volume presenta le attività ed i risultati ottenuti dal Gruppo Operativo “KATTIVO”, nato dalla collaborazione tra aziende vitivinicole toscane, enti di ricerca, consulenti ed aziende leader nel settore dell’agricoltura di precisione.

Grazie ad una sperimentazione durata tre anni, il gruppo ha sviluppato un kit tecnologico che, applicato agli atomizzatori tradizionali, permette la distribuzione degli agrofarmaci in funzione del volume della chioma della vite da trattare.

Questa innovazione consente di ridurre gli sprechi idrici e l’uso dei fitofarmaci, in particolare per vigneti localizzati in zone collinari (come spesso accade in Toscana), dove le macchine a recupero di prodotto hanno difficoltà a transitare a causa delle condizioni orografiche di pendenza troppo accentuata.

Il kit è stato testato in due diverse model farm toscane (situate in ambienti collinari con condizioni orografiche di pendenza differenti) su due tipologie di atomizzatori differenti, al fine di conseguire i seguenti risultati attesi:

- **Riduzione nell’uso dei prodotti fitosanitari nell’ordine del 30%, con conseguenti risvolti positivi sia dal punto di vista economico che ambientale**
- **Risparmi in termini di utilizzo della risorsa acqua**
- **Aumento della fertilità del suolo.** Una gestione sito-specifica permette, infatti, una riduzione dei passaggi per le macchine con una influenza positiva sul livello di fertilità del suolo dovuto ad una minore compattazione.
- **Nuove opportunità occupazionali nel settore della precision farming** (es. competenze nell’“agrotronica”), dal momento che per una applicazione sempre più integrale ed integrata della viticoltura di precisione sono necessarie nuove competenze da formare sul territorio.

This volume presents the activities and results obtained by the “KATTIVO” Operational Group, born from the collaboration between Tuscan wineries, research institutions, consultants and leading companies in the field of precision agriculture.

Thanks to a three-year experimentation, the group has developed a technological kit that, applied to traditional atomizers, allows the distribution of pesticides according to the volume of the foliage of the vine to be treated.

This innovation allows to reduce water waste and the use of pesticides, in particular for vineyards located in hilly areas (as often happens in Tuscany), where product recovery machines have difficulty passing due to the orographic conditions of too accentuated slope.

The kit has been tested in two different Tuscan model farms (located in hilly environments with different orographic conditions) on two different types of atomizers, in order to achieve the following results:

- *Reduction in the use of plant protection products in the order of 30%, with consequent positive implications both from an economic and environmental point of view*
- *Savings in terms of water resource usage*
- *Increase in soil fertility. A site-specific management allows, in fact, a reduction of the passages for the machines with a positive influence on the level of fertility of the soil due to a lower compaction*
- *New job opportunities in the field of precision farming (e.g. “agrotronic” skills), since for an increasingly integral and integrated application of precision viticulture, new competences need to be formed on the territory.*

01

**Il Gruppo
Operativo KATTIVO**

The logo for KATTIVO, featuring the word in a bold, blue, sans-serif font with a white, grainy texture. The letters are slightly shadowed, giving it a 3D appearance. The background of the logo is white with a subtle grid pattern.

Il progetto KATTIVO è nato dal partenariato tra due importanti aziende vitivinicole del Chianti - Tenute Ruffino e Agricola San Felice - l'agenzia formativa di Confagricoltura Toscana E.R.A.T.A., il CREA e il Dipartimento di Scienze e Tecnologie agrarie dell'Università di Firenze.



Tenute Ruffino srl è una società agricola, nata nel 2002 e controllata al 100% da Ruffino srl, impresa industriale e commerciale con sede a Pontassieve, Firenze. Ruffino srl è parte del gruppo multinazionale Constellation Brands Inc., USA. Tenute Ruffino conduce circa 400 ettari di vigneti direttamente e controlla con contratti di fornitura altri 150 ettari di vigneto. E' operativamente suddivisa in 6 unità locali:

Tenuta Greppone Mazzi (Montalcino e Murlo, Siena), Tenuta La Solatia (Monteriggioni, Siena), Tenuta Santedame e Tenuta Gretole (Castellina in Chianti, Siena), Tenuta Montemasso (Greve in Chianti, Firenze) e Tenuta di Poggio Casciano (Bagno a Ripoli, Firenze). Le uve prodotte vengono trasformate in 4 cantine aziendali ubicate in 4 delle sopracitate unità locali. Negli anni più recenti ha investito direttamente risorse proprie nell'acquisto di attrezzature e macchine innovative e collabora fattivamente con enti di ricerca e sperimentazione. Tenute Ruffino ha uno staff tecnico (agronomi, enologi e "finance") che può valutare oggettivamente i risultati operativi e gli aspetti tecnico-economici conseguenti all'introduzione delle innovazioni tecniche che verranno proposte nell'ambito del progetto.

Tenute Ruffino ha intrapreso già da alcuni anni un percorso di gestione aziendale improntato alla sostenibilità delle produzioni. L'azienda infatti ha partecipato e partecipa ad importanti progetti nazionali quali Magis e Tergeo che vogliono certificare la sostenibilità della viticoltura. Uno dei punti chiave nella visione della sostenibilità di Ruffino è il ricorso all'innovazione come motore degli incrementi in termini di qualità dei prodotti e di ottimizzazione dei costi e delle risorse per la gestione dei vigneti e delle cantine. Per questo in ambito viticolo si stanno implementando tutte quelle tecnologie e conoscenze che fanno riferimento alla viticoltura di precisione; utilizzo di concimazioni con dosi differenziate in funzione del vigore delle piante, sfogliature variabili, vendemmie differenziate per valorizzare la variabilità. L'esperienza accumulata dai tecnici aziendali e dal management in questi anni hanno evidenziato la correttezza di un approccio sito specifico alle produzioni e la volontà di approfondire uno dei temi cardine della gestione sostenibile del vigneto; la gestione dei trattamenti fitosanitari. Le conoscenze acquisite in azienda supportano la convinzione che una proposta di gestione dei trattamenti a dose variabile in funzione dello spessore della chioma possa essere una soluzione applicabile per ridurre l'impatto ambientale dei trattamenti nei terreni ad elevata pendenza della Toscana viticola.

Per tale ragione, nell'ambito del progetto KATTIVO, oltre a svolgere le funzioni di coordinamento ed animazione del GO, Tenute Ruffino ha testato il kit per effettuare l'upgrade di un atomizzatore aziendale in grado di effettuare trattamenti su due filari contemporaneamente.



La **Società Agricola San Felice** è un'azienda in prevalenza vitivinicola, leader del settore, che ha circa 170 di vigneti di proprietà ricadenti nel disciplinare di produzione del Chianti Classico D.O.C.G. (Castelnuovo Berardenga) e del Brunello D.O.C.G. (Montalcino). Certificata azienda Sostenibile secondo il protocollo Magis.

La Società Agricola San Felice è stata particolarmente interessata al progetto per integrare quanto già fatto in azienda in ambito di gestione sito specifica ottenuta con l'implementazione di altre operazioni a rateo variabile e di sostenibilità delle produzioni. Sui vigneti è stato effettuato un lavoro di mappatura delle classi di vigore per procedere con concimazioni mirate e distribuire concime secondo le esigenze della pianta. Nell'ottica di procedere anche con altre pratiche colturali si è interessata all'applicativo che rende possibile la modifica delle principali macchine per la somministrazione degli agrofarmaci in regime di volume variabile al variare del volume della chioma.

Per tale ragione, nell'ambito del presente progetto ha testato il kit prototipale per effettuare l'upgrade di un atomizzatore aziendale in grado di effettuare trattamenti contemporaneamente su 2 interi filari + 2 mezze file (scavallante).



Il **CREA** è un **Ente pubblico** di ricerca con competenze

multidisciplinari nel settore agricolo, alimentare e ambientale. Il Centro di ricerca per la Viticoltura ed Enologia (CREA-VE), con sede ad Arezzo, sviluppa attività di ricerca sulla valorizzazione del germoplasma viticolo, sulla qualità delle produzioni, sulle tecniche di coltivazione e gestione sostenibile dei vigneti. La struttura dispone di personale specializzato, di strumentazione scientifica per indagini di campagna, di laboratori di analisi chimico-enologiche e di un'azienda agricola sperimentale della superficie di 6 ha. Il CREA – VE ha attivamente collaborato negli anni recenti con la Regione Toscana in diversi Progetti ed iniziative di promozione e divulgazione dell'innovazione per le materie proprie della sua missione istituzionale. Negli ultimi anni l'attività di sperimentazione e trasferimento delle innovazioni si è incentrata prevalentemente sullo studio degli aspetti tecnico-pratici relativi alla viticoltura di precisione. In particolare sono state svolte ricerche su metodi, strumenti e tecnologie per l'individuazione della variabilità spaziale in vigneto, sia a livello di suolo che di stato vegetativo delle piante e di qualità dell'uva alla vendemmia.

Nell'ambito del progetto KATTIVO il CREA-VE ha messo a disposizione le competenze scientifiche relative alla valutazione e validazione delle più recenti tecnologie di viticoltura di precisione in relazione alla distribuzione dei prodotti fitosanitari con tecnologia a dosi variabili.

L'**Università di Firenze** è struttura di riferimento dei poli di ricerca in Toscana (www.unifi.it).



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE
DAGRI
DIPARTIMENTO DI SCIENZE
E TECNOLOGIE AGRARIE,
ALIMENTARI, AMBIENTALI E FORESTALI

L'unità di ricerca Ingegneria dei Biosistemi del Dipartimento di Gestione dei Sistemi, Agrari,

Alimentari e Forestali (www.gesaaf.unifi.it) si occupa di tutti i campi relativi alla ingegneria nelle attività agroalimentari e forestali. Intenso è il rapporto con imprese e strutture locali e nazionali e con concessionari di macchine agricole, consulenti ed organismi amministrativi pubblici. Ampia è la collaborazione con importanti aziende regionali, soprattutto viti-vinicole, con piccoli produttori ed imprese familiari.

Dal 1995 la Unità Operativa di Meccanizzazione agricola dell'Università di Firenze ha sviluppato progetti e prototipi per l'agricoltura di precisione applicabili alle macchine ed attrezzature agricole. Questa esperienza pluriennale ha caratterizzato il gruppo di ricerca per la capacità di individuare i corretti abbinamenti fra la domanda e la capacità di gestione delle aziende agricole e la tipologia di tecnologia a queste più appropriata. (www.rhea-project.eu – www.martepiumeccanizzazione.it).

Attualmente il Dipartimento di Gestione dei Sistemi Agrari, Alimentari e Forestali è coordinatore del progetto Erasmus + “Sustainable Precision Agriculture: Research and Knowledge for Learning how to be an agri-Entrepreneur” (SPARKLE), che ha come obiettivo quello di colmare in ambito agricolo il divario di formazione sulla digitalizzazione e sulle innovazioni sia per le nuove generazioni di studenti e agricoltori sia per chi ha delle attività imprenditoriali già avviate.

In virtù di tali competenze ed esperienze nonché di solide reti di relazioni costruite nel tempo a livello anche internazionale, nell'ambito del progetto KATTIVO il Dipartimento si è occupato sia di analizzare le problematiche di applicazione dei prodotti irrorati sulla vegetazione del vigneto e verificare la qualità di irrorazione, sia di valutare l'innovazione dal punto di vista economico (es. rapporto costi/benefici) che di partecipare alle attività della RRN e dell'EIP AGRI, svolgendo attività di networking con Gruppi Operativi di regioni italiane e/o europee su tematiche simili.



E.R.A.T.A. (Ente Regionale di Assistenza Tecnica in Agricoltura) è l'Ente di assistenza tecnica e di formazione in favore degli agricoltori promosso dalle Unioni Provinciali Agricoltori della Toscana e dalla loro Federazione Regionale (Confagricoltura Toscana).

Costituito nel 1990, nel novembre 2005 ha ricevuto l'accreditamento dalla Regione Toscana quale Agenzia Formativa (LR 32/2000) ed è a questi fini certificata UNI EN ISO 9001:2015.

