



Innovare, irrorare con dosaggio adattivo

di Marco Sozzi

Tecnovict, azienda piacentina specializzata in soluzioni per la viticoltura, ha recentemente realizzato un kit per l'irrorazione di precisione. Una soluzione che permette, anche agli atomizzatori convenzionali, di adattare in tempo reale, senza l'ausilio di mappe di prescrizione, la dose da distribuire al variare delle caratteristiche morfologiche della vegetazione: vigoria e/o fallanze

La moderna viticoltura si trova oggi di fronte a una duplice sfida, climatica e legislativa. Da un lato, l'intensificarsi di fenomeni atmosferici estremi, come precipitazioni concentrate o prolungate siccità, complica la difesa fitoiatrica, favorendo un maggior numero di generazioni di patogeni e riducendo drasticamente le finestre utili per l'intervento in campo. Dall'altro, le stringenti diret-

tive europee delineate dal Green Deal e dalla strategia Farm to Fork impongono una riduzione del 50% dell'uso e del rischio dei fitofarmaci entro il 2030. Tale scenario obbliga i viticoltori a una gestione estremamente oculata delle poche sostanze attive ancora disponibili, puntando su una precisione distributiva che garantisca l'efficacia biologica pur riducendo i quantitativi totali.

L'irrorazione di precisione

Una soluzione per raggiungere questi obiettivi senza compromettere la produzione può essere quella di superare i limiti della distribuzione convenzionale basata esclusivamente sulla superficie di suolo (L/ha), un parametro che ignora la reale volumetria, la forma e la densità del target vegetale, portando spesso a sovra-applicazioni o a ingenti perdite nell'ambiente. Questa transizione verso un'irrorazione di precisione si fonda sul concetto di dosaggio adattivo, basato sulle caratteristiche morfologiche della pianta. Parametri come il Leaf Wall Area (LWA), che esprime la dose in funzione dell'area della parete fogliare effettiva anziché della superficie del terreno, stanno già comparando nelle etichette di alcuni pro-

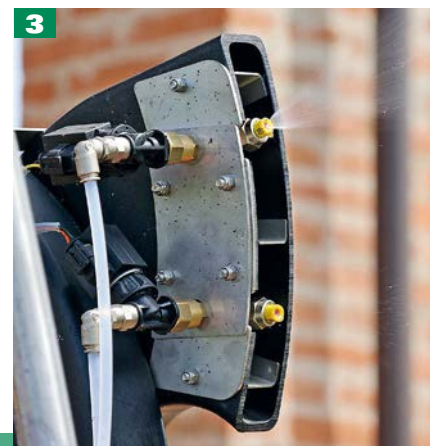


1. Il sensore ROBO montato anteriormente al trattore Antonio Carraro SRX 10900R integra un **sistema di rilevamento ottico (RGB) con quello a ultrasuoni**

2. L'allestimento dell'irroratrice, in questo caso specifico del costruttore Dragone modello TAV trainato da 600 L di capacità, non ha comportato un'eccessiva complessità in termini di cablaggi e centraline, anche grazie alla **comunicazione CAN-bus**

3. Al posto dell'antigoccia è installata, in corrispondenza di ogni ugello una **valvola PWM (Pulse width modulation)** per consentire la disattivazione mirata dell'irrigazione. Nella foto due ugelli adiacenti di cui solo quello sopra in funzione

4. Per una maggior affidabilità e una facile manutenzione i **componenti mobili delle valvole PWM del kit Innovar** sono realizzati in **acciaio inossidabile** e sostituibili rapidamente



dotti fitosanitari per fornire indicazioni più precise sul volume di miscela necessario. L'obiettivo tecnico è l'irrigazione a rateo variabile, capace di modulare l'output della macchina in tempo reale per rispondere alla variabilità della massa vegetativa presente lungo il filare. In questo scenario, la soluzione tecnologica di riferimento è rappresentata dai sistemi PWM (Pulse Width Modulation). Questa tecnologia consente di variare la portata agendo elettronicamente sul rapporto tra il tempo di apertura e quello di chiusura dell'elettrovalvola associata all'ugello. Operando a pressione costante, il sistema PWM permette di adattare la dose in frazioni di secondo senza modificare la popolazione di gocce desiderata. Questa è la soluzione proposta da Tecnovict (Pianello Val Tidone, PC) tramite un kit, disponibile da inizio dello scorso anno ⁽¹⁾, che permette di adattare le irroratrici convenzionali alla tecnologia a dosaggio adattivo.

