



CAMERA DI
COMMERCIO
MILANO

“Distribuzione dei fitofarmaci: stato dell’arte e impiego di attrezzature intelligenti per il contenimento dei costi e il miglioramento della sostenibilità delle produzioni vitivinicole milanesi e lombarde”



Aprile 2015

Opuscolo realizzato con la collaborazione di Coldiretti Milano, Lodi e Monza Brianza, Università degli Studi di Milano (Dipartimento Vespa), Arvatec S.r.l., con contributo dalla Camera di Commercio di Milano.

A cura di: Massimo Lazzari, Ambra Longoni, Ernesto Beretta, Savio Landonio

ISBN: 9788894072228

ISBN-A: 10.978.88940722/28

Sommario

1 – Introduzione	2
2 – Stato dell’arte.....	2
2.1 – Importanza della viticoltura milanese e lombarda	2
2.2 – Impiego di p.f. e altri fattori produttivi	4
2.3 – Normativa	7
2.4 – Stato dell’arte dell’efficienza delle irroratrici in termini di deposizione dei p.f. sulla vegetazione	13
2.5 – Possibilità di automazione delle macchine irroratrici	24
2.6 – Struttura dei costi di produzione	32
2.7 – Valutazione impatto ambientale.....	32
3 – Requisiti di un sistema di distribuzione ad alto grado di sostenibilità adatto alle aziende medio-piccole tipiche del milanese e lombardo	33
4 – Realizzazione del sistema e sua descrizione.....	37
4.1 – Scelta del modello d’irroratrice pneumatica da equipaggiare con il sistema di controllo	38
4.2 – Logica di base del sistema di distribuzione e gestione dei dati	40
4.3 – Software e algoritmi	42
4.7 - Assemblaggio dei componenti a bordo delle macchine agricole	47
5 – Prove di campo	49
5.1 – Capacità di regolazione	50
5.2 – Rilievo delle prestazioni in termini di deposito di rame	52
5.3 – Rilievo delle prestazioni in termini di diametro delle gocce	54
5.4 – Rilievo degli indici di vigore	55
6 – Considerazione sui risultati ottenuti	55
6.2 – Analisi benefici costi dell’impiego della tecnologia	56
6.3 – Analisi dei benefici ambientali dell’impiego della tecnologia	57
7 – Conclusioni.....	58
8 – Bibliografia	60

1 – Introduzione

Uno dei principali problemi connessi al miglioramento della sostenibilità ambientale della viticoltura è legato all'utilizzo non ottimale dei prodotti fitosanitari (p.f.) e degli agrochimici in generale. Infatti, con le irroratrici convenzionali si considera che nei trattamenti a inizio stagione venga dispersa una quota anche pari all'80% del totale della miscela distribuita, mentre sul finire della stagione questa quota arriva gradualmente ad un 50%. Analizzando l'intera stagione di difesa del vigneto, tenendo anche conto dei minori volumi utilizzati a inizio periodo, si stima una percentuale media di prodotto fuori bersaglio del 60%.

Recentemente l'Unione Europea ha riconosciuto come l'uso dei p.f. sia una possibile minaccia per la salute umana e l'ambiente. Perciò, essenzialmente attraverso le direttive 127 e 128 del 2009, ha stabilito che la progettazione, la costruzione e la manutenzione delle macchine utilizzate per l'applicazione dei p.f. svolgono un ruolo significativo ai fini della riduzione degli effetti nocivi dei medesimi per la salute umana e ambientale, introducendo prescrizioni riguardanti questi campi di attività. Inoltre, per quanto riguarda le attrezzature per l'applicazione di p.f. già utilizzate dagli operatori professionali, la direttiva quadro stabilisce prescrizioni relative alle ispezioni e alla manutenzione cui esse devono essere sottoposte.

La viticoltura milanese e, più in generale lombarda, è essenzialmente caratterizzata dalla presenza di aziende medio-piccole che devono obbligatoriamente adattarsi a tali nuove normative. Non sempre però, le aziende riescono a trovare sul mercato le tecnologie adatte alle loro dimensioni e, difficilmente, possono accedere a informazioni sufficienti ad adottare corrette decisioni strategiche nella scelta delle medesime. Da qui lo scopo del presente opuscolo.

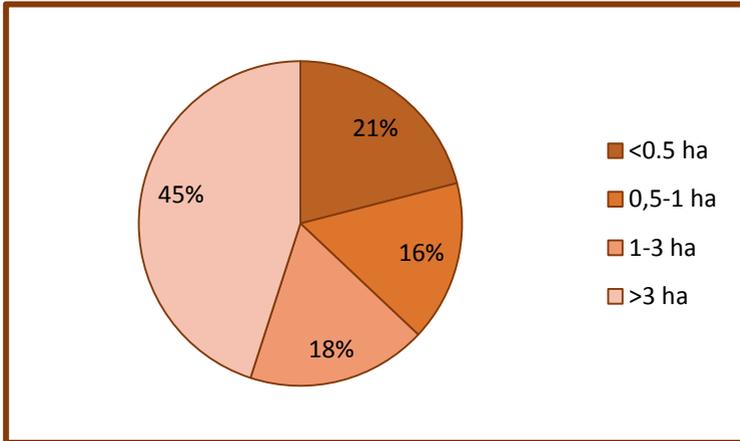
2 – Stato dell'arte

2.1 – Importanza della viticoltura milanese e lombarda

Attualmente in provincia di Milano si trovano iscritti all'inventario dei vigneti (essenzialmente nei Comuni di San Colombano, Miradolo, Graffignana, Inverno e Monteleone) 650 viticoltori per una superficie complessiva di 390 ha vitati. Di questi, 195 viticoltori rivendicano superfici DOC o IGT, per 167 ha.

Appare quindi, più che evidente, il frazionamento della viticoltura collinare, con una proprietà media di soli 6.000 metri quadri. Come si evidenzia nel grafico 2.1 le aziende con più di 3 ha, nonostante rappresentino solo il 3%, ricoprono il 45% della superficie vitata complessiva.

Graf. 2.1 - Superfici vitate per classi dimensionali delle aziende



La Lombardia è la decima regione per produzione di vino in Italia con una superficie vitata che raggiunge i 23.100 ha. Pavia è la provincia che detiene la più grande area coltivata con 13.200 ha e la maggior produzione di vino con 739.000 ettolitri. Si ricorda che la superficie vitata complessivamente presente in Italia è superiore ai 700.000 ha.

In Italia convivono circa quaranta forme di allevamento, alcune molto simili tra loro e altre che rappresentano solo una variante regionale. Limitando la classificazione solo ai gruppi maggiormente rappresentativi, la loro diffusione sull'intero territorio può essere così riassunta:

- Alberello 35%;
- Spalliera (Guyot, etc.) 45%;
- Tendone 12%;
- Pergola 3%;
- Altre 5%.