L'Ente offre servizi di informazione, divulgazione, formazione, consulenza e assistenza tecnica alle aziende agricole anche attraverso le proprie sezioni provinciali, dislocate su tutto il territorio regionale.

E.R.A.T.A. è impegnata in attività formazione professionale riconosciute e finanziate ai sensi della L.R. 32/02 della Regione Toscana, in attività finanziate da Fondi Interprofessionali, dal Fondo Sociale Europeo (sia come capofila che come partner) ed infine in corsi non riconosciuti a catalogo di formazione continua, sia dovuti per legge sia di approfondimento e riqualificazione.

In virtù di tali competenze, nell'ambito del progetto KATTIVO ERATA si è occupata di organizzare e gestire le attività di informazione per consentire il trasferimento dell'innovazione sul territorio.

02

La sfida

The logo for KATTIVO, featuring the word in a bold, blue, sans-serif font with a white, grainy texture. The letters are slightly shadowed, giving it a three-dimensional appearance.

Contesto e realtà produttiva interessata

Il ricorso a **tecniche di viticoltura di precisione** è oggi diventato sempre più necessario in un contesto produttivo che vuole al contempo risparmiare sui costi di gestione agronomica, aumentare l'efficienza della gestione stessa e avere un'attenzione ai temi della sostenibilità ambientale. Per raggiungere tali obiettivi è necessario poter disporre di macchine "intelligenti" che grazie a specifici sensori sappiano riconoscere le variazioni dell'ambiente in cui operano e di tecnici preparati ad utilizzare tali innovazioni. Con tali tecniche è possibile in questo ambito modulare le operazioni di campo in maniera tale da soddisfare le specifiche necessità delle piante in un ambiente, quale il vigneto, che presenta, soprattutto nella realtà viticola toscana, un'elevata variabilità.

Problematica da risolvere

La **corretta e tempestiva esecuzione dei trattamenti fitosanitari in viticoltura** è indispensabile per assicurare l'ottenimento di una produzione soddisfacente sia in termini di quantità che di qualità. Tale attività rappresenta una voce importante nelle spese di gestione del vigneto e può avere impatti importanti nei confronti dell'ambiente e del consumatore; è quindi ricercata una soluzione tecnica che, salvaguardando la sanità dell'uva, presti attenzione anche in un'ottica di salubrità e di limitazione degli sprechi in termini di risorse (antiparassitari, combustibili, acqua).

Tale problematica è oggi affrontata attraverso l'utilizzo delle cosiddette macchine a recupero che però presentano notevoli limitazioni (riconducibili a ragioni di peso e manovrabilità) all'utilizzo in ambienti collinari, tipici delle realtà vitate toscane e, in parte, di molti altri comprensori vitivinicoli italiani.

Opportunità da cogliere

Attraverso l'utilizzo delle tecnologie esistenti risulta possibile implementare un **kit che adatti le diverse tipologie di atomizzatori alle operazioni di trattamenti** in regime di volume variabile in funzione del variare della chioma evitando quindi gli sprechi e ottimizzando l'efficacia dei trattamenti. Dal punto di vista economico prime evidenze mostrano come una gestione a volume variabile permetta risparmi di prodotto fino al 35%-50% (in funzione della conformazione delle chiome e dello specifico stadio fenologico) associati, soprattutto con chiome molto voluminose, ad un aumento dell'efficacia del trattamento.

03

Obiettivi generali e
specifici

The logo for KATTIVO, featuring the word in a bold, blue, sans-serif font with a white, grainy texture. The letters are slightly shadowed, giving it a 3D appearance. The background of the logo is white with a subtle pattern of small, colorful dots.

L'obiettivo generale

L'obiettivo del progetto è la diffusione, presso il sistema vitivinicolo toscano, di una **tecnologia applicata agli atomizzatori tradizionali che permetta la distribuzione dell'agrofarmaco a dose variabile** in funzione del volume della chioma da trattare, consentendo di ridurre gli sprechi idrici e l'uso dei fitofarmaci, in particolare per vigneti localizzati in zone collinari (come spesso accade in Toscana) dove le macchine a recupero di prodotto hanno difficoltà a transitare a causa delle condizioni orografiche di pendenza troppo accentuata.

Gli obiettivi specifici

1. Analisi dei **sistemi esistenti per l'applicazione degli agrofarmaci** e loro valutazione in termini di efficienza/costi
2. Analisi dei sistemi esistenti per **ottimizzare l'applicazione degli agrofarmaci**
3. **Progettazione di un sistema** (nuovo prodotto) per l'applicazione a volume variabile della miscela di fitofarmaco e per la raccolta di dati sulle pareti vegetative (cambiamenti di processo);
4. Analisi delle tipologie di atomizzatori presenti sul mercato e valutazione dell'applicabilità rispetto all'innovazione proposta
5. **Applicazione del kit progettato su modelli di atomizzatori differenti** (per marche e geometria della testata che effettua i trattamenti) e risoluzione delle problematiche tecniche relative alle modifiche strutturali richieste
6. **Valutazione dell'efficienza e del rapporto costi/benefici** dopo la realizzazione di due annate di trattamenti con il nuovo sistema;
7. Applicazione delle informazioni raccolte durante il periodo della difesa ad altre fasi della gestione agronomica del vigneto per una sempre più attenta gestione sito-specifica (es. concimazioni, potature)
8. Analisi della tipologia di azienda potenzialmente interessata all'innovazione realizzata
9. **Divulgazione dei risultati ottenuti** al maggior numero possibile di operatori del settore, mediante una apposita strategia di comunicazione e formazione specialistica per facilitare la diffusione dell'innovazione e favorire l'uptake delle soluzioni proposte nel contesto produttivo primario della Toscana
10. Efficace trasferimento dei risultati acquisiti e dell'esperienza maturata mediante una strategia di networking a livello nazionale (presso la Rete Rurale Nazionale) e a livello europeo (mediante gli strumenti messi a disposizione dall'EIP-AGRI, grazie ad azioni di confronto con altri GO PEI operanti nella medesima tematica nonché con reti come ERIAFF e piattaforme come la High Tech Farming platform - S3 AGROFOOD Platform)

04

**Le innovazioni
messe a punto e
trasferite**

The logo for KATTIVO, featuring the word in a bold, blue, sans-serif font with a white, grainy texture. The letters are slightly shadowed, giving it a 3D appearance. The background is white with a subtle grid pattern.

KATTIVO

Nonostante i numerosi progressi nel settore delle attrezzature per i trattamenti alle colture arboree, analoga evoluzione non si è verificata per quanto riguarda la definizione delle corrette modalità di impiego degli agrofarmaci, ed in particolare per un adattamento delle dosi ai parametri morfologici della chioma (altezza, spessore, densità fogliare). Numerosi dati sperimentali che dimostrano come, a parità di altre condizioni e in particolare per una dose costante di fitofarmaco, il deposito di principio attivo sulla vegetazione tenda sempre a diminuire all'aumentare dell'indice d'area fogliare della coltura, e viceversa. Per tale motivo sono stati elaborati modelli che calcolano il volume della miscela da distribuire in funzione del volume della vegetazione da trattare. Uno di questi, il TRV (Tree Row Volume) che si basa su un dosaggio proporzionale al volume della chioma, è applicato ufficialmente in Svizzera per calcolare la dose di fitofarmaco.

L'obiettivo del GO PEI è stato quindi l'applicazione di un Piano Strategico basato sulla promozione dei trattamenti fitosanitari a volume di miscela variabile, individuando sistemi "flessibili" e dai costi contenuti da applicare a atomizzatori già esistenti che permettano l'individuazione in real time della variazione della chioma della coltura da trattare, grazie a sensori che raccolgono il dato volumetrico e, attraverso l'elaborazione dello stesso tramite un algoritmo, lo traducano in modulazione di volume di miscela applicata.

Nello specifico, il progetto **ha raggiunto l'obiettivo innovativo prefissato di realizzare un KIT che permettesse la modifica di atomizzatori** già in uso in macchine in grado di operare distribuendo un volume di miscela variabile (acqua+agrofarmaco) al variare dei volumi di chioma delle singole piante. Gli atomizzatori tradizionali operano in maniera tale che, una volta tarati su una dimensione media della chioma del vigneto, somministrano all'apezzamento considerato una quantità fissa di miscela senza considerare la variazione del volume della canopy delle singole piante che compongono il vigneto e quindi l'effettiva necessità di ognuna di ricevere la giusta quantità di prodotto. A seconda della fase fenologica si sono ottenuti risparmi di prodotto e di acqua via via decrescenti pur mantenendo un efficiente grado di copertura e deposito che determinano l'efficacia del trattamento. Anche dal punto di vista economico il kit prodotto consente un investimento con tempi di rientro previsti in 4 annate agrarie.

Durante la fase di studio della fattibilità del progetto si sono individuate tutte le componenti tecnologiche del kit, già presenti sul mercato, le cui funzionalità di base erano note e propedeutiche allo scopo prefissato. **Il kit è composto da sensori, software, hardware, centraline ed elettrovalvole.** Durante la prima fase del progetto sono state testate e migliorate in itinere le funzionalità delle singole componenti. Successivamente si è passati all'assemblaggio del kit e all'installazione dello stesso sui 2 atomizzatori selezionati presso le aziende partner del GO per procedere nell'ultimo anno ai test in campo.

Si è deciso di adottare dei sensori ad ultrasuoni multitarget di ultima generazione che consentono cioè di raccogliere fino a 25 misurazioni per impulso determinando con precisione lo spessore della chioma di ogni pianta da trattare. Durante i test si è reso necessario verificare l'efficienza dei sensori e le informazioni da essi raccolte.

Relativamente al software utilizzato questo è stato modificato e successivamente testato durante le prove in campo affinché potesse gestire le informazioni provenienti da più sensori (vegetazione ai due lati del trattore, eventualmente parte bassa e alta della parete vegetativa) e trasferirle a più elettrovalvole e quindi alle diverse sezioni dell'atomizzatore che devono lavorare in maniera indipendente. Ovviamente per trasformare i dati dimensionali della chioma in volume della miscela da somministrare si sono apportate ulteriori modifiche inserendo un algoritmo che permette il calcolo per questa conversione. Il software permette altresì di produrre alla fine dell'operazione una mappa dell'attività svolta in modo da verificare pianta per pianta/zona per zona la dose applicata.

Attraverso le verifiche e le misurazioni effettuate in campo per i parametri legati ai livelli di copertura e deposito della miscela somministrata, si è verificata l'efficacia del sistema a dose variabile e confrontata con la somministrazione standard il cui esito sarà descritto nella sezione relativa ai risultati.