Come è composto il kit

Le componenti principali del kit in questione sono tre:

- un sensore per identificare la variabilità della vegetazione;
- un sistema di valvole PWM per modificare la quantità di prodotto;
- un diaframma per limitare la velocità dell'aria sul bersaglio.

Sensore. Il sensore è rappresentato da ROBO (ROw Biomass Observer), sviluppato da Appleby Italiana (Cadeo, PC), il quale permette di quantificare il vigore vegetativo delle singole piante in tempo reale. ROBO si basa su una tecnologia ibrida che integra sensori ottici RGB (Red, Green, Blue) per la valutazione del vigore con sensori a ultrasuoni. I primi vengono utilizzati per scandire la parete fogliare suddividendola in aree 20 x 20 cm, permettendo di calcolare un indice di vigore: il Canopy Index (CI), un indice morfometrico adimensionale, espresso su una scala da 0 a 1.000,

che quantifica la densità e la continuità della parete vegetale. I sonar vengono utilizzati per rilevare la distanza della parete fogliare e individuare fallanze e interruzioni del filare. Il sensore comunica con un'unità di controllo, la quale decide la quantità di prodotto da irrorare in base alla dose di riferimento definita dall'operatore e a un valore di sviluppo vegetativo massimo rilevato dinamicamente durante il trattamento, rispetto al quale il sistema calcola la dose. Analogamente l'o-

operatore può definire una dose minima da distribuire in presenza di poca vegetazione.

Valvole PWM. Una volta definita la quantità di miscela da distribuire, tenendo conto anche della velocità di avanzamento, il segnale viene inviato alle valvole PWM posizionate al posto dell'antigoccia di ogni singolo portaugelli presente sulla macchina. Per superare i limiti storici di usura legati all'attrito dinamico delle valvole PWM, le parti mobili delle valvole contenute in questo kit sono realizzate in acciaio inossidabile, in modo da renderle più resistenti e facilitarne la manutenzione.

Diaframmi. L'ultima componente principale del kit Innovar è rappresentata da una serie di diaframmi di diverso diametro che possono essere installati sulla griglia di aspirazione in ventilatori assiali in maniera tale da ridurre la sezione di aspirazione, quindi la portata complessiva e di conseguenza la velocità dell'aria sulla vegetazione. Tale riduzione si rende necessaria in quanto la velocità dell'aria risulta solitamente eccessiva, tale da incrementare la quantità di prodotto irrorata fuori bersaglio. Sempre per



Prima di procedere alla prova è stata verificata l'altezza della macchina e il profilo di bagnatura a portata massima. La taratura dell'irroratrice e delle valvole PWM avviene in automatico tramite l'utilizzo di un flussimetro montato in prossimità del gruppo di comando

permettere una migliore regolazione dell'aria possono essere presenti degli attuatori lineari elettrici per modificare l'inclinazione dei deflettori presenti in uscita dal ventilatore.

CAN-bus. Le comunicazioni tra sensore, unità di controllo, valvole PWM, attuatori lineari e anche gruppo di comando presente in cabina avvengono tramite CAN-bus, un protocollo di comunicazione seriale

usato anche per le centrali delle macchine agricole o anche sulle comuni automobili. Il vantaggio del CAN-bus è la presenza contemporanea di tutti i componenti del circuito nel flusso di dati, il quale permette di semplificare i cablaggi tra tutti i componenti, semplificando l'installazione del kit come retrofit su macchine già esistenti. L'interfaccia utente per la gestione del sensore ROBO avviene tramite una rete Wi-Fi generata dal sensore stesso, in modo da permettere all'operatore in cabina di accedere ai dati del sensore da smartphone.