Alberello e tendone sono essenzialmente concentrati nelle regioni meridionali e, specie per quanto riguarda la potatura e la raccolta, sono

difficilmente meccanizzabili; le superfici a esse destinate si stanno sempre più comprimendo. Per contro, pergola e spalliera, in particolare quest'ultima nella versione allevata a potatura corta o mista, rappresentano le forme di allevamento del Nord Italia più facilmente meccanizzabili. Nei nuovi vigneti l'impiego vite allevata a spalliera è sempre più preferito.

In definitiva il quadro che si presenta è quello di un'evoluzione verso una viticoltura sempre più specializzata, orientata a spostarsi verso aree di coltivazione più facilmente meccanizzabili ma, con la presenza ancora massiccia di aziende con dimensioni economicamente limitate. Questo processo sta comunque portando a un generale cambiamento delle tecniche di produzione quindi, una maggiore richiesta di macchine per i trattamenti tecnologicamente sempre più avanzati e dotate di elettronica che le rende sempre più "intelligenti".

2.2 – Impiego di p.f. e altri fattori produttivi

Nei vigneti italiani, in particolare milanesi e lombardi, l'impiego dei p.f., e degli agrochimici in generale, ha raggiunto elevati livelli di specializzazione e, di conseguenza un largo impiego di mezzi tecnici (fattori, macchine, manodopera).

In tabella 2.1 viene riportato un prospetto di quali sono le principali patologie/carenze da tenere sotto controllo. Come si vede, si tratta di un quadro di azione molto complesso.

La lotta complessiva contro le fisiopatie viene di regola impostata sulla base del trattamento contro la Peronospora Viticola, che si effettua impiegando prodotti liquidi distribuiti a mezzo di irroratrici, a partire dalla regola dei tre dieci, per la quale si ammette che le infezioni primarie avvengano quando:

- La temperatura minima è stabilmente ≥ 10 °C;
- Il germoglio è lungo almeno 10 cm;
- Le precipitazioni sono >10 mm in 24–48 ore.

Tab. 2.1- Prospetto delle principali patologie/carenze delle viti

FASI	PRINCIPIO ATTIVO	AZIONE	PIANTO	GEMME DI COTONOSE	GERMOGLIAMENT.	FOLGIE DISTESE	GRAPOLI VISIBILI	GRAPPOLI SEPARATI	INI. FIORITURA	IFIN. FIORITURA	ALLEGAMENTO	INGROSSAMENTO ACINI	PRE-CHIUSURA ACINI	CHIUSURA GRAPPOLO	INVAIATURA	MATURAZIONE
PERONOSPORA	Mancozeb	Contatto	■	■	■	■	■									
	Fosetil Al	Sistemico				■	■	■		■						
	Dimetomorf +Mancozeb	Citotropico +cont						■		■						
	FosetilAl+ Rame	Sistemico+ cont							■							
	Idrossido di Rame	Contatto									■	■	■	■	■	
	Iperton	Contatto														
OIDIO	Zolfo	Contatto	■	■								■	■	■	■	
	Quinoxifen	Contatto			■	■	■	■		■	■					
	Azoxistrobi n C	Contatto							■							
	Spiroxamina	Sistemico								■	■					
	Mancozeb 80%	Contatto Sistemico								■	■					
MARCUME NERO, RIGIO ED ACIDO, RADICALE	Ciprod. Fludiox												■	■		
	Bentonite												■	■	■	
INSETTI (TIGNOLE, CICALINETRIP DE)	Flufenoxuro n								■							
	Clorpirifosetil e										■	■				
CARENZE	Fosfito di potassio										■					
	Chelato di magnesio											■				
CONCIMI FOGLIARI	Nitrato di potassio												■	■		

Nuove infezioni vengono individuate in base al verificarsi di piogge e delle connesse prolungate umettazioni. Il trattamento non si basa sull'entità dell'infezione ed è effettuato nel rispetto dei tempi di persistenza dei fungicidi, utilizzandoli sempre alla scadenza dell'80% del periodo di incubazione. Questo metodo è comunemente seguito da tutti coloro che si occupano di assistenza tecnica alla lotta guidata (in primo luogo dai Servizi Fitosanitari regionali), e consente senza dubbio di proteggere la coltura ma, comporta un numero di trattamenti che, stagionalmente e in ambiente lombardo, possono passare da 5 a 13 in funzione dell'area e dell'andamento climatico (Vercesi et Al., 2012).

A questi trattamenti di base vanno aggiunti quelli per le altre fitopatie indicate in tabella, i quali possono essere eseguiti in contemporanea o meno ai 5-13 sopra citati. Per gli insetti (Tignole, Cicaline, Tripide) molto dipende dall'entità delle infestazioni, anche se, in generale, non si richiede un'attività così intensa come quella di lotta alle patologie fungine.

Altri interventi, sempre più richiesti per la produzione di vini di elevata qualità, riguardano il trattamento delle carenze per microelementi e la concimazione fogliare. In particolare, l'esigenza di non aumentare eccessivamente il vigore vegetativo della vite, per ottenere produzioni di uva di elevata qualità, determina che la concimazione azotata (tradizionalmente effettuata in primavera in un'unica soluzione contemporaneamente alla distribuzione di fosforo e potassio), sia per una quota posticipata e distribuita direttamente sulle foglie in maniera tale da meglio adeguare le disponibilità alle esigenze. In questo modo il numero di queste operazioni, che richiedono un'elevata precisione in termini di epoca di distribuzione e quantità erogate, può arrivare anche a 6 interventi/anno.

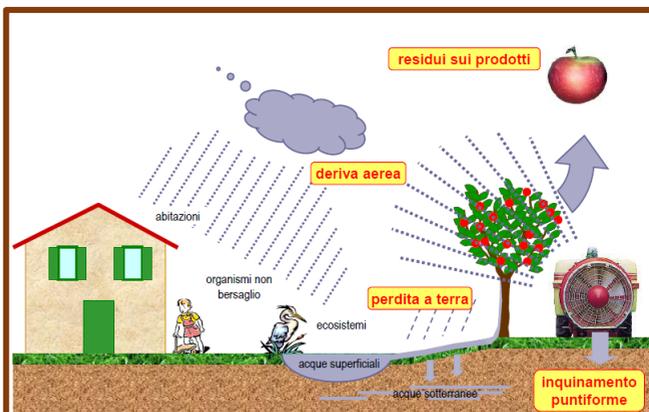
Non è raro quindi che, con le macchine per la distribuzione, si debba intervenire in vigneto più di 15 volte l'anno con frequenze massime che possono anche arrivare fino a 20.

In definitiva, anche per questi aspetti, ci si deve aspettare un'evoluzione verso l'utilizzo di macchine per i trattamenti che siano in grado di eseguire gli stessi in modo sempre più specifico e preciso.