05

**Metodologie
seguite e
tempistiche**

KATTIVO

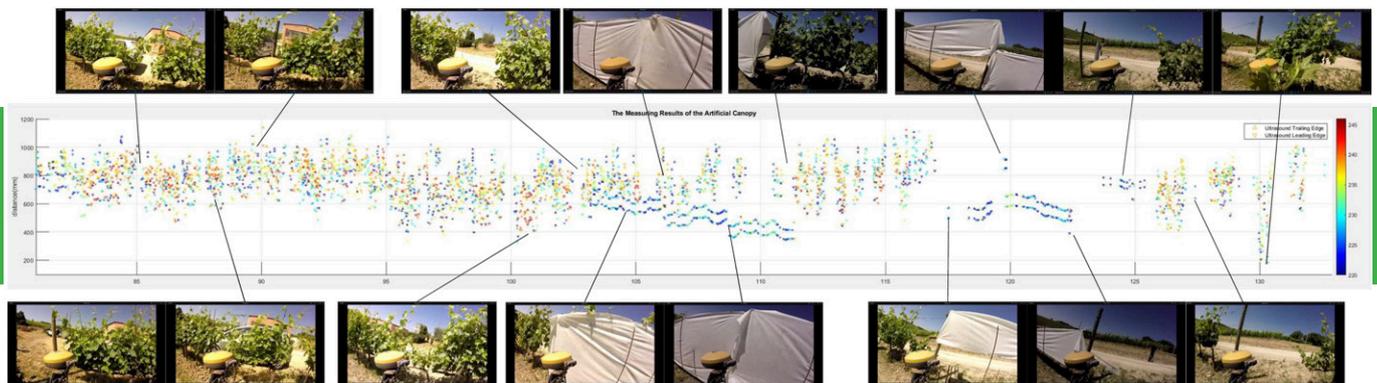
Allestimento e messa a punto delle irroratrici

In ciascuna delle due aziende agricole partner, è stato selezionato un atomizzatore dedicato al progetto: nel caso di Tenute Ruffino si tratta di un Martignani Kwh Whirlwind trainato con una cisterna di dimensioni di 1000L e nel caso di Agricola San Felice di un Martignani Kwh Whirlwind polivalente montato su una trattrice semovente con una cisterna di dimensioni di 2000L



Su tali attrezzature, in due momenti differenti per le due aziende, si è provveduto all'installazione di attrezzatura idonea alla loro funzionalità a rateo variabile. Nel caso di Tenute Ruffino si è proceduto all'installazione di un monitor GPS X23 di Topcon (poi sostituito da un X25 per questioni di compatibilità con la versione software), un modulo di comunicazione remota bidirezionale CL10, un adattatore che permettesse alla macchina di operare in modalità ISOBUS, un kit di elettrovalvole proporzionali, una centralina di comunicazione e comando delle elettrovalvole (APOLLO) e sono state effettuate delle modifiche per quanto riguarda alcuni supporti per il montaggio della dotazione elencata e per quanto concerne l'idraulica per adeguarla al nuovo uso. La modifica è stata effettuata nel mese di novembre 2020. Analoga modifica è stata apportata all'irroratrice in uso presso Agricola San Felice, con la sola differenza che, in quel caso, è stato necessario sostituire il flussimetro presente con uno adeguato alla nuova modalità di funzionamento: la modifica della macchina è stata effettuata nel corso del mese di Aprile 2021.

Entrambi i macchinari sono stati equipaggiati da dei sensori ad ultrasuoni (una coppia nel caso di Tenute Ruffino e 3 sensori nel caso di Agricola San Felice) che sono stati precedentemente calibrati per l'uso su pareti vegetali, nel corso di una prova in campo a giugno 2019: tale calibrazione è avvenuta in un primo momento grazie a misurazioni in campo con pareti vegetali reali e artificiali, per ricreare differenti condizioni di volumi ed altezze, ed in parte in alcune misurazioni di laboratorio eseguite direttamente da Topcon Agriculture. In figura è possibile vedere un esempio di tracciato della misurazione dei sensori nel corso dei rilievi in vigneto.



In aggiunta a marzo 2021 si è proceduto con un rilievo in assenza di vegetazione in cui è stato possibile verificare le soglie di lettura dei sensori, con lo scopo di impostare una soglia minima che eliminasse l'interferenza delle strutture fisse del vigneto (pali, fili e strutture pluriennali delle piante). Infine, tarato il sistema, è stato necessario eseguire una taratura con flussimetro per verificare che i volumi erogati dalle irroratrici, a fronte di modifiche strutturali come quelle apportate, fossero corretti.

Nella seguente figura si riporta a titolo esemplificativo l'installazione dei sensori sui due atomizzatori a disposizione.

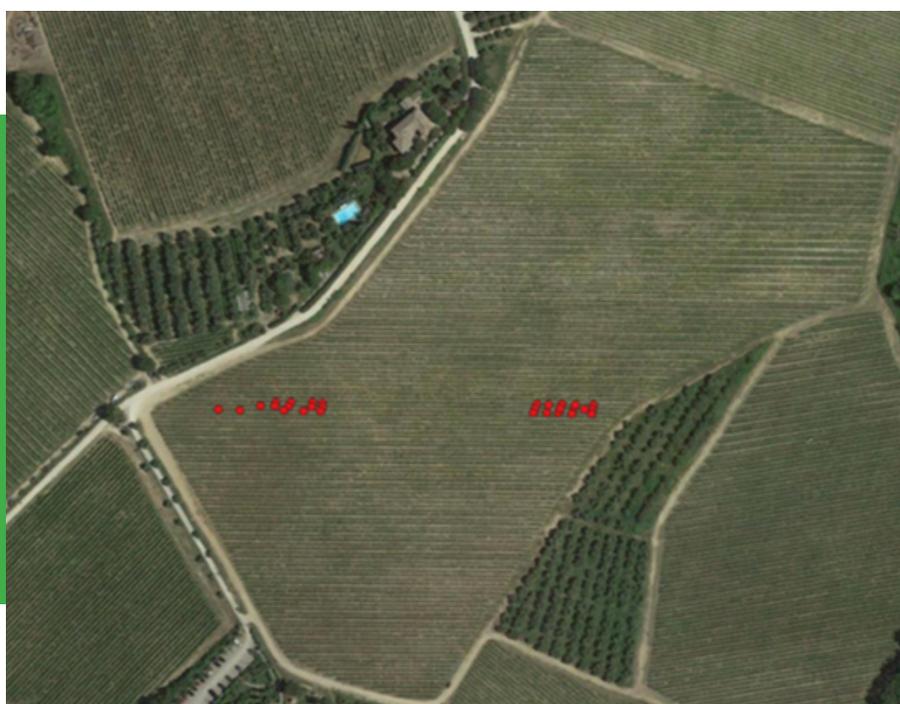


Prove sperimentali

Le attività sperimentali hanno visto come attori principali i partner CREA e Università degli Studi di Firenze (DAGRI), i quali hanno provveduto alla stesura dei protocolli sperimentali ed alla loro attuazione, in accordo e con il supporto delle aziende agricole.

Le attività del CREA hanno avuto come principale argomento di studio la caratterizzazione delle chiome dei vigneti campione e la valutazione dell'efficacia dei trattamenti fitosanitari nella loro capacità di contenere le principali malattie fungine.

Nel corso del primo anno, in base alle indicazioni dei tecnici aziendali, sono stati selezionati i vigneti sperimentali, il primo in località Le Piazze per l'azienda Tenute Ruffino, a Castellina in Chianti, ed il vigneto antistante al centro aziendale per l'azienda Agricola San Felice, a Castelnuovo Berardenga, sui quali sono state campionate 30 piante in due distinte zone precedentemente individuate come alto e basso vigore (in figura si riporta a titolo esemplificativo la disposizione delle parcelle del vigneto "Le Piazze").



Per ognuna di queste piante, sono state svolte misurazioni manuali di accrescimento sulla lunghezza dei germogli e sul numero di foglie per ogni germoglio, per 3 date corrispondenti a fasi fenologiche diverse nel corso della stagione vegetativa, prima della cimatura. I rilievi hanno confermato le differenze delle due aree individuate, in particolare è stata evidenziata una differenza nel numero medio di germogli per pianta: 8,7 nella parte di alta vigoria e 6.7 germogli per pianta nella parte a bassa vigoria nella fase di BBCH 55 (grappoli separati), un minor numero medio di foglie per pianta nella zona a basso vigoria al momento della cimatura, seppur non significativo.

Per monitorare in modo continuo l'accrescimento delle chiome, sono state posizionate in vigneto delle telecamere (nella figura seguente), al fine di acquisire foto in timelapse della parete fogliare nelle varie fasi fenologiche. In particolare, le foto sono state scattate in continuo dal 21.05.2019 al 24.07.2019, ovvero da BBCH 53 (infiorescenze visibili) a BBCH 77 (chiusura grappolo) circa, a varie angolazioni (dall'alto e frontale) ed a diverse ore del giorno (1 foto ogni ora, dalle ore 7 alle ore 18 compresi).

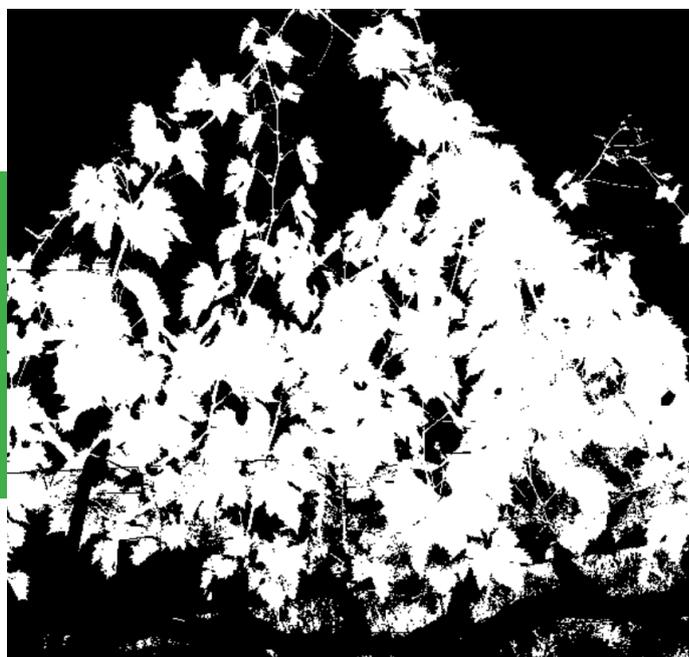


In seguito, tramite il programma di analisi R, è stata effettuata la segmentazione automatica delle immagini rilevate al fine di estrarre la sola parete fogliare per stabilire l'area della stessa.

Allo scopo di valutare la sensibilità alle malattie fungine dell'area di indagine e nonostante non siano stati effettuati trattamenti sanitari differenziati, nelle stesse date dei rilievi sui germogli è stato effettuato il monitoraggio fitopatologico e non sono stati rilevati sintomi di peronospora, oidio e botrite.

Nel corso del secondo anno, come nel precedente, sulle stesse parcelle sperimentali e per ognuna delle piante selezionate, sono state svolte misurazioni manuali di accrescimento sulla lunghezza dei germogli e sul numero di foglie, per 4 date (21 maggio, 28 maggio, 9 giugno, 18 giugno) corrispondenti a fasi fenologiche diverse nel corso della stagione vegetativa, prima della cimatura.

In corrispondenza di questi rilievi, sono state scattate fotografie alla parete fogliare (Figura seguente), utilizzando un telo bianco sullo sfondo in modo da isolare la parete fogliare stessa e rendere più efficace l'analisi delle foto successiva. In particolare, le foto sono state scattate ad intervalli regolari tra la fase fenologica BBCH 53 (infiorescenze visibili) alla fase fenologica BBCH 77 (chiusura grappolo). In seguito, tramite il programma di analisi QGIS, è stata effettuata la segmentazione automatica delle immagini rilevate al fine di estrarre la sola parete fogliare per stabilire l'area della stessa



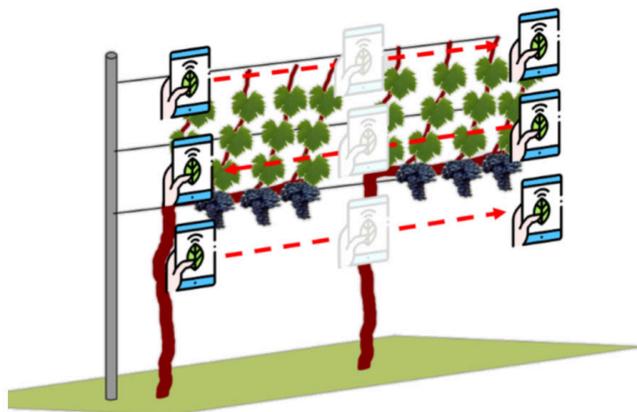
A fianco all'analisi fotografica e ai rilievi manuali, sono stati eseguiti dei rilievi LIDAR (Light Detection and Ranging) al fine di ricostruire una nuvola di punti che rappresentasse un modello 3D delle due piante, K2 e K8B, sulle quali sono state effettuate i medesimi rilievi manuali e fotografici

Allo scopo di valutare la sensibilità alle malattie fungine dell'area di indagine e nonostante non siano stati effettuati trattamenti sanitari differenziati, nelle stesse date dei rilievi sui germogli è stato effettuato il monitoraggio fitopatologico e non sono stati rilevati sintomi di peronospora, oidio e botrite. Tuttavia, a BBCH 77, sono stati riscontrati in modo diffuso sintomi evidenti di mal dell'esca.