Modalità di esecuzione della prova

La prova sperimentale è stata condotta attraverso l'irrorazione di acqua su una superficie di circa 0,7 ettari, selezionata per l'elevata eterogeneità dello sviluppo vegetativo. Durante le operazioni, l'unità di controllo del kit ha monitorato e registrato in tempo reale i principali parametri operativi: velocità di avanzamento (km/ora), dose istantanea (L/ha), indice di vigore della vegetazione (CI), distanza dalla parete fo-

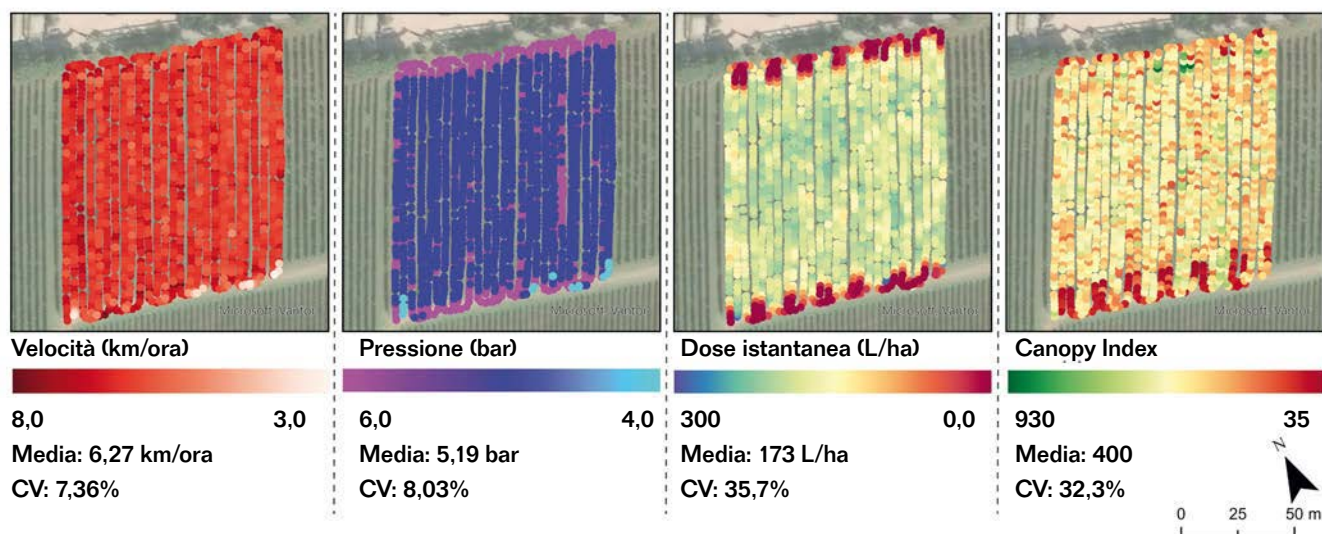
le condizioni di prova

Medio-difficili. La prova è stata eseguita nell'agosto 2025 nel Vicentino, all'interno di un vigneto cv Cabernet Sauvignon. L'appezzamento, caratterizzato da un interfilaro di 2,7 m (3.700 cepi/ha, con circa il 10% di fallanze), è gestito con una forma d'allevamento a cordone speronato riformato a doppio archetto, con una parete vegetativa che raggiunge un'altezza max di 2,3 m: LWA - Leaf wall area, di 11.333 m² di vegetazione/ha. In queste condizioni la dose di riferimento è stata impostata a 300 L/ha. Per l'esecuzione dei test, il Kit Innovar è stato installato in modalità retrofit su un atomizzatore trainato Dragone TAV (carreggia-