2.3 – Normativa

Come sopra accennato, l'interesse della Comunità Europea a regolare l'impiego dei p.f. trova origine nell'obiettivo di garantire la salute dei consumatori e la protezione dell'ambiente. Infatti, purtroppo, nella situazione attuale l'efficienza di distribuzione di questi essenziali fattori produttivi è limitata dai fenomeni qualitativamente descritti in figura 2.1.

Fig.2.1 – Fenomeni connessi con la distribuzione dei prodotti fitosanitari (fonte: Pergher, 2012)



Per far fronte a tale situazione e cercare di rendere meno impattante l'inquinamento derivante da p.f., la Normativa emanata in argomento si è evoluta nel tempo secondo i passi indicati in tabella 2.2.

Fondamentalmente le due ultime direttive, la 127 e la 128 del 2009, hanno come obiettivi quelli rappresentati nella figura 2.2.



Fig. 2.2– Le nuove direttive europee (fonte Balsari&Morucco, 2013)

Tab. 2.2- Modifiche della normativa negli anni

ANNO	NORMA	AMBITO	OBIETTIVO
1991	Direttiva 91/414/CEE	Immissione in commercio dei prodotti fitosanitari	Stabilire le garanzie che il produttore del p.f. deve fornire per ottenere l'autorizzazione all'immissione in commercio
1998	Direttiva 98/83/CE	Acqua potabile	Fissare i limiti di 0,1 µg/l per qualsiasi p.f. nell'acqua
2005	Regolamento (CE) n. 396/2005	Residui antiparassitari	Fissare i livelli massimi di residui nei prodotti alimentari
2009	Direttiva n. 2009/127/CE	Direttiva macchine	Stabilire i requisiti minimi delle operatrici per la distribuzione nuove di fabbrica
2009	Direttiva n. 2009/128/CE	Uso sostenibile dei p.f.	Stabilire linee guida per l'uso sostenibile dei p.f. prima, durante e dopo la distribuzione. Introduce il concetto di taratura periodica delle operatrici

In tale quadro, i tipi d'inquinamento si possono distinguere in due categorie:

- a) Puntiforme, derivano dalle operazioni di:
 - Trasporto
 - Stoccaggio
 - Preparazione della miscela
 - Distribuzione
 - Lavaggio dell'irroratrice
- b) Diffuso, derivano dai fenomeni di:
 - Deriva
 - Ruscamento

Essenzialmente per cercare di risolvere i problemi legati all'inquinamento puntiforme, la direttiva 127 ha imposto ai costruttori una serie di modifiche che riguardano:

- Comandi: deve essere possibile controllare l'erogazione direttamente dalla cabina e interrompere l'intero flusso con un solo comando;

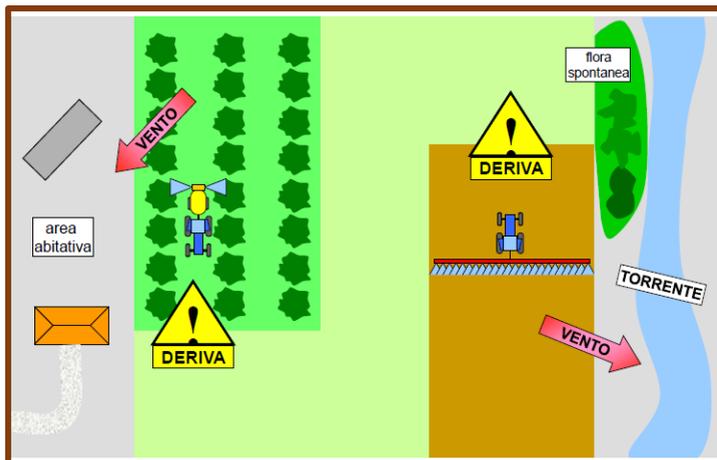
- Ugelli: devono essere contrassegnati da colori diversi, ben identificabili;
- Filtri: era già prescritto l'uso di colori diversi per i filtri, a seconda dell'ugello montato. Ora il colore deve essere visibile dall'esterno;
- Riempimento: deve essere agevole. Si apre la strada al pre-mixer o altri sistemi di miscelazione del prodotto;
- Misurazioni: la scala graduata che indica il livello della cisterna deve essere visibile anche dal punto di riempimento della medesima;
- Gocciolamento: si fissa con rigore il tempo massimo di gocciolamento degli ugelli dopo che è stata chiusa l'erogazione. Per le macchine usate è ammesso un tempo di gocciolamento più lungo;
- Pulizia: deve essere possibile lavare con facilità e in campo l'irroratrice. Diventa poi obbligatorio, con la successiva direttiva 128, il circuito di lavaggio interno. Inoltre il costruttore deve eliminare le discontinuità presenti sul serbatoio, per facilitare il lavaggio esterno della macchina. Per questo i produttori stanno integrando tutti i serbatoi all'interno della cisterna principale;
- Controlli: le macchine devono avere attacchi per il collegamento di manometri e flussometri in occasione delle revisioni e delle tarature;

Con la direttiva 2009/128/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio è stata invece attuata la "Strategia europea per l'uso sostenibile dei p.f." che istituisce un quadro per l'azione comunitaria ai fini dell'utilizzo sostenibile dei medesimi. Tale direttiva è stata recepita in Italia con decreto legislativo del 14 agosto 2012, n. 150.

Tra gli aspetti più importanti, individuati dalla 128, ci sono sicuramente quelli legati alle perdite diffuse derivanti dal funzionamento delle irroratrici che si concretizzano in p.f. che non raggiungono il bersaglio contaminando il terreno (perdite a terra) o l'aria (deriva).

In particolare il fenomeno della deriva (figura 2.3) risulta al centro dell'attenzione degli operatori in quanto particolarmente complesso e potenzialmente molto pericoloso poiché, può portare a diffondere le molecole dei p.f. in tutta l'atmosfera comportando ricadute dei principi attivi in ogni parte del globo terracqueo.