Nel corso del terzo anno, sono stati eseguiti 3 differenti tipi di monitoraggi sulle chiome e la loro architettura, in tutte e 3 le epoche fenologiche interessate (BBCH 55, 65, 73):

- un'acquisizione di dati mediante apps mobile per smartphones (MA)
- una con un LiDAR (MLS)
- una con "drone" (UAV)

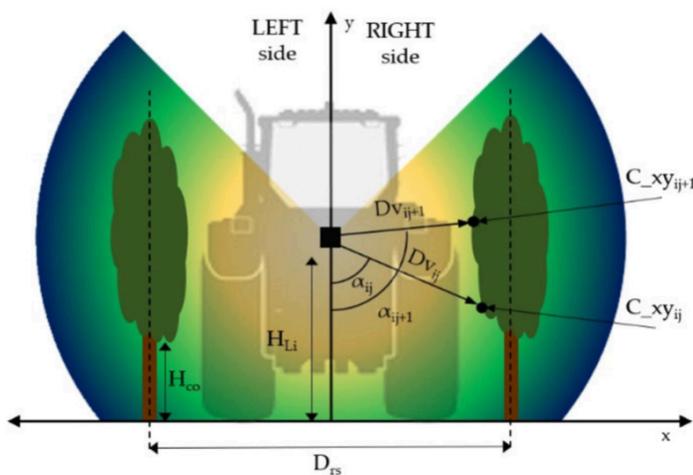
La prima ha visto l'applicazione di una app per iOS e Android chiamata "VitiCanopy", sviluppata da un team di ricercatori dell'università di Melbourne, la quale permette di misurare il LAI (Leaf Area Index) in modo non distruttivo e più rapido ed accurato delle misurazioni fisiche degli anni precedenti: il protocollo di campionamento delle immagini è indicato direttamente dal fornitore della app ed è stato scrupolosamente rispettato. Parallelamente a questa app è stata usata un'altra applicazione chiamata "Pix4Dcatch", disponibile anch'essa per iOS ed Android, la quale permette di creare una nuvola di punti 3D utilizzando la fotocamera del telefono (esempio in figura)



Il rilievo con tale app è stato eseguito posizionando un tablet perpendicolarmente rispetto alla parete vegetale ad una distanza indicativa di 2m, partendo da un'altezza di circa 30cm sotto il cordone e continuando fino a circa 2.5m di altezza da terra.

I rilievi MLS hanno utilizzato un LiDAR 2D "TIM 561" ed un ricevitore D.GNSS, montati nella parte posteriore di un trattore ed accoppiati ad un sensore ottico attivo (OptRX) montato lateralmente (figura seguente). Tale strumentazione ha permesso di collezionare dati in continuo nelle parcelle sperimentali.

Allo scopo di valutare la sensibilità alle malattie fungine dell'area di indagine, in concomitanza ai rilievi strumentali appena descritti è stato effettuato il monitoraggio fitopatologico e non sono stati rilevati sintomi di peronospora, oidio e botrite.



Il LiDAR ha permesso di ottenere una perfetta ricostruzione dell'architettura delle chiome mentre il sensore ottico ha permesso di derivare degli utili Vegetation Index (NDVI ed NDRE).

I rilievi tramite UAV si sono avvalsi di un DJI Phantom 3 Professional UAV, equipaggiato con una fotocamera da 12.4 megapixel e sensore DMOS, in grado di produrre immagini atte ad essere elaborate in ortofoto e nuvola di punti 3D.

I dati ottenuti sono stati sottoposti ad analisi delle immagini ed analisi statistica e geostatistica.

Le attività dell'Università di Firenze hanno avuto luogo nelle stesse parcelle sperimentali individuate insieme al CREA.

Nel corso del primo anno i partner di progetto sono stati supportati nella ricostruzione digitale dello sviluppo fogliare attraverso la tecnologia Lidar (Light Detection and Ranging). In tal modo è stato possibile misurare i volumi fogliari delle diverse fasi fenologiche per, successivamente, adattare il quantitativo di miscela fitosanitaria allo sviluppo fogliare del vigneto. In questa prima fase,



sono state effettuate delle misurazioni del volume fogliare sia attraverso la nuova tecnologia sia manualmente, con lo scopo di comparare le due misurazioni e validare le misurazioni della tecnologia Lidar.

Inoltre, durante il corso della stagione vegetativa sono state effettuate delle prove in campo di irrorazione fitosanitaria, mediante un prodotto tracciante, seguendo una procedura standardizzata a livello internazionale (ISO 22522). Successivamente sono state effettuate:

- analisi qualitativa del deposito con analisi di immagine sui bersagli;
- analisi qualitativa con prodotti fluorescenti.

Nel corso del secondo anno sono state effettuate due prove in campo di irrorazione fitosanitaria per monitorare la distribuzione e il deposito fogliare di prodotto fitosanitario irrorato con il macchinario non implementato dal kit di modifica a rateo variabile. Tali prove sono state effettuate mediante prodotti traccianti e seguendo una procedura standardizzata a livello internazionale (ISO 22522). Queste prove sono state svolte per avere un parametro di riferimento di distribuzione qualitativa e quantitativa dei macchinari non implementati dal kit di modifica a rateo variabile coinvolti nel progetto.

Successivamente sono state effettuate:

- analisi qualitativa della distribuzione mediante analisi di immagine sui bersagli;
- analisi quantitativa del deposito mediante analisi di laboratorio.

Nel corso del terzo ed ultimo anno di sperimentazione si è proseguito col lavoro di supporto alle attività degli altri partners ed in particolare coadiuvando i ricercatori del CREA.

Di corredo alle misurazioni di volumetria sono state effettuate anche in questa annualità prove in campo di irrorazione fitosanitaria per monitorare la distribuzione e il deposito fogliare di prodotto fitosanitario irrorato con il macchinario funzionante sia in modalità a rateo fisso che a rateo variabile. Tali prove sono state effettuate mediante prodotti traccianti e seguendo una procedura standardizzata a livello internazionale (ISO 22522).

06

**Prodotti e risultati
conseguiti**

The logo for KATTIVO, featuring the word in a bold, blue, sans-serif font with a white, grainy texture. The letters are slightly shadowed, giving it a 3D appearance. The background of the logo is white with a subtle, light blue grid pattern.

Valutazione della variabilità spaziale del vigneto

Per tale valutazione sono stati considerati principalmente le variabili LAI, NDVI e NDRE nelle 3 epoche fenologiche. Nella seguente tabella è possibile osservare i valori estremi di variazione, la media aritmetica e il coefficiente di variazione (ovvero la percentuale di variazione della deviazione standard rispetto alla media osservata).

BBCH	Canopy Parameter	Max	Min	Mean	C.V.%
55	LAI	0.99	0.34	0.60	23%
	NDVI	0.65	0.40	0.57	9%
	NDRE	0.18	0.11	0.15	13%
65	LAI	2.02	0.47	1.10	21%
	NDVI	0.78	0.55	0.70	7%
	NDRE	0.23	0.15	0.20	10%
73	LAI	3.11	0.89	1.93	25%
	NDVI	0.85	0.64	0.78	6%
	NDRE	0.28	0.18	0.24	13%

Nella seguente figura vengono invece riportare le mappe di LAI del vigneto sperimentale di Tenute Ruffino, nelle 3 epoche fenologiche interessate:



BBCH 55



BBCH 65



BBCH 73

Tali mappe e valori sono stati presi come riferimento per la validazione dei parametri relativi alle chiome, dal momento che tutti e tre gli indici rappresentano dei validi descrittori della quantità di biomassa presente.

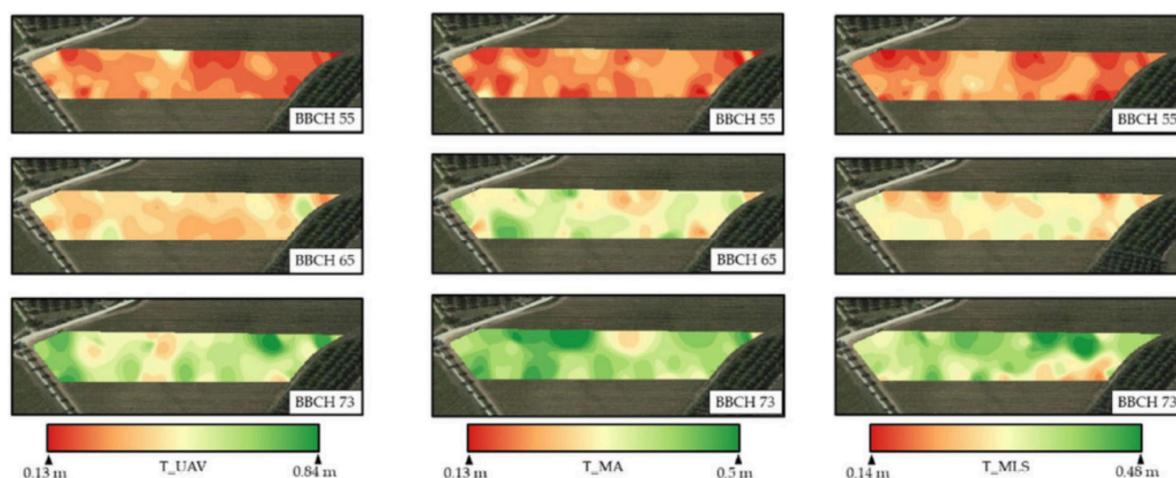
Valutazione delle dimensioni delle chiome

Le tre variabili principalmente studiate, in quanto perfettamente descrittive delle architetture delle chiome, sono state lo spessore (“thickness”, in seguito abbreviato con T), l’altezza (“Height”, H) ed il volume (“Volume”, V): ciò, come descritto nel capitolo dei metodi utilizzati, è avvenuto mediante rilievi da aeromobile comandato da remoto (UAV), misure mediante smartphones ed apposite apps (M) e strumentali (in particolare rilievi LiDAR, indicati come MLS).

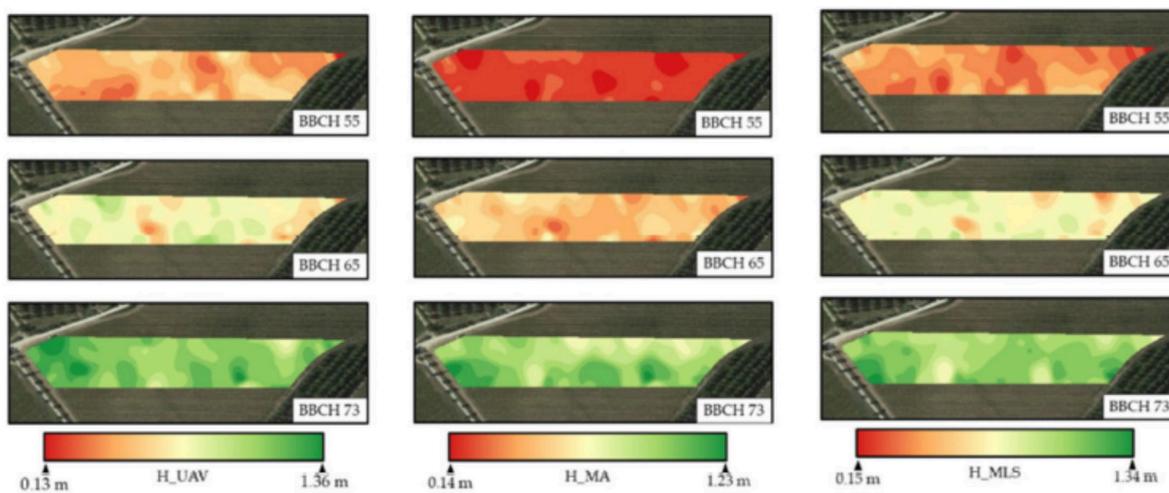
BBCH	Value	Thickness			Height			Volume		
		UAV	MA	MLS	UAV	MA	MLS	UAV	MA	MLS
55	Max	0.50	0.34	0.29	0.61	0.36	0.66	0.23	0.09	0.15
	Min	0.18	0.13	0.14	0.13	0.14	0.15	0.02	0.02	0.01
	Mean	0.29	0.21	0.21	0.40	0.24	0.42	0.12	0.05	0.09
	C.V.%	24%	24%	19%	30%	17%	24%	42%	40%	33%
65	Max	0.61	0.45	0.35	1.05	0.70	0.97	0.48	0.20	0.34
	Min	0.28	0.21	0.20	0.28	0.29	0.40	0.12	0.04	0.08
	Mean	0.41	0.32	0.29	0.68	0.52	0.75	0.28	0.10	0.22
	C.V.%	20%	19%	10%	24%	19%	16%	29%	40%	23%
73	Max	0.84	0.50	0.48	1.36	1.23	1.34	0.87	0.49	0.52
	Min	0.38	0.29	0.22	0.73	0.68	0.71	0.36	0.26	0.26
	Mean	0.58	0.40	0.36	1.07	0.94	1.04	0.59	0.38	0.40
	C.V.%	22%	13%	17%	12%	14%	13%	22%	16%	15%

Si nota come, per quanto riguarda gli spessori delle chiome, i rilievi da drone tendano sempre a sovrastimare tale parametro rispetto alle altre misurazioni, ciò probabilmente per via di una minor precisione di tali tipologie di rilievo causata dal cosiddetto “effetto suolo” ovvero l’interferenza del terreno e della vegetazione spontanea presente.