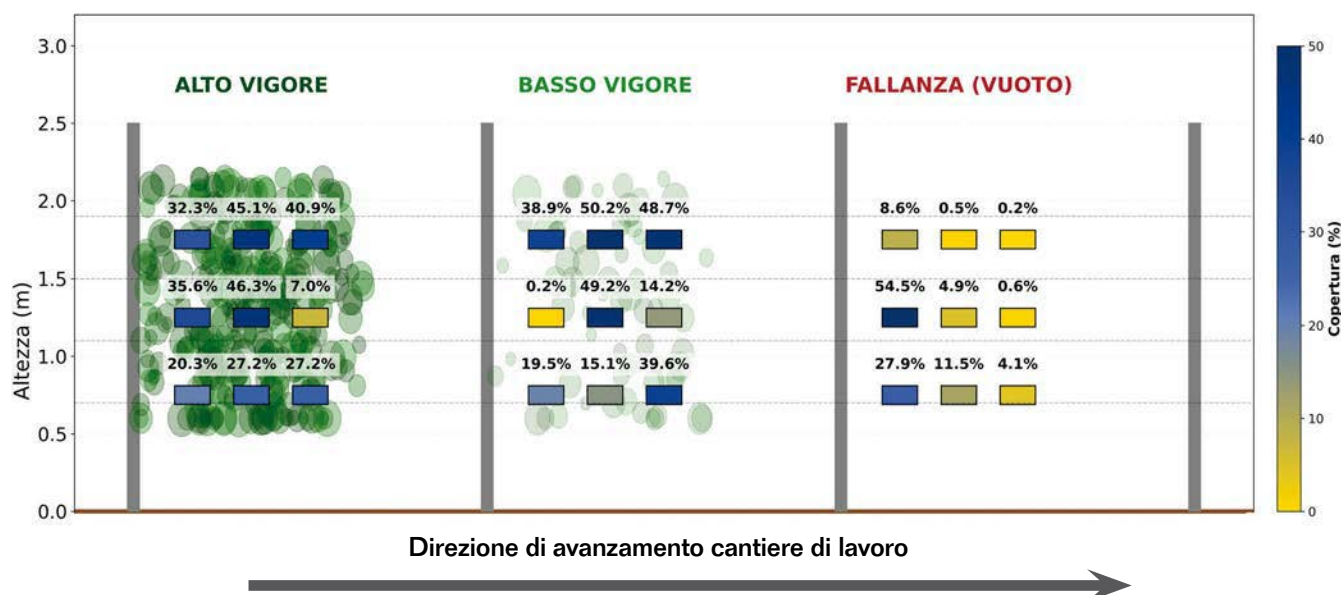
ta 1,15 m e serbatoio da 600 L). La macchina, dotata di un triplo ventilatore centrifugo controrotante con deflettori regolabili a diverse altezze per l'ottimizzazione del profilo aerodinamico, è stata equipaggiata con 12 ugelli Albuz ATR60 gialli (6 per facciata). Questa configurazione ha permesso al sistema di gestire l'erogazione in modo indipendente su ogni singolo ugello, adattando il trattamento alle specifiche caratteristiche di vigore vegetativo riscontrate in campo. Per via della tipologia di ventilatore presente su questa macchina, non è stato necessario installare i diaframmi facenti parte del kit.



Risultati delle analisi condotte sull'appezzamento



Telemetria fornita dall'unità di controllo del kit con valori medi e coefficiente di variazione (CV) di ogni parametro



Qualità di distribuzione rilevata tramite cartine idrosensibili in diverse aree di vigore

gliare, frequenza di lavoro delle valvole PWM, litri totali distribuiti (L) e superficie lavorata (ha). Oltre alla gestione agronomica, questi dati rappresentano una risorsa importante per la tracciabilità e la semplificazione degli adempimenti burocratici, come la compilazione del Quaderno di campagna. Per la validazione della qualità distributiva e dell'accuratezza del sistema nell'interrompere il flusso in corrispondenza di fallanze, sono state individuate specifiche aree di saggio

rappresentative di diverse condizioni fisiologiche: fallanze, basso e alto vigore. In ciascun punto di campionamento sono state posizionate 9 cartine idrosensibili, disposte in modo da mappare capillarmente la copertura del trattamento lungo il profilo della parete e verificare l'efficacia del puntamento volumetrico del sistema Innovar. Le cartine idrosensibili sono state analizzate attraverso un algoritmo di analisi di immagine per determinare la percentuale di bagnatura.

Risultati emersi dai rilievi di campo

Il flusso di dati rilevato dall'unità di controllo del kit ha permesso di analizzare in dettaglio la variabilità presente in campo (tramite l'indice di vigore), la conseguente dose distribuita e la velocità di avanzamento, oltre alla pressione di esercizio mantenuta durante la lavorazione. Come evidenziato nelle mappe della figura nella pagina precedente, il Canopy Index (CI) presenta un valore

le impressioni del tester

1. Regolazione dei parametri BUONO

Per poter eseguire il trattamento sfruttando a pieno questo kit è necessario effettuare alcune misurazioni del vigneto e del profilo di irrorazione per poi inserire i valori all'interno del computer di bordo. Questo aspetto, seppur semplice, può non essere di facile interpretazione per operatori poco avvezzi a sistemi digitali.

2. Performance operativa BUONO

Grazie alla stabilità della pressione di esercizio, la qualità della polverizzazione e la dimensione delle gocce rimangono uniformi, indipendentemente dal vigore della pianta o dalla presenza di fallanze. Si è riscontrata una certa «lentezza» nelle zone di transizione verso le fallanze, aspetto che rappresenta un limite dell'attuale sistema. Le zone trattate risultano adeguatamente coperte, ma in alcuni punti si riscontra una sovra-bagnatura.