Fig. 2.3 -
Elementi che
condizionano
l'impatto
ambientale
imputabile alla
deriva (fonte:
Pergher, 2012)



La normativa ISO 22866 definisce come deriva: **il movimento del fitofarmaco nell'atmosfera dell'area trattata verso qualsiasi sito non bersaglio, nel momento in cui viene operata la distribuzione**. Essenzialmente essa risulta influenzata da:

- Dimensione delle gocce
- Velocità dell'aria
- Temperatura dell'aria
- Altri fattori (presenza di barriere)

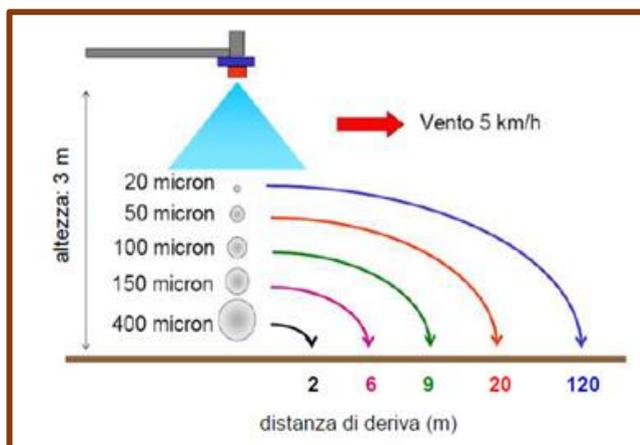


Fig.2.4 – Fattori che influenzano la deriva (fonte: Pergher, 2012)

Come si può evincere dalla figura 2.4, con il crescere della velocità del vento e il decrescere delle dimensioni delle gocce create dalle irroratrici, la deriva interessa aree via via sempre più vaste trasformandosi da contaminazione puntuale a inquinamento potenzialmente globale. Ciò specie se si opera a temperatura dell'aria elevate.

In particolare, l'Articolo 11 della Direttiva 128, che si intitola "Misure specifiche per la tutela dell'ambiente acquatico e dell'acqua non potabile", prevede la necessità di:

- prevenire la generazione della deriva dando "preferenza alle tecniche di applicazione più efficienti, quali l'uso di attrezzature di applicazione dei prodotti fitosanitari a ridotta dispersione soprattutto nelle colture con elevato sviluppo verticale, quali frutteti, luppolo e vigneti";
- ridurre il rischio di esposizione alla deriva attraverso il "ricorso a misure di mitigazione che riducano al minimo i rischi d'inquinamento causato dalla dispersione dei prodotti irrorati, o dal loro drenaggio e ruscellamento".

Queste misure di mitigazione includono la creazione di aree di rispetto di dimensioni appropriate per la tutela degli organismi acquatici non bersaglio e di aree di salvaguardia per "le acque superficiali e sotterranee utilizzate per l'estrazione di acqua potabile, nelle quali sia vietato applicare o stoccare i prodotti fitosanitari".



Fig. 2.5 - Misure di salvaguardia dell'ambiente dal fenomeno della deriva (fonte: Balsari&Morucco, 2013)

In particolare, così come rappresentato in figura 2.5:

- 1) Le misure dirette sono finalizzate a ridurre alla fonte la generazione di deriva (formazione e direzione delle gocce). Queste misure s'indirizzano principalmente all'impiego di soluzioni tecnologiche e accessori utili a ridurre la generazione della deriva e a regolare correttamente l'erogazione dei getti. Di queste misure si discuterà al punto successivo congiuntamente allo stato dell'arte delle macchine irroratrici;
- 2) Misure indirette, finalizzate a ridurre la deriva attraverso sistemi di "cattura" della stessa quali, a esempio, fasce di rispetto (buffer zone e no spray zone) o barriere fisiche disposte intorno al campo trattato (es. frangivento, reti antigrandine, ecc.).

Con riguardo più in particolare al punto 2, buone pratiche agricole che consentono di contenere la deriva sono le seguenti:

- Impiegare barriere artificiali ai bordi dei vigneti (barriere di siepi, reti antigrandine etc.);
- Impiegare irroratrici sempre efficienti (ispezione e taratura periodica);
- Non trattare in presenza di vento che abbia velocità superiore a 5 m/s;
- Non trattare con polverizzazione troppo fine e con volumi bassissimi (in vigneto con stato di vegetazione avanzata < 200 l/ha);
- Non trattare con portate d'aria eccessive (in vigneto con stato di vegetazione avanzata > 18.000 m³/h);
- Non trattare in prossimità di aree sensibili (pozzi, corsi d'acqua, abitazioni etc.). In questi casi adottare aree di rispetto;
- Chiudere l'irrorazione quando non è presente la vegetazione (durante le voltate, ai bordi dei campi in mancanza di sezioni di filari etc.).

Infine, è molto importante che l'operatore sia formato a un impiego corretto degli agrofarmaci (art. 5) e che adotti la difesa integrata (art. 14).

2.4 – Stato dell'arte dell'efficienza delle irroratrici in termini di deposizione dei p.f. sulla vegetazione

Al fine di attuare le misure dirette, per incrementare l'efficienza di deposizione dei p.f. sulle foglie e diminuire le quantità che finiscono fuori bersaglio, è importante conoscere il funzionamento delle irroratrici e i relativi aspetti di regolazione. Le irroratrici si distinguono essenzialmente in base alle caratteristiche dei diffusori, ossia a seconda delle modalità di *formazione* e di *trasporto* delle gocce.

La **formazione delle gocce** può avvenire per:

- *Polverizzazione meccanica (pressione di liquido)*: la miscela sotto pressione viene fatta uscire attraverso **ugelli idraulici** provvisti di foro d'uscita di piccolo diametro. La pressione si traduce in energia cinetica che, per effetto della resistenza dell'aria, produce la polverizzazione (figura 2.6);
- *Polverizzazione pneumatica*: il liquido, a bassa pressione, viene investito da una corrente d'aria ad alta velocità e frantumato (**diffusore pneumatico**) (figure 2.7 e 2.8).



Fig. 2.6 – Modalità di funzionamento degli ugelli a polverizzazione meccanico-idraulica

Fig. 2.7 – Modalità di funzionamento degli ugelli a polverizzazione pneumatica

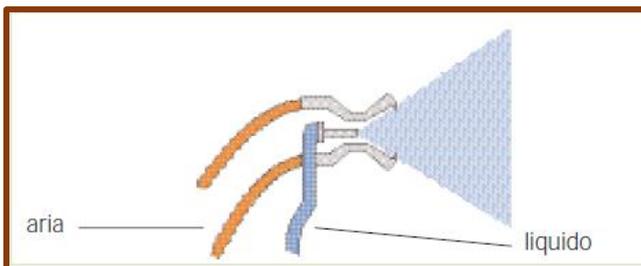


Fig. 2.8 - In evidenza i bocchettoni con la forma a tubo di Venturi per provocare l'accelerazione dell'aria in uscita e il connettore che serve ad alimentare il diffusore della miscela a bassa pressione

Il trasporto delle gocce può avvenire:

- mediante l'energia cinetica propria delle gocce (*getto proiettato*);
- mediante una corrente d'aria portante (*getto portato*), prodotta da un **ventilatore**.

Sulla vite si usano macchine a polverizzazione sia meccanica, sia pneumatica, mentre il trasporto delle gocce, se si escludono i modelli più antichi spalleggiati a comando manuale, avviene **sempre con getto portato**.