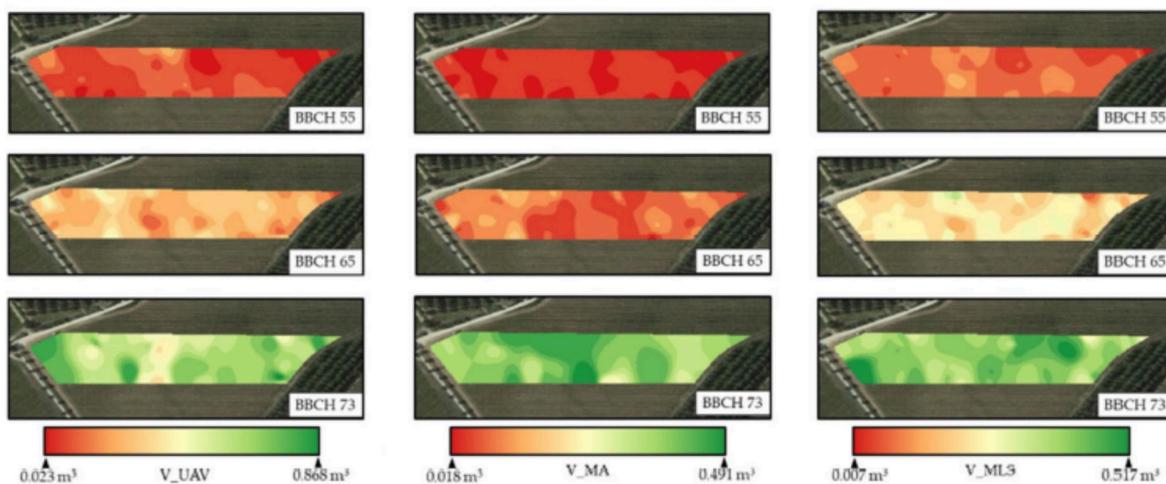
I dati sono stati sottoposti ad una elaborazione geostatistica di spazializzazione che ha permesso di ottenere delle mappe tematiche, nelle 3 epoche, relative agli spessori delle chiome:



alle altezze delle pareti vegetali:

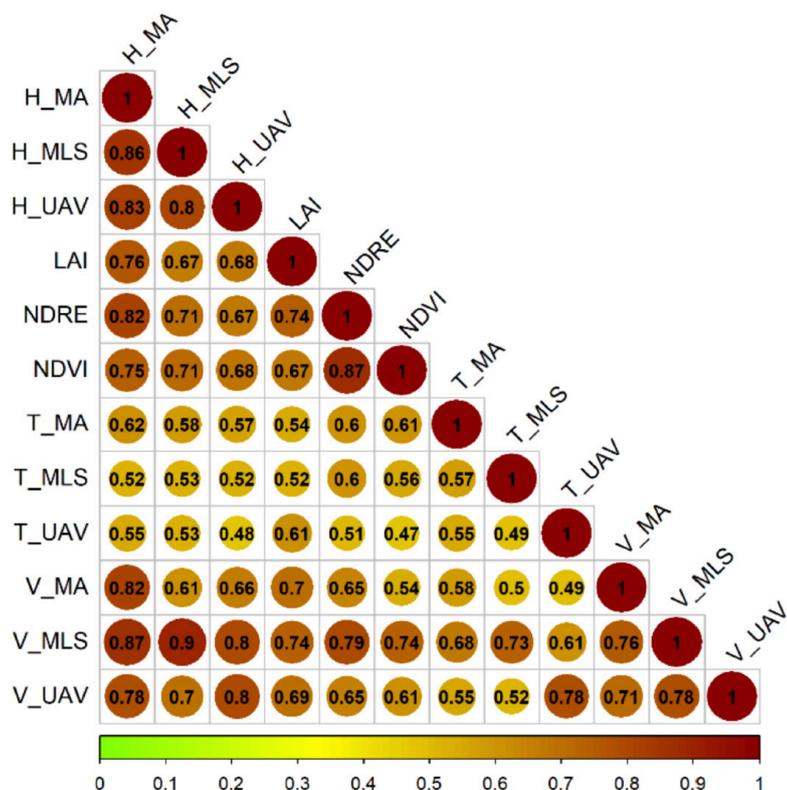


ed infine dei volumi di chioma:



Da tali informazioni raccolte sono state create delle matrici di R2 (ovvero di coefficiente di determinazione), che permettono di osservare quanto le variabili analizzate siano correlate tra di loro.

Il risultato è riportato nella seguente figura:



Da tale analisi si sono evinti alcuni aspetti interessanti: partendo dal presupposto che tutti i coefficienti di determinazione indichino come le tre modalità di rilievo diano dei risultati che ben descrivono la variabilità delle architetture delle chiome, altezza e volume sono maggiormente legati ai descrittori utilizzati (LAI, NDRE e NDVI), meno lo spessore. In particolare il volume rilevato mediante LiDAR è quello con i coefficienti di determinazione maggiori, mentre l'altezza delle chiome è maggiormente rappresentata dai rilievi mediante app per smartphones.

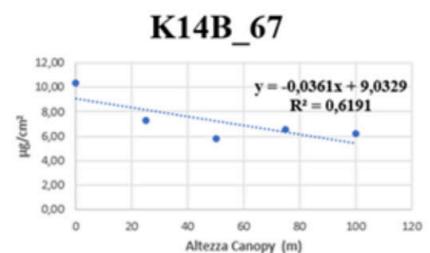
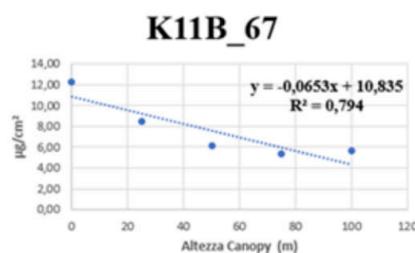
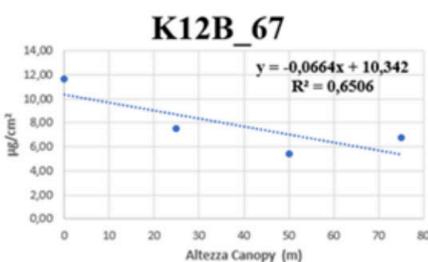
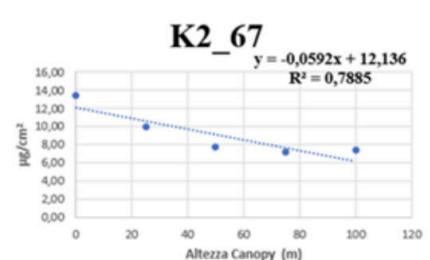
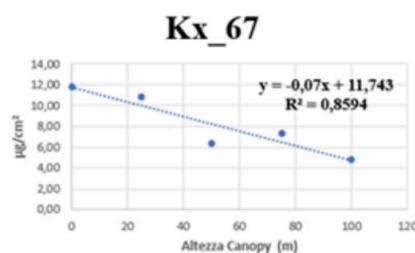
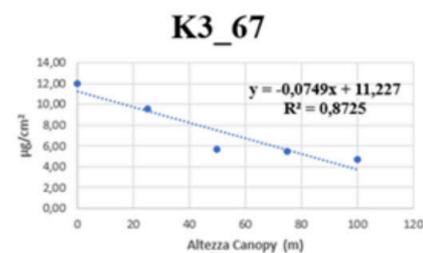
Tutti gli strumenti testati hanno dimostrato di avere alcuni vantaggi e limiti: la tecnologia UAV permette di mappare velocemente molti ettari ma richiede personale formato e requisiti specifici per rispondere alle leggi nazionali e internazionali, l'MA è una misurazione più puntuale ma più economica degli altri strumenti caratteristiche che la rendono maggiormente conveniente per le piccole aziende agricole, l'MLS può essere installato direttamente sui trattori agricoli in modo che i dati possano essere raccolti automaticamente durante le operazioni sul campo. Le principali limitazioni per tutti gli strumenti sono legate alla fase di elaborazione dei dati raccolti, che richiede tempo, un'adeguata potenza di calcolo ed una determinata preparazione tecnica.

Valutazione dell'efficacia fitosanitaria dei trattamenti

Sotto questo punto di vista, bisogna sottolineare come nell'unica stagione di rilievo in cui fosse possibile confrontare i trattamenti a rateo variabile con quelli tradizionali, non sono state evidenziate sintomatologie di alcuna forma di patologia fungina viticola. L'andamento meteorologico particolarmente sfavorevole all'insorgenza di focolai infettivi non ha permesso di considerare se tale assenza fosse dovuta alla capacità dei due prototipi di assicurare una corretta copertura e difesa o, diversamente, all'andamento della stagione stessa.

Analisi dei fabbisogni e messa a punto dei kit di trasformazione in VRT

Dalle prove effettuate nelle prime due annualità, quando i macchinari ancora non erano stati implementati per effettuare i trattamenti a rateo variabile, è stato possibile indagare analiticamente sul funzionamento operativo dei due macchinari in termini di depositi. I grafici sottostanti riportano i risultati in termini di depositi fogliari di prodotti fitosanitari in differenti punti di rilievo sul profilo esterno della chioma del vigneto. Si segnala che in tutte le prove sono stati fatti dei rilievi con trattamenti in bianco, cioè senza prodotti fitosanitari veri e propri, ma con prodotti non dannosi per l'ambiente e per l'uomo. Inoltre, si evidenzia che per l'esecuzione delle prove è stata seguita la normativa internazionale BS ISO 22522:2007, che prevede l'utilizzo di una strategia di campionamento del profilo della chioma (Profile sampling strategy). Dalle prove in questione è emerso come ci sia una forte riduzione dei depositi ($\text{mg}\cdot\text{cm}^{-2}$) con l'aumentare dell'altezza dei punti di deteazione sulla canopy in tutte le piante esaminate, visibile dai grafici sottostanti.



Le cause di questo trend sono da imputare sia alle caratteristiche costruttive del macchinario sia alla difficoltosa taratura che esso necessita. In particolare, il macchinario presenta due ventagli di irrorazione a circa ½ m da terra:



Questa configurazione risulta non essere l'ideale per l'irrorazione in vigneto in quanto non c'è un'equa distanza tra gli ugelli e la canopy del vigneto. Infatti, gli ugelli presenti nella parte basale del ventaglio si trovano ad una distanza minore dalla chioma rispetto a quelli in alto. Questo contribuisce ad una disformità di distribuzione della miscela fitosanitaria che potrebbe essere compensata con un'apertura differenziata dei rubinetti di arresto presenti sui condotti che portano la miscela agli ugelli. Quest'ultima strategia è stata adottata nelle prove del terzo anno ma la problematica è stata solamente mitigata ma non superata completamente a causa della caratteristica costruttiva prima descritta. L'altra irroratrice del progetto ha i diffusori paralleli al profilo verticale della chioma, tipologia di architettura detta "tangenziale".