3. Installazione OTTIMA

Nonostante il numero elevato di attuatori (uno per ogni ugello) e di sensori (oltre a ROBO sono presenti, nel gruppo di comando, un flussimetro e le valvole generali) l'utilizzo di comunicazione CAN-bus permette di ridurre al minimo i cablaggi necessari al funzionamento del sistema.



1



3

4. Interoperabilità SCARSA

Sebbene il kit sia perfettamente integrato con il sensore ROBO, il sistema di distribuzione non supporta l'integrazione di sensori terzi già presenti in azienda. Allo stesso modo, l'impiego di mappe di prescrizione preesistenti richiede specifici software.



2



4

La valutazione fornita dal tester prevede 8 giudizi: scarso, insufficiente, sufficiente, medio, discreto, buono, molto buono, ottimo.

medio di 400 con un coefficiente di variazione (CV, un indice di dispersione utile per identificare la variabilità di un dato) del 32%, confermando un'elevata variabilità spaziale della biomassa. Tale variabilità si riflette direttamente sulla dose istantanea distribuita (media di 173 L/ha), che mostra una fluttuazione coerente con un CV vicino al 36%, dimostrando la capacità del sistema di adattare l'erogazione in tempo reale. Il valore medio di dose distribuita (173 L/ha) risulta il 42,3% inferiore rispetto alla dose di riferimento (300 L/ha). Parallelamente, il sistema ha garantito un'ottima stabilità meccanica. Infatti, la pressione di esercizio è rimasta stabile con un valore medio di 5,19 bar e una variazione contenuta (CV 8,03%). Quest'ultimo dato è di fondamentale importanza in quanto il mantenimento di una pressione di esercizio costante assicura che lo spettro dimensionale delle gocce rimanga uniforme durante tutto il trattamento, indipendentemente dalle variazioni di portata

comandate dalle valvole PWM. Per quanto concerne la qualità della distribuzione, l'impiego di cartine idrosensibili ha permesso di validare la bagnatura della vegetazione in funzione dei diversi livelli di vigore e di verificare l'effettiva interruzione dell'irrorazione in corrispondenza delle fallanze. Come mostrato dai rilievi riassunti nella figura nella pagina precedente, il sistema ha garantito una copertura consistente nelle zone ad alto vigore, pur con alcuni punti di bagnatura molto eccessiva, adattando efficacemente il deposito nelle aree a basso vigore in base alla biomassa presente. In corrispondenza delle piante mancanti, il kit ha dimostrato un'elevata selettività riducendo la bagnatura a valori prossimi allo zero, influenzati in minima parte da una componente di deriva residua. Relativamente alle fallanze, le prove hanno identificato un'area di transizione tra irrorato e non irrorato di circa 50 cm, ovvero un'area in cui sono presenti gocce nonostante l'assenza di vegetazione. Tale aspetto, ri-

scontrabile nella prima fila di cartine nel senso di avanzamento della macchina, è dovuto a un ritardo in chiusura inserito (e modificabile) per assicurare una copertura anche in presenza di poca vegetazione. In ogni caso vi è un ritardo nella risposta legato all'integrazione tra la lettura del sensore, l'analisi del dato, la velocità di avanzamento e i tempi di risposta degli attuatori. Questo aspetto, pur limitando parzialmente i potenziali vantaggi ambientali ed economici del kit, rappresenta già un miglioramento imponente rispetto alla tecnica tradizionale condotta con irroratrici convenzionali.

Marco Sozzi

Dipartimento territorio
e sistemi agro-forestali - Tesaf
Università di Padova

Si ringrazia l'Azienda Agricola Inama (San Bonifacio - VR) per aver messo a disposizione l'appezzamento, il trattore e l'operatore.

(1) Il prezzo di listino del kit Innovar parte da 17.000 euro (Iva esclusa).

MAD

www.macchineagricoledomani.it



Edizioni L'Informatore Agrario

Tutti i diritti riservati, a norma della Legge sul Diritto d'Autore e le sue successive modificazioni. Ogni utilizzo di quest'opera per usi diversi da quello personale e privato è tassativamente vietato. Edizioni L'Informatore Agrario S.r.l. non potrà comunque essere ritenuta responsabile per eventuali malfunzionamenti e/o danni di qualsiasi natura connessi all'uso dell'opera.