Le macchine a polverizzazione meccanica con getto portato vengono classificate nella famiglia degli **atomizzatori** mentre, quelle a polverizzazione pneumatica a getto portato dovrebbero essere classificate come **nebulizzatori** anche, se in molti casi, vengono anche esse chiamate dai pratici con il medesimo termine di atomizzatori. I nebulizzatori sono le macchine per eseguire in vigneto i cosiddetti trattamenti "a basso volume". Per ragioni agronomici-ambientali quest'ultime soluzioni sono tipiche della meccanizzazione viticola del nostro Paese, mentre trovano scarsa diffusione nelle altre aree viticole mondiali.

La grande differenza tra la polverizzazione meccanica e la polverizzazione pneumatica risiede nel diametro delle gocce che risulta notevolmente inferiore con il secondo tipo di tecnologia. Le gocce di minore diametro sono

più facilmente trasportabili verso il bersaglio e quindi, sono adatte quando la chioma da trattare è di ampie dimensioni e di forma irregolare consentendo di realizzare migliori trattamenti nel caso in cui sia necessario un elevato effetto coprente, cioè nel caso in cui, il principio attivo del trattamento debba agire per contatto diretto sul patogeno (figura 2.9).

Fig. 2.9 – Effetto della dimensione delle gocce sulla capacità coprente.

*Gocce grosse =
effetto bagnante;
Gocce piccole =
effetto coprente*



Esse consentono quindi di impiegare minori quantità di acqua e di realizzare i cosiddetti trattamenti a basso volume in cui si distribuiscono, in genere e su vigneto in pieno vigore vegetativo, non più di 300-400 l/ha di miscela (tipicamente 250 l/ha). Tuttavia, le gocce di questo tipo, se impiegate male, danno luogo a grandi pericoli di deriva in quanto, avendo una massa limitata, tendono a “galleggiare” nell’aria e quindi anche una lieve brezza, specie alla presenza di alte temperature e basse umidità, può portarle molto distanti dal bersaglio. Essenziale, quindi, una loro perfetta regolazione e un loro attento impiego solo quando le condizioni climatiche sono favorevoli.

Per contro, le gocce di maggiore diametro sono più difficili da trasportare verso il bersaglio e hanno un minore effetto coprente e un maggiore effetto bagnante, sono quindi da preferire nel caso di impiego di trattamenti con prodotti sistemici, cioè con principi attivi che vengono assorbiti dalla vite e vengono trasportati verso il patogeno attraverso la linfa. Tuttavia generalmente le gocce grosse (superiori a 500 µm), per la tensione superficiale e la maggiore massa hanno un’adesione minore e provocano notevoli perdite per eccessivo accumulo per disformità di deposito e per forte ruscellamento sulle foglie e gocciolamento a terra; vi è anche un ulteriore fenomeno dannoso denominato “effetto valanga”, ovvero la goccia che scivola lungo la foglia trascina via tutte quelle che incontra asportando il deposito e riducendo notevolmente la protezione sanitaria (figura 2.10).

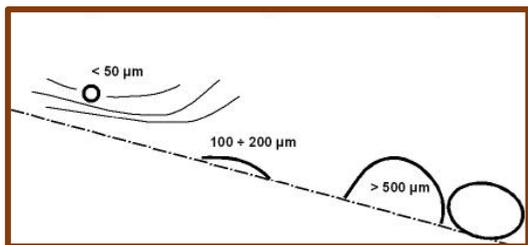


Figura 2.10 – Comportamento delle gocce su una superficie

In definitiva la classificazione delle tipologie di gocce e il loro impiego è quello riportato in tabella 2.2.

Tab. 2.2: Classificazione delle tipologie di gocce prodotte dalle macchine per i trattamenti e dei relativi effetti e impieghi

Tipologia Gocce	Diametro (μm)	Impatti Su Sup.Piana (gocce/cm ²)	Eff. Coprente	Eff. Bagnante	Rischio Deriva	Utilizzazione
Molto grosse (assenza gocce fini)	>450	<20-40	Quasi nullo	Buono con rischi di scorrimento elevato	Nulla	Fertilizzanti liquidi su suolo nudo
Grosse (qualche goccia fine)	300-450	>20-40	Scarso	Buono con rischi di scorrimento	Basso	Erbicidi da incorporare su terreni nudi pre-emergenza
Medie (tipologia molto varia)	200-300	>70-100	Medio	Medio	Medio	Corrette per la maggior parte dei prodotti. Insetticidi, erbicidi post-emergenza
Fini (qualche goccia grossa)	90-200	>200	Buono	Scarso	Elevato. Evitare nel caso di prod. tossici	Necessità di buona copertura. Acaricidi, fungicidi
Molto fini (nessuna goccia grossa)	<90	>300	Ottimo	Nessuno	Elevatissimo	Nebulizzazione in serra. Meglio evitare in campo

Come evidenziato in tabella 2.2, molti dei prodotti comunemente impiegati agiscono per contatto e quindi, richiedono elevate prestazioni alle macchine in termini di copertura fogliare (gocce fini). Per ottenere una copertura corretta è anche essenziale che la portata del getto d'aria sia atta a garantire un'ottimale penetrazione della miscela tra i diversi strati di foglie presenti, in modo da raggiungere anche gli strati più profondi della parete. Inoltre, risulta essere essenziale un'adeguata turbolenza del getto d'aria capace di far pervenire il prodotto, agente per contatto, anche sulla superficie inferiore delle foglie. Difficile è pensare che un viticoltore accorto acquisti una macchina che non sia multifunzionale per questi aspetti cioè, che non gli garantisca la possibilità di effettuare trattamenti per contatto ottimizzati, anche saltuariamente. Sono necessarie quindi, macchine adatte a garantire gocce abbastanza fini, portate d'aria adeguate e possibilmente ben orientabili. Un solo trattamento sbagliato durante tutta la stagione può avere effetti disastrosi sull'entità e sulla qualità della produzione.

Nel contesto della viticoltura tali caratteristiche tecniche, relative alle macchine, in fase di scelta debbono poi essere tenute in considerazione congiuntamente al tipo di forma di allevamento e al ciclo vegetativo.

A proposito di quest'ultimo aspetto, storicamente in Lombardia la vite, specie in Pianura, venne allevata in coltura promiscua (con foraggiere o cereali), sotto forma di filari appoggiati a un sostegno vivo (acero, olmo, pioppo o gelso) per realizzare le forma di piantata. A origine di tale impostazione l'esigenza di avere elevate produzioni impiegando basse superfici lasciare libere dalla coltura foraggiere e/o cerealicola.



Fig. 2.11 – Atomizzatore trainato. Gli ugelli posti a ventaglio provvedono alla polverizzazione meccanica della miscela mentre il ventilatore assiale fornisce il flusso d'aria necessario al trasporto delle gocce. Da notare i due deflettori superiori impiegati per cercare di ridurre l'effetto deriva.