Pertanto, non presenta il problema delle differenti distanze tra gli ugelli e la chioma, ma anche in questo caso la taratura non risulta agevole soprattutto a causa del fatto che la sezione centrale di destra e la sezione centrale di sinistra devono essere regolate in simultanea perché hanno lo stesso tubo di mandata della miscela. Pertanto, aprendo/chiudendo le valvole degli ugelli della sezione destra si va ad influenzare anche il flusso in uscita della sezione centrale sinistra. Questa caratteristica rende necessaria la regolazione in simultanea di ben 10 ugelli, operazione tutt'altro che agevole.

Considerato che l'obiettivo del progetto era quello di implementare un kit per la modifica di atomizzatori aziendali in grado di distribuire i prodotti fitosanitari a rateo variabile e non quello di migliorare macchinari esistenti, non si sono presi provvedimenti in merito a questi aspetti in quanto esulavano dagli scopi del progetto ed avrebbero comportato la completa riprogettazione dei macchinari.

Detto ciò, considerati tutti gli aspetti fin qui delineati, **si riportano nelle figure seguenti le configurazioni finali dei due macchinari scelti per l'implementazione del kit a rateo variabile.** In particolare, sono stati implementati due macchinari molto eterogenei tra di loro anche se sviluppati dallo stesso costruttore. Infatti, il macchinario di proprietà della società agricola Tenute Ruffino è un Martignani Kwh Whirlwind trainato con una cisterna di dimensioni di 1000L. Questa irroratrice presenta i diffusori a due ventagli di 90° con 6 ugelli ciascuno ed è in grado di lavorare 2 semi-chiome per passaggio. Nella configurazione finale è stato integralmente sostituito il blocco di regolazione della portata originale, con un blocco di regolazione delle portate gestibile elettronicamente da una centralina in grado di garantire il funzionamento a rateo variabile.



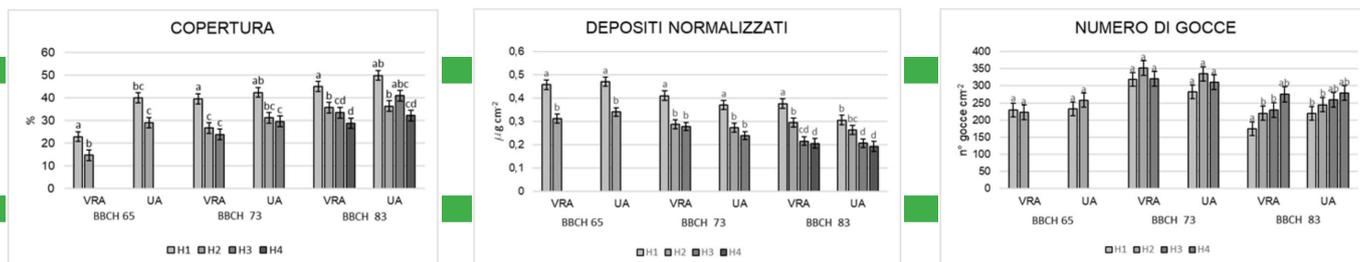
Invece, il macchinario di proprietà della società agricola San Felice è un Martignani Kwh Whirlwind polivalente montato su una semovente con una cisterna di dimensioni di 2000L. Questa irroratrice presenta diffusori tangenziali suddivisi in quattro sezioni con 5 ugelli ciascuna, ed è in grado di lavorare una chio-ma completa e 2 semi-chiome per passaggio. Nella configurazione finale sono stati sostituiti i blocchi di regolazione delle portate di ogni sezione, con blocchi di regolazione delle portate gestibili elettronicamente da una centralina in modo da garantire il funzionamento a rateo variabile.



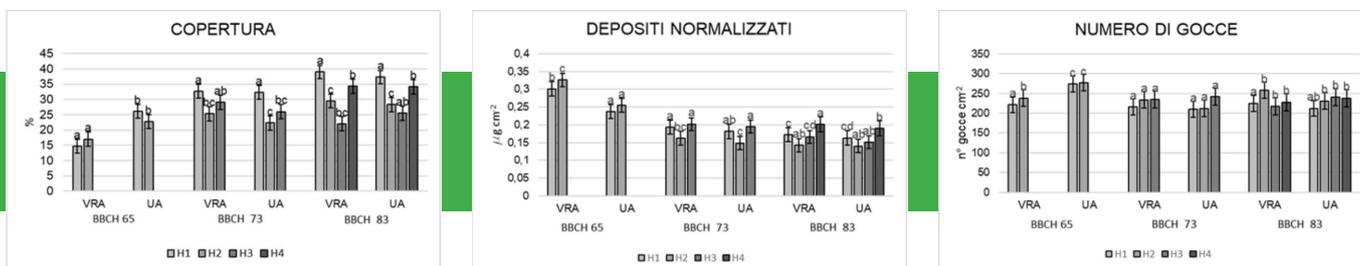
Analisi delle variazioni di quantità applicate e delle caratteristiche quali-quantitative del trattamento

Le variabili analizzate per valutare la qualità dell'irrorazione dei macchinari in modalità rateo fisso (UA) e rateo variabile (VRA) sono state la copertura delle gocce sull'unità di superficie (%), il numero di gocce sull'unità di superficie (n° cm⁻²) e il deposito di tracciante sull'unità di superficie (mg cm⁻²). Queste variabili sono state modellate singolarmente mediante un modello lineare misto e analizzate mediante l'utilizzo dell'analisi della varianza (ANOVA) a due vie. In particolare, si è indagato se ci siano state differenze statisticamente significative tra le variabili indipendenti trattamento (UA e VRA) e altezza di rilevazione (H1, H2, H3, H4). Si segnala che la variabile altezza ha due livelli nella prima prova, tre livelli nella seconda e quattro nella terza. I risultati ottenuti sono riportati nei grafici sotto riportati.

Tenute Ruffino



Agricola San Felice



Nei tre grafici soprastanti sono rappresentati i risultati ottenuti per le tre differenti variabili. All'interno di ogni grafico sono presenti le tre prove effettuate (BBCH 65, BBCH 73 e BBCH 83). Considerando la variabile copertura si evidenzia che sono state trovate differenze statisticamente significative tra i trattamenti nella prima prova. Invece, nelle restanti due le differenze sono state trovate principalmente differenze tra le altezze di rilevazione. In particolare la parte centrale della chioma ha una percentuale di copertura leggermente minore rispetto alle estremità. Confrontando questi risultati con quelli ottenuti a Tenute Ruffino si evidenzia come il problema di decrescita verticale delle coperture non sia più presente in quanto il macchinario ha una diversa parte irrorante. Per quanto riguarda il deposito normalizzato principalmente sono state trovate differenze significative tra i trattamenti. In particolare, a parità di altezza di rilevazione in modalità VRA viene rilasciato più principio attivo rispetto alla modalità UA. Questo è particolarmente evidente nella prima prova (BBCH 65). Anche in questo caso la variabile numero di gocce, viene influenzata meno sia dal trattamento sia dall'altezza. Infatti, è stata trovata sola una significatività nella prima prova. In particolare, il numero di gocce del VRA è minore rispetto alla modalità UA e H1 e H2 in modalità VRA differiscono.

Dal punto di vista pratico, anche in questo caso **i risultati ottenuti confermano il buon funzionamento del macchinario in modalità VRA**. Infatti, per la variabile deposito normalizzato, vengono depositati più principi attivi rispetto alla modalità UA in tutte le tesi considerate. Per la variabile copertura si evidenziano delle buone soglie di copertura in tutte le modalità, con la tendenza nell'ultimo rilievo ad eccedere leggermente la soglia di sovra-dosaggio.

07

**Le ricadute
economiche e
ambientali**

KATTIVO

Per quanto riguarda la valutazione dell'impatto e della sostenibilità economica dell'innovazione, si riportano i risultati delle analisi e degli studi condotti dal partner Università degli Studi di Firenze.

Tenute Ruffino

Per quantificare i costi e i risparmi derivanti dall'applicazione dell'innovazione, è stata presa in esame l'ultima annualità del progetto in quanto ha visto l'applicazione del kit di modifica a rateo variabile a bordo dell'irroratrice. Per poter andare a quantificare i costi ed i risparmi sono state impostate due parcelle omogenee di circa 1 ha ciascuna, nelle quali sono stati eseguiti trattamenti fitosanitari rispettivamente a rateo fisso e rateo variabile. La scelta dei prodotti fitosanitari, delle tempistiche e delle modalità di applicazione sono state impostate, secondo protocolli aziendali, dall'azienda proprietaria del macchinario.

Chiarito ciò, durante la stagione agraria 2021, sono stati effettuati 9 trattamenti fitosanitari tra aprile ed agosto. Dall'analisi delle precedenti annualità, tale valore è risultato in linea in termini di numerosità delle sessioni di protezione del vigneto. Pertanto, è stato valutato caratteristico per l'area geografica in questione, cioè nella zona a Nord di Siena. In questi 9 trattamenti, il protocollo aziendale per l'irrorazione a rateo fisso ha previsto un aumento dei volumi di applicazione in linea con l'accrescimento della chioma fogliare. Questo ha portato il volume di applicazione ad ettaro dai 200 L/ha dei primi quattro trattamenti ai 330 L/ha degli ultimi tre, passando per una fase intermedia con 250 L/ha distribuiti. Per quanto riguarda l'irrorazione a rateo variabile, i volumi di applicazione istantanei sono valutati in base alle dimensioni della canopy lette dai sensori ad ultrasuoni. Quindi, il volume di applicazione ad ettaro risulta essere variabile nell'arco dell'intera stagione, oltre che all'interno del vigneto. L'analisi ha evidenziato che il volume di applicazione oscilla tra i 50-80 L/ha delle prime fasi ai 280-290 L/ha delle ultime. Il confronto tra le due modalità di applicazione ha sottolineato come ci sia un risparmio medio di volume di applicazione del 35%, con un massimo del 76% nel primo trattamento ad un minimo del 10% dell'ultimo.

La quantificazione dei costi ha interessato l'analisi dei prezzi di acquisto dei prodotti fitosanitari. Si è provveduto a trovare il costo al litro di volume di applicazione rispettando le dosi in etichetta di ogni singolo prodotto fitosanitario e calcolandolo sul volume di applicazione a rateo fisso. Successivamente, il costo al litro per trattamento è stato mediato tra le diverse stagioni agrarie prese in esame nell'arco del progetto in modo da avere un valore vincolato il meno possibile alle condizioni fitopatogene di una

determinata stagione. Infine, tali valori sono stati moltiplicati per i litri di miscela effettivamente utilizzati nelle due parcelle prese in esame. Quest'analisi ha portato ad un costo medio ad anno per l'intera sessione di protezione delle colture (9 trattamenti) di 275,00 € per l'applicazione uniforme, invece l'applicazione a rateo variabile ha fatto registrare un valore di circa 160,00 €. Pertanto, si è avuto un risparmio annuale ad ettaro di 113,75€, che raggiunge i 2500,00 € se tale valore viene riferito ai 22 ettari dominabili dall'irroratrice in questione.

Analogamente è stato fatto per la quantificazione dei costi relativi al consumo di acqua dovuto alle applicazioni fitosanitarie. Il costo dell'acqua è stato valutato in circa 3,00 €/m³. Questo prezzo è stato quantificato secondo i prezzi idrici per scopi agrari dell'acquedotto che porta l'acqua nel comprensorio delle aziende del progetto. Pertanto, considerato il risparmio idrico di circa 18 m³/anno riferito ai 22 ettari, il risparmio economico si attese in circa 50,00 €.