Originariamente, quindi, si preferiva avere forme di allevamento espanse, con l'impiego di pochi ceppi per unità di superficie. Con il passaggio alla specializzazione tali filari si sono evoluti verso forme di allevamento a pergola o a doppia pergola, oppure a controspalliera ma, sempre con poche piante/ha e forme tendenzialmente espanse (tipo Sylvoz o Casarsa), con larghezze interfilare rilevanti (anche 4-5 m). Peraltro anche la viticoltura di collina-montagna ha sempre risentito, fino agli anni recenti, di questo tipo d'impostazione basato sull'esigenza di massimizzare il vigore vegetativo con l'obiettivo di massimizzare le quantità prodotte.

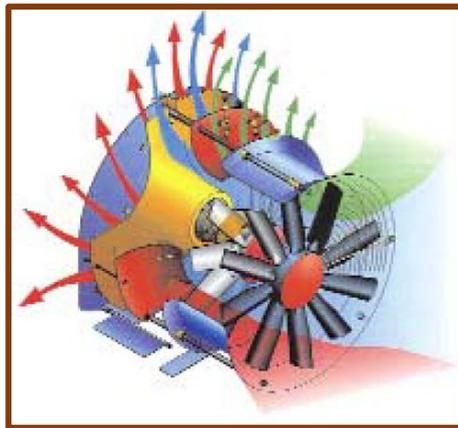


Fig. 2.12 – Modalità di funzionamento del ventilatore assiale negli atomizzatori a polverizzazione meccanica. Notare come la macchina sia predisposta a trattare su un arco di circonferenza sotteso da un angolo di 270°

Questa tendenza alle forme espanse ha sempre posto al centro delle problematiche di scelta delle macchine la difficoltà del trasporto delle gocce verso il bersaglio, quindi l'esigenza di dotare la propria azienda di macchine che, tendenzialmente, producessero gocce fini e operassero con velocità dell'aria elevate. Nelle successive figure 2.13 e 2.14 sono presentate, per atomizzatori e nebulizzatori, le tipologie standard che più hanno avuto successo sul mercato basate su tali forme di allevamento espanse.

Fig.2.13 - I problemi dell'asimmetria di ventilazione negli atomizzatori possono essere risolti montando doppi ventilatori contrrotanti



Fig. 2.14 – Nebulizzatore con polverizzazione e trasporto pneumatici. Il modello in figura dispone anche del dispositivo per caricare elettrostaticamente le gocce

L'evoluzione della società e la trasformazione del prodotto vino da alimento a prodotto di consumo hanno comportato un maggiore interesse verso produzioni di elevata qualità (con una maggiore attenzione verso la conservazione delle caratteristiche bromatologiche del vino e una minore concentrazione verso le elevate produzioni). Il settore si sta quindi orientando verso forme di allevamento con vigore vegetativo più controllato. I nuovi impianti tendono sempre più a essere impostati con la forma a spalliera allevata con tralci annuali posizionati verticalmente (Guyot o Cordone Speronato). La densità d'impianto è passata dalle 1500-2000 viti/ha, con distanze sulla fila che potevano arrivare anche ai 2 m con larghezza d'interfila di 3,5-4 m, a 4000-6000, in casi limite, anche 8000 viti/ha con interfila tipicamente di 2 m ma in alcuni casi anche inferiore. Ciò significa che, sulla fila, le viti distano sempre meno di 1 m, in modo da potere avere un minore numero di gemme a frutto per ogni ceppo. Queste forme di

allevamento, quindi, hanno una parete vegetativa molto meno sviluppata rispetto alla tradizionale e richiedono **TRATTAMENTI PIÙ MIRATI**.

Più in particolare, all'inizio della stagione vegetativa e fino allo sviluppo dell'infiorescenza, l'area da trattare è molto ridotta proprio poiché la potatura invernale ha lasciato poche gemme in una fascia limitata in altezza.

In seguito, grazie alle ormai consuete operazioni in verde di spollonatura, cimatura, scacchiatura, i grappoli si sviluppano concentrati solo al disotto dei tralci a legno, mentre i germogli annuali, vengono palizzati verso l'alto mediante due coppie di fili mobili posizionati a 100-120 e 130-150 cm da terra, in modo da lasciare i grappoli il più possibile esposti ai raggi del sole per conseguire minori malattie e arrivare a una maturazione più precoce rispetto quanto avviene nelle forme di allevamento tradizionali.



Fig. 2.15 - Forma di allevamento a Guyot come si presenta attorno allo sviluppo completo dell'infiorescenza a metà maggio in un vigneto correttamente gestito per contenere l'eccessiva vigoria della parete vegetativa (fonte: Pergher&Petris, 2008)

In questa fase, facendo riferimento alla figura 2.15, s'individuano tre zone caratterizzate da:

- H1, da 0,5 a 1 m di altezza, presenza dei grappoli e di una vegetazione diradata grazie alla defogliatura;
- H2, da 1 a 1,5 m di altezza, relativo impaccamento della parete dovuto alle operazioni di legatura dei tralci verso l'alto, impaccamento che se da una parte libera i grappoli pendenti, dall'altro limita la mobilità delle

foglie quando investite dal getto ventilante durante le operazioni di trattamento;

- H3, da 1,5 a 2 m di altezza, al contrario, permette l'espandersi della vegetazione in maniera libera.

E' altresì evidente dalla figura 2.16 che nella zona H2 si ritrova la maggior parte delle foglie. In quest'area in genere si raggiungono i 2,5 – 3 strati di foglie da trattare, molti meno di quelli delle forme tradizionali espanse che, potevano superare anche i 4 strati, ma caratterizzati da una motilità più limitata.

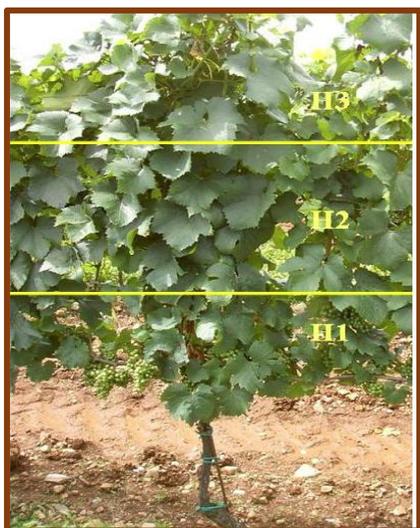


Fig. 2.16 - Forma di allevamento a Guyot come si presenta attorno alla metà di luglio in un vigneto correttamente gestito per contenere l'eccessiva vigoria della parete vegetativa (fonte: Pergher&Petris, 2008)

Ciò ha portato a un'evoluzione delle macchine irroratrici dai modelli base, sopra rappresentati nelle diverse figure, essenzialmente verso tre nuove tipologie d'irroratrici:

- A polverizzazione meccanica a torretta con deflettori dell'aria che permettono di orientare il flusso d'aria in modo adeguato al profilo della vegetazione;
- A polverizzazione pneumatica con convogliatori dell'aria multipli e flessibili, con diffusori dell'aria regolabili in altezza e distanza reciproca;
- A tunnel con o senza recupero.



Fig. 2.17- Irroratrice a torretta a polverizzazione meccanica con deflettori dell'aria e irroratrice a polverizzazione pneumatica con diffusori orientabili fonte: Balsari&Marucco 2012)

Fig. 2.18 – Rappresentazione schematica dei vantaggi che si ottengono sull'efficacia di distribuzione passando da irroratrici a polverizzazione meccanica con ventilatore classico a soluzioni con ventilazione a flusso d'aria orientabile (Pergher 2012)

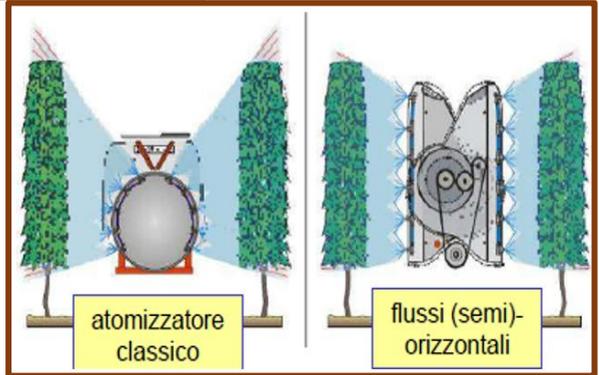


Fig. 2.19 - Irroratrici a tunnel per vigneto con recupero. Evidente la complicazione costruttiva e l'ingombro inutile della macchina specie nella fase precoce del trattamento realizzato nell'ultima figura (fonte: Pergher 2012)

Da notare che in tutte e tre le soluzioni a tunnel riportate in figura 2.19 gli ugelli sono a polverizzazione meccanica, cioè posizionati “fuori corrente” in modo da non arrivare a un'eccessiva frantumazione delle gocce. Peraltro, recentemente, sono stati immessi sul mercato anche modelli a tunnel a

polverizzazione pneumatica dove, visti i limitati volumi di miscela impiegati con quest'ultima tecnologia, non si ha la fase di recupero (le quantità in gioco sono già, infatti, minime).

Evidentemente le modalità di trattamento della fase1, con sviluppo limitato della vegetazione e delle fase2, contraddistinta dalle 3 zone, dovrebbe essere differenziata aprendo e chiudendo gli ugelli presenti secondo lo schema di figura 2.20.

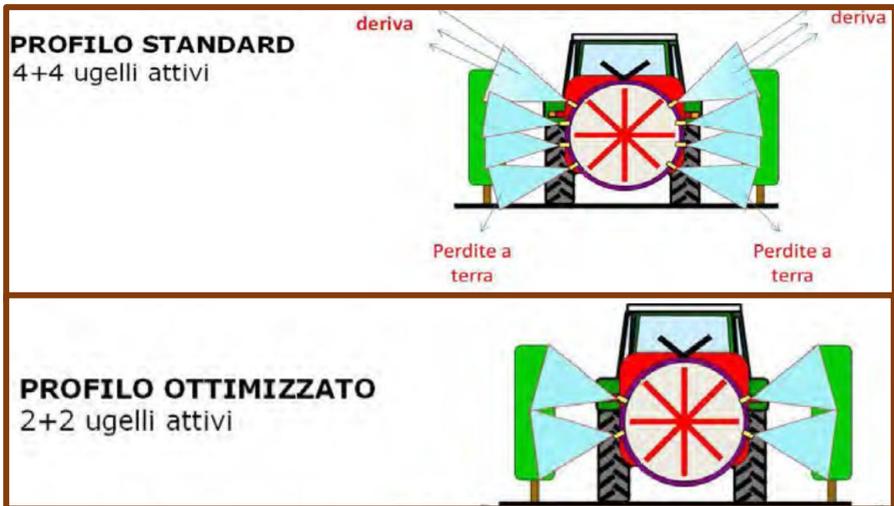


Fig. 2.20 - Il numero di ugelli aperti deve essere congruente con la parete vegetativa (fonte: Balsari&Marucco, 2013)

Un altro aspetto che contraddistingue le operatrici a polverizzazione meccanica più attuali è quello di potere adottare portaugelli multipli. Con questo dispositivo vi è la possibilità di scegliere semplicemente girando manualmente il supporto, l'ugello più adatto alla singola situazione di trattamento in modo da:

- ottimizzare, in alternativa, l'effetto coprente o bagnante;
- utilizzare quanto possibile gli ugelli antideriva per diminuire le perdite di prodotto e il conseguente negativo effetto ambientale. Questi ugelli, infatti, su vite possono contenere la deriva per un 50-75%.

Fig. 2.21 - Esempio di portaugelli multipli.



2.5 – Possibilità di automazione delle macchine irroratrici

Come sopra visto, il contributo richiesto all'operatore, nel regolare le diverse attrezzature, per adeguare il loro funzionamento alle diverse condizioni di sviluppo della pianta e ambientali è fondamentale in quanto la stessa operatrice, se mal condotta o mal regolata, può portare a importanti contaminazioni ambientali.

Quindi, a fianco delle innovazioni meccaniche sopra descritte, una nuova frontiera per la messa a punto di attrezzature sempre più efficienti e rispettose per l'ambiente è data dall'impiego dell'automazione e del management informatizzato che aiutano l'operatore ad effettuare tali regolazioni.

2.5.1 – Erogazione proporzionale all'avanzamento (EPA)

Una prima forma di regolazione è rappresentata dalla corretta combinazione tra velocità di avanzamento e portata di distribuzione delle attrezzature. In particolare, un'innovazione che si è andata diffondendo abbastanza rapidamente negli ultimi anni, è quella di dotare le macchine irroratrici di centraline elettroniche di regolazione che permettono l'Erogazione della quantità di prodotto distribuito in modo Proporzionale all'Avanzamento (EPA) e il calcolo di tutti i principali parametri di lavoro (area trattata, ore di lavoro, ecc.).

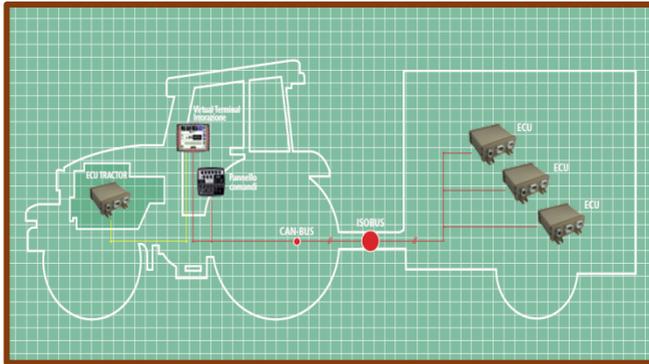


Fig. 2.22 – Schema di funzionamento e componenti di un generico sistema di automazione per macchine agricole

Un’evoluzione di questo tipo di soluzione è quella che verrà trattata nel seguito con riferimento alla realizzazione e prova del prototipo realizzato. Essa prevede l’impiego di sensori a infrarossi per identificare lo spessore della parete vegetativa e regolare la portata di distribuzione non solo in funzione della velocità, ma anche in funzione di essa.