Per quanto riguarda l'analisi dei costi del carburante, sono stati presi in considerazione i tempi di lavoro per l'irrorazione di un ettaro di vigneto, i volumi di applicazione e la distanza media tra i vigneti e il centro aziendale adibito al riempimento dell'irroratrice. Questa analisi, per ovvie ragioni logistiche, è la più dipendente dalla disposizione spaziale dei vigneti intorno al centro aziendale. Pertanto, c'è una forte soggettività data dalla singola azienda presa in considerazione. Per la quantificazione dei possibili risparmi di carburante si è partiti dai tempi di lavoro necessari per irrorare un ettaro di vigneto. Dalla telemetria installata a bordo del trattore è stato possibile quantificare che necessitano circa 50 minuti per lavorare un ettaro in entrambe le modalità. La produttività lavorativa, però, cambia a seconda della modalità (UA vs VRA) in quanto in VRA c'è un minor consumo di volume di applicazione rispetto al UA. Questo comporta minori riempimenti della cisterna dell'irroratrice durante l'arco della giornata e dei 22 ettari presi come riferimento. Questi riempimenti comportano che l'irroratrice torni presso il centro aziendale con un aggravio nei consumi a causa degli spostamenti e un impatto negativo sulla efficienza lavorativa. Nei primi trattamenti, in modalità UA, si effettuano 2 riempimenti contro 1 soltanto della modalità VRA. Negli ultimi, il valore dei riempimenti si uguaglia, pertanto le due modalità sono identiche per consumi. Dopo la valutazione dell'efficienza lavorativa e dei riempimenti necessari per singola fase, si è analizzato il consumo medio del cantiere di lavoro (trattore + irroratrice) che abbiamo valutato in circa 8 L/h e il costo del carburante agricolo che si è attestato in 1,30 €/L. Questo costo è stato fortemente influenzato dai recenti rincari dei prezzi delle materie prime dovuti alla crisi pandemica (Covid-19) e diplomatica/militare (Russia/Ucraina). Tutto ciò ha portato ad una quantificazione dei costi dovuti al carburante di circa 140,00 € in modalità UA e di circa 90,00 € in modalità VRA, con un risparmio di circa 50 € ad anno e riferiti al target di 22 ha.

In conclusione, **l'analisi dei costi ha visto un netto risparmio economico delle operazioni di irrorazione fitosanitaria in modalità VRA.** Questo risparmio si attesta sui 2600,00 €/anno, in cui la voce da padrone la fa il risparmio nell'uso di prodotti fitosanitari. L'analisi in questione ha preso in considerazio-

ne l’aspetto economico ma un’analisi degli impatti ambientali farebbe risultare in maniera ancora più evidente la bontà dell’innovazione e farebbe risultare più significativi i **risparmi in termini di consumi idrici e di carburante**. Tutto quello sopra descritto può essere visualizzato in dettaglio nella tabella sottostante.

ANALISI DEI COSTI																
COSTO PRODOTTI FITOSANITARI								COSTO ACQUA				COSTO CARBURANTE				
Trattamenti	UA	VRA	Dif. %	Prezzo unitario	Prezzo UA	Prezzo VRA	Dif. Prezzo UA_VRA	Prezzo UA	Prezzo VRA	Dif. Prezzo UA_VRA	Refill UA	Refill VRA	Prezzo UA	Prezzo VRA	Dif. Prezzo UA_VRA	
n°	1 ha ⁻¹	1 ha ⁻¹	%	€ l ⁻¹	€ ha ⁻¹	n°	n°	€ 22 ha ⁻¹	€ 22 ha ⁻¹	€ 22 ha ⁻¹						
1	200	49	76%	0,10 €	20,00 €	4,90 €	15,10 €	0,60 €	0,15 €	0,45 €	2	1	13,20 €	5,78 €	7,43 €	
2	200	56	72%	0,22 €	44,00 €	12,32 €	31,68 €	0,60 €	0,17 €	0,43 €	2	1	13,20 €	5,78 €	7,43 €	
3	200	69	66%	0,11 €	22,00 €	7,59 €	14,41 €	0,60 €	0,21 €	0,39 €	2	1	13,20 €	5,78 €	7,43 €	
4	200	80	60%	0,14 €	28,00 €	11,20 €	16,80 €	0,60 €	0,24 €	0,36 €	2	1	13,20 €	5,78 €	7,43 €	
5	250	155	38%	0,23 €	57,50 €	35,65 €	21,85 €	0,75 €	0,47 €	0,29 €	3	2	20,79 €	13,20 €	7,59 €	
6	250	212	15%	0,15 €	37,50 €	31,80 €	5,70 €	0,75 €	0,64 €	0,11 €	3	2	20,79 €	13,20 €	7,59 €	
7	330	285	14%	0,09 €	29,70 €	25,65 €	4,05 €	0,99 €	0,86 €	0,14 €	3	3	21,32 €	21,32 €	- €	
8	330	289	12%	0,06 €	19,80 €	17,34 €	2,46 €	0,99 €	0,87 €	0,12 €	3	3	21,32 €	21,32 €	- €	
9	330	296	10%	0,05 €	16,50 €	14,80 €	1,70 €	0,99 €	0,89 €	0,10 €	3	3	21,32 €	21,32 €	- €	
Valori riferiti all'anno					275,00 €	161,13 €	113,75 €	6,87 €	4,51 €	2,36 €						
Valori riferiti a 22 ha					6.050,00 €	3.550,00 €	2.500,00 €	151,14 €	98,41 €	52,00 €			137,03 €	92,27 €	45,00 €	

Report di valutazione del costo e dei risparmi dovuti all’applicazione dell’innovazione presso l’azienda di Tenute Ruffino.

Dall’analisi dei costi del kit di modifica dell’irroratrice pneumatica trainata della tenuta di Gretole e dalla valutazione dei risparmi dovuti ai prodotti fitosanitari, all’acqua e al gasolio è emerso che il **punto di pareggio viene raggiunto tra l’ottavo e il nono anno dopo l’introduzione dell’innovazione**, come si evidenzia dal grafico sottostante.



Questa analisi di simulazione è stata effettuata tenendo conto dei costi effettivamente spesi per l’implementazione del kit tecnologico e dei risparmi ottenuti in una stagione agraria con condizioni rappresentative di infestazioni patogene.

Costi:

I costi si possono suddividere in due macro-voci: strumentazione HW/SW per la rilevazione e l'elaborazione della canopy ed attuatori per implementazione a rateo-variabile. Con strumentazione HW/SW si intende: monitor di controllo dell'irroratrice, ricevitore GNSS (Global Navigation Satellite System), sensori ad ultrasuoni, cablaggi vari e sviluppo del software di gestione. Tutte queste voci portano la voce dei costi ad un totale di circa 15000,00 €. Invece, gli attuatori per l'implementazione a rateo-variabile impattano sul totale dei costi per circa 7000,00 €. In quest'ultima voce sono comprese le elettrovalvole, i dosatori di portata e tutte le modifiche fatte all'irroratrice per renderla funzionante e operativa. Il totale si attesta in 22000,00 €.

Risparmi:

I risparmi si possono suddividere in 3 voci: prodotti fitosanitari, acqua e carburanti. La parte più significativa è da attribuire alla riduzione dell'uso dei prodotti fitosanitari. Infatti, questa voce si attesta in circa 110,00 €/ha anno. Le altre due sono significativamente meno rilevanti dal punto di vista economico, ma non meno importanti dal punto di vista ambientale, e impattano il conto economico per 2,4 €/ha anno e 2,04 €/ha anno, rispettivamente per consumo di acqua e carburante.

Le analisi sopra riportate sono state riferite ad una superficie di riferimento di 22 ha in quanto è la superficie dominabile con un singolo macchinario di questa tipologia (Tona et al., 2017). Pertanto, i valori sopra riportati, riferiti alla superficie dominabile di 22 ha, diventano: 2500,00 €/anno, 52,00 €/anno e 45,00 €/anno rispettivamente per prodotti fitosanitari, acqua e carburante. Questi risparmi sono da considerarsi variabili sia nel loro significato economico, cioè dipendenti da un'altra variabile (superficie) sia nel loro significato letterario in quanto dipendono dalle singole stagioni agrarie prese in considerazione.

Agricola San Felice

Per quantificare i costi e i risparmi derivanti dall'applicazione dell'innovazione, è stata presa in esame l'ultima annualità del progetto in quanto ha visto l'applicazione del kit di modifica a rateo variabile a bordo dell'irroratrice. Per poter andare a quantificare i costi ed i risparmi sono state impostate due parcelle omogenee di circa 1 ha ciascuna, nelle quali sono stati eseguiti trattamenti fitosanitari rispettivamente a rateo fisso e rateo variabile. La scelta dei prodotti fitosanitari, delle tempistiche e delle modalità di applicazione sono state impostate, secondo protocolli aziendali, dall'azienda proprietaria del macchinario.

Chiarito ciò, durante la stagione agraria 2021, sono stati effettuati 7 trattamenti fitosanitari tra maggio e luglio. Dall'analisi delle precedenti annualità, tale valore è risultato in linea in termini di numerosità delle sessioni di protezione del vigneto. Pertanto, è stato valutato caratteristico per l'area geografica in questione, cioè nella zona a Sud di Siena. In questi 7 trattamenti, il protocollo aziendale per l'irrorazione a rateo fisso ha previsto un aumento dei volumi di applicazione in linea con l'accrescimento della chioma fogliare. Questo ha portato il volume di applicazione ad ettaro dai 100 L/ha del primo trattamento ai 300 L/ha dell'ultimo, passando per una fase intermedia con 200 L/ha distribuiti. Per quanto riguarda l'irrorazione a rateo variabile, i volumi di applicazione istantanei sono valutati in base alle dimensioni della canopy lette dai sensori ad ultrasuoni. Quindi, il volume di applicazione ad ettaro risulta essere variabile nell'arco dell'intera stagione, oltre che all'interno del vigneto. L'analisi ha evidenziato che il volume di applicazione oscilla tra i 25-70 L/ha delle prime fasi ai 150-230 L/ha delle ultime. Il confronto tra le due modalità di applicazione ha sottolineato come ci sia un risparmio medio di volume di applicazione del 45%, con un massimo del 76% nel secondo trattamento ad un minimo del 23% dell'ultimo.

La quantificazione dei costi ha interessato l'analisi dei prezzi di acquisto dei prodotti fitosanitari. Si è provveduto a trovare il costo al litro di volume di applicazione rispettando le dosi in etichetta di ogni singolo prodotto fitosanitario e calcolandolo sul volume di applicazione a rateo fisso. Successivamente, il costo al litro per trattamento è stato mediato tra le diverse stagioni agrarie prese in esame nell'arco del progetto in modo da avere un valore vincolato il meno possibile alle condizioni fitopatogene di una determinata stagione. Infine, tali valori sono stati moltiplicati per i litri di miscela effettivamente utilizzati nelle due parcelle prese in esame. Quest'analisi ha portato ad un costo medio ad anno per l'intera sessione di protezione delle colture (7 trattamenti) di circa 330,00 € per l'applicazione uniforme, invece l'applicazione a rateo variabile ha fatto registrare un valore di circa 170,00 €. Pertanto, si è avuto un risparmio annuale ad ettaro di 160,00€, che raggiunge i 3500,00 € se tale valore viene riferito ai 22 ettari dominabili dall'irroratrice in questione.

Analogamente è stato fatto per la quantificazione dei costi relativi al consumo di acqua dovuto alle applicazioni fitosanitarie. Il costo dell'acqua è stato valutato in circa 3,00 €/m³. Questo prezzo è stato quantificato secondo i prezzi idrici per scopi agrari dell'acquedotto che porta l'acqua nel comprensorio delle aziende del progetto. Pertanto, considerato il risparmio idrico di circa 13,5 m³/anno riferito ai 22 ettari, il risparmio economico si attese in circa 40,00 €.

Per quanto riguarda l'analisi dei costi del carburante, sono stati presi in considerazione i tempi di lavoro per l'irrigazione di un ettaro di vigneto, i volumi di applicazione e la distanza media tra i vigneti e il centro aziendale adibito al riempimento dell'irroratrice. Quest'analisi, per ovvie ragioni logistiche, è la più dipendente dalla disposizione spaziale dei vigneti intorno al centro aziendale. Pertanto, c'è una forte soggettività data dalla singola azienda presa in considerazione. Per la quantificazione dei possibili risparmi di carburante si è partiti dai tempi di lavoro necessari per irrorare un ettaro di vigneto. Dalla telemetria installata a bordo del trattore è stato possibile quantificare che necessitano circa 40 minuti per lavorare un ettaro in entrambe le modalità. La produttività lavorativa, però, cambia a seconda della modalità (UA vs VRA) in quanto in VRA c'è un minor consumo di volume di applicazione rispetto al UA. Questo comporta minori riempimenti della cisterna dell'irroratrice durante l'arco della giornata e dei 22 ettari presi come riferimento. Questi riempimenti comportano che l'irroratrice torni presso il centro aziendale con un aggravio nei consumi a causa degli spostamenti e un impatto negativo sulla efficienza lavorativa. Nel primo e nell'ultimo trattamento, sia in modalità UA sia in modalità VRA, si effettuano 1 solo riempimento. A differenza dell'irroratrice di Tenute Ruffino, la semovente di agricola San Felice ha una cisterna più capiente (1000 L vs 2000 L), pertanto, in determinate condizioni non necessitano riempimenti se non quello di inizio giornata. Nei trattamenti intermedi, il valore dei riempimenti si differenzia di una unità a favore della modalità UA, pertanto la modalità UA impatta negativamente sui consumi di carburante. Dopo la valutazione dell'efficienza lavorativa e dei riempimenti necessari per singola fase, si è analizzato il consumo medio del cantiere di lavoro (trattore + irroratrice) che abbiamo valutato in circa 15 L/h e il costo del carburante agricolo che si è attestato in 1,30 €/L. Questo costo è stato fortemente influenzato dai recenti rincari dei prezzi delle materie prime dovuti alla crisi pandemica (Covid-19) e diplomatica/militare (Russia/Ucraina). In questo caso, il maggiore consumo è dovuto alle differenti masse in gioco ed alle maggiori potenze sviluppate dal motore della semovente rispetto al cantiere di lavoro di Tenute Ruffino. Tutto ciò ha portato ad una quantificazione dei costi dovuti al carburante di circa 150,00 € in modalità UA e di circa 80,00 € in modalità VRA, con un risparmio di circa 70 € ad anno e riferiti al target di 22 ha.

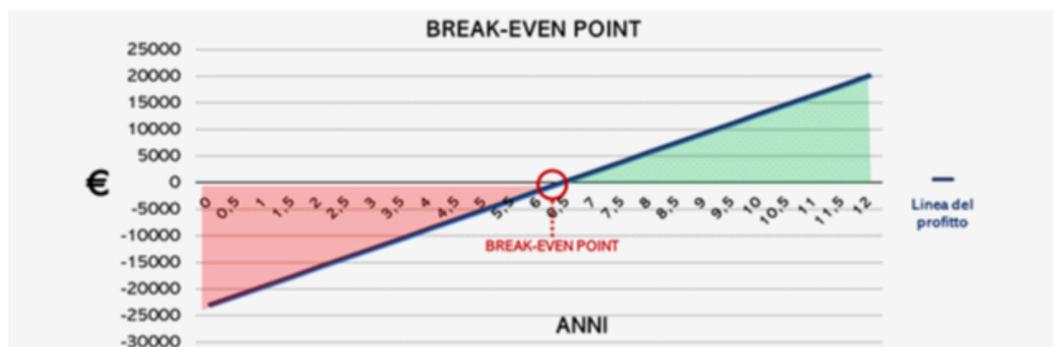
In conclusione, **l'analisi dei costi ha visto un netto risparmio economico delle operazioni di irrigazione fitosanitaria in modalità VRA.** Questo risparmio si attesta sui 3700,00 €/anno, in cui la voce da padrone la fa il risparmio nell'uso di prodotti fitosanitari. L'analisi in questione ha preso in considerazione l'aspetto economico ma un'analisi degli impatti ambientali farebbe risultare in maniera ancora più evi-

dente la bontà dell'innovazione e farebbe risultare più significativi i risparmi in termini di consumi idrici e di carburante. Tutto quello sopra descritto può essere visualizzato in dettaglio nella tabella sottostante.

ANALISI DEI COSTI															
COSTO PRODOTTI FITOSANITARI								COSTO ACQUA				COSTO CARBURANTE			
Trattamenti	UA	VRA	Dif. %	Prezzo unitario	Prezzo UA	Prezzo VRA	Dif. Prezzo UA_VRA	Prezzo UA	Prezzo VRA	Dif. Prezzo UA_VRA	Refill UA	Refill VRA	Prezzo UA	Prezzo VRA	Dif. Prezzo UA_VRA
n°	1 ha ⁻¹	1 ha ⁻¹	%	€ l ⁻¹	€ ha ⁻¹	n°	n°	€ 22 ha ⁻¹	€ 22 ha ⁻¹	€ 22 ha ⁻¹					
1	100	25	75%	0,46	46,25 €	11,56 €	34,69 €	0,30 €	0,08 €	0,23 €	1	1	10,24 €	10,24 €	- €
2	200	48	152%	0,10	20,94 €	5,03 €	15,92 €	0,60 €	0,14 €	0,46 €	2	1	23,79 €	10,24 €	13,55 €
3	200	70	130%	0,36	71,31 €	24,96 €	46,35 €	0,60 €	0,21 €	0,39 €	2	1	23,79 €	10,24 €	13,55 €
4	200	103	97%	0,28	56,46 €	29,08 €	27,38 €	0,60 €	0,31 €	0,29 €	2	1	23,79 €	10,24 €	13,55 €
5	200	151	49%	0,13	26,79 €	20,23 €	6,56 €	0,60 €	0,45 €	0,15 €	2	1	23,79 €	10,24 €	13,55 €
6	200	148	52%	0,41	81,82 €	60,54 €	21,27 €	0,60 €	0,44 €	0,16 €	2	1	23,79 €	10,24 €	13,55 €
7	300	231	69%	0,08	24,91 €	19,18 €	5,73 €	0,90 €	0,69 €	0,21 €	2	2	23,79 €	23,79 €	- €
Valori riferiti all'anno					328,48 €	170,57 €	157,90 €	4,20 €	2,33 €	1,87 €					
Valori riferiti a 22 ha					7.226,52 €	3.726,52 €	3.500,00 €	92,40 €	52,40 €	40,00 €			152,98 €	82,98 €	70,00 €

Report di valutazione del costo e dei risparmi dovuti all'applicazione dell'innovazione presso l'azienda di Agricola San Felice.

Dall'analisi dei costi del kit di modifica dell'irroratrice pneumatica semovente dell'Agricola San Felice e dalla valutazione dei risparmi dovuti ai prodotti fitosanitari, all'acqua e al gasolio è emerso che **il punto di pareggio viene raggiunto tra il sesto e il settimo anno dopo l'introduzione dell'innovazione**, come si evidenzia dal grafico sottostante.



Questa analisi di simulazione è stata effettuata tenendo conto dei costi effettivamente spesi per l'implementazione del kit tecnologico e dei risparmi ottenuti in una stagione agraria con condizioni rappresentative di infestazioni patogene.

Costi:

I costi si possono suddividere in due macro-voci: strumentazione HW/SW per la rilevazione e l'elaborazione della canopy ed attuatori per implementazione a rateo-variabile. Con strumentazione HW/SW si intende: monitor di controllo dell'irroratrice, ricevitore GNSS (Global Navigation Satellite System), sensori ad ultrasuoni, cablaggi vari e sviluppo del software di gestione. Tutte queste voci portano la voce dei costi ad un totale di circa 14000,00 €. Invece, gli attuatori per l'implementazione a rateo-variabile impattano sul totale dei costi per circa 9000,00 €. In quest'ultima voce sono comprese le elettrovalvole, i dosatori di portata e tutte le modifiche fatte all'irroratrice per renderla funzionante e operativa. Il totale si attesta in 23000,00 €. Rispetto all'analisi dei costi del macchinario di Tenute Ruffino, si evidenzia come ci sia un aumento del costo per gli attuatori per l'implementazione a rateo variabile. Questo è dovuto alle differenze costruttive delle irroratrici. Infatti, quest'ultima è un'irroratrice semovente a quattro sezioni di irrorazione che necessita di più gruppi di elettrovalvole per gestire a pieno le 4 sezioni. Inoltre, la predisposizione anteriore dei sensori ad ultrasuoni ha reso necessaria la costruzione di supporti specifici in grado di potersi spostare a seconda delle situazioni.

Risparmi:

I risparmi si possono suddividere in 3 voci: prodotti fitosanitari, acqua e carburanti. La parte più significativa è da attribuire alla riduzione dell'uso dei prodotti fitosanitari. Infatti, questa voce si attesta in circa 160,00 €/ha anno. Le altre due sono significativamente meno rilevanti dal punto di vista economico, ma non meno importanti dal punto di vista ambientale, e impattano il conto economico per 1,9 €/ha anno e 3,10 €/ha anno, rispettivamente per consumo di acqua e carburante.

Le analisi sopra riportate sono state riferite ad una superficie di riferimento di 22 ha in quanto è la superficie dominabile con un singolo macchinario di questa tipologia (Tona et al., 2017). Pertanto, i valori sopra riportati, riferiti alla superficie dominabile di 22 ha, diventano: 3500,00 €/anno, 40,00 €/anno e 70,00 €/anno rispettivamente per prodotti fitosanitari, acqua e carburante. Questi risparmi sono da considerarsi variabili sia nel loro significato economico, cioè dipendenti da un'altra variabile (superficie), sia nel loro significato letterario in quanto dipendono dalle singole stagioni agrarie prese in considerazione.

In questo caso si denota un aumento significativo dei risparmi per i prodotti fitosanitari e per i carburanti rispetto al caso precedente. Il primo aspetto è dovuto ad una differente strategia fitosanitaria che ha visto l'utilizzo di prodotti più costosi per l'attuazione della difesa del vigneto. Il secondo aspetto è dovuto al maggiore consumo di carburante dovuto alle caratteristiche del macchinario (masse in gioco maggiori) che viene solo parzialmente compensato dalla migliore efficienza lavorativa dovuta alla contemporanea irrorazione di più filari.

08

Considerazioni
conclusive

KATTIVO

Il progetto Kattivo ha rappresentato una sfida importante nel panorama dell'innovazione vitivinicola, dal momento che ha cercato di porre le basi per la soluzione di alcune problematiche cruciali legate alla sostenibilità della difesa fitosanitaria.

In primo luogo era fondamentale pensare ad una soluzione in grado di **ridurre il consumo di acqua durante i trattamenti e l'utilizzo di agrofarmaci**; inoltre era ed è importante che la soluzione trovata potesse essere utilizzata agevolmente negli **ambienti collinari**, che rappresentano gran parte della produzione vitivinicola toscana e, si potrebbe aggiungere, nazionale. In terzo luogo era fondamentale che tale innovazione fosse **accessibile a tutte le realtà produttive**, e che quindi non considerasse lo sviluppo di un nuovo prototipo di irroratrice ma che, al contrario, prevedesse un adattamento delle macchine presenti e quindi la costruzione di un kit.

La sfida, nonostante il periodo di inattività dovuto all'emergenza pandemica, è risultata impegnativa ma sicuramente soddisfacente nella sua esecuzione e soddisfatta nei suoi obiettivi, grazie soprattutto ad un Gruppo Operativo che si è dimostrato coeso e coordinato nello sviluppo dei differenti steps, nella soluzione dei problemi riscontrati nel corso della sperimentazione, nella comunicazione e nella divulgazione dei risultati.

La realizzazione di questo progetto e la bontà dei prodotti e dei risultati ottenuti lascia ben sperare in un futuro sviluppo di tali **tecnologie che, con un investimento tutto sommato contenuto, assicureranno un aumento della sostenibilità dei trattamenti: risparmi considerevoli di acqua, di agrofarmaci**, di conseguenza un **aumento della redditività dell'operazione di difesa dei vigneti**. Non da meno, vi è l'aspetto della creazione di una **sostenibilità sociale**: questo ultimo aspetto è sicuramente il meno considerato quanto si parla di questi argomenti ma è fondamentale sottolineare come lo sviluppo di nuove tecnologie possa creare un indotto nel settore e quindi opportunità di lavoro; inoltre, necessita di formazione ed addestramento per il suo utilizzo e quindi genera un innalzamento del livello di specializzazione degli operatori del settore dei quali migliora quindi lo status.

Questo insieme di motivazioni rende il progetto ed i suoi prodotti perfettamente inseriti in un contesto di sostenibilità vitivinicola e di smart farming che sono i target delle politiche agricole comuni e le sfide dei prossimi anni.