2.5.2 – Regolazioni in base alla posizione sul terreno

Sempre in un’ottica sito-specifica di Viticoltura di Precisione, l’impiego del GPS può essere utile per effettuare la regolazione automatica dei parametri operativi dell’irroratrice (es. pressione di esercizio, numero di ugelli attivi), in base alla posizione della macchina nel campo (es. in prossimità di aree sensibili) (figura 2.23).

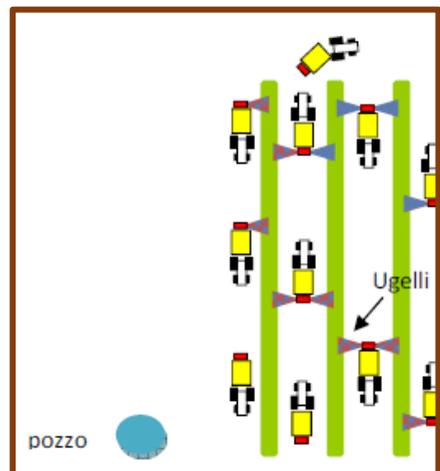


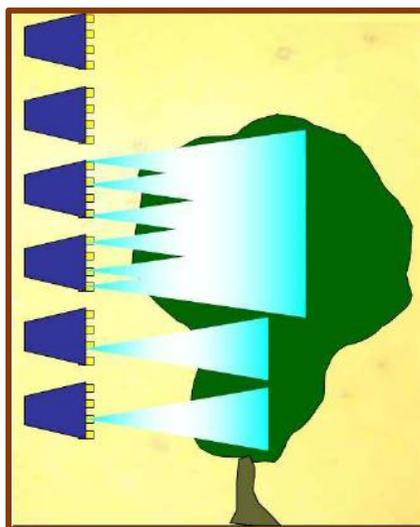
Figura 2.23 - Schema di funzionamento di un controllo a base GPS in grado di rispettare esigenze di distribuzione differenziata in presenza di aree di rispetto (fonte: Balsari & Marucco, 2013)



*Fig. 2.24-
Prototipo CASA (Crop Adapted
Spray Application)*

Ovviamente questi aspetti vengono massimizzati quando a fianco della regolazione della portata di liquido agli ugelli viene realizzata anche quella del flusso d'aria, così come ottenuto nel prototipo di figura 2.24 proposto dal DEIAFA di Torino; in figura 2.25, la sua logica di funzionamento che risponde allo scopo di contenere la deriva. Peraltro, data la complessità di questo tipo di soluzioni, esse sembrano più indicate per un loro impiego in frutteto in presenza di forme espanse molto variabili, mentre, visti gli alti costi di investimento che esse richiedono, un loro impiego in vigneto sulle nuove tipologie di allevamento a scarso vigore vegetativo non è facilmente proponibile.

Fig.2.25 - Protototipo CASA. Sensori di variazione per dosare il p.f. in funzione della larghezza e densità della chioma. Vantaggi: riduzione del consumo di p.f. (meno 36-49%; migliore penetrazione nella chioma; riduzione delle perdite a terra (meno 56%)



2.5.3 – Regolazione in base alla riflettanza spettrale e allo stato fisiologico delle piante

Ulteriore possibilità di regolazione, che si rifà specificatamente alle tecniche di Viticoltura di Precisione, riguarda la possibilità di valutare mediante sensori ottici lo stato fisiologico delle colture ed è basata sulle modificazioni che la radiazione luminosa subisce incidendo sulla pianta e interagendo con i suoi tessuti.

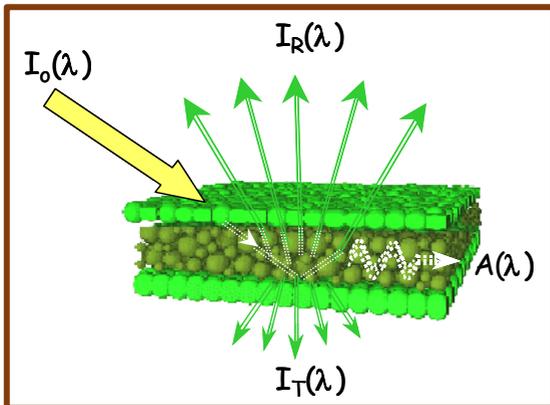


Figura 2.26 – La radiazione incidente I_o sul tessuto vegetale viene: in parte assorbita (A); in parte trasmessa (IT); in parte riflessa (IR)

Ognuno dei costituenti del tessuto vegetale - acqua, clorofilla, pigmenti secondari, cellulosa, lignina e proteine - assorbe la radiazione incidente in specifiche bande spettrali, modificando lo spettro della frazione riflessa in funzione della concentrazione con cui esso è presente nella pianta (figura 2.26).

L'entità della ripartizione tra le diverse frazioni dipende dalla lunghezza d'onda (λ) della radiazione. Ne consegue che la riflettanza $R(\lambda)$, definita a ogni lunghezza d'onda λ dal rapporto tra l'intensità della luce riflessa I_R e quella incidente I_o , rappresenta "un'impronta spettrale" del campione esaminato che contiene informazioni riguardo alla biomassa e alla concentrazione dei componenti in essa presenti:

$$R(\lambda) = \frac{I_R}{I_o}(\lambda)$$

Questo parametro, utile per valutare lo stato fisiologico della vegetazione, risulta di particolare interesse per applicazioni pratiche in viticoltura, in virtù di alcune caratteristiche peculiari dei sensori ottici che:

- Consentono misure non distruttive che, quindi, possono essere effettuate su ogni singola pianta dell'appezzamento e ripetute in momenti successivi della stagione, senza interferire col normale sviluppo della vite;
- Non richiedono contatto col campione esaminato, dunque si possono eseguire dalla distanza ritenuta più opportuna;
- Si basano su fenomeni istantanei, permettendo misure rapide e idonee a essere effettuate da veicoli in movimento.

Più in particolare, la valutazione dello stato fisiologico delle piante mediante misure di riflettanza si basa principalmente sull'analisi delle modificazioni spettrali connesse a:

- La densità di biomassa prodotta, quale indice di vigore;
- La concentrazione di clorofilla, quale indice dello stato nutrizionale e, in particolare, della disponibilità di azoto;
- La concentrazione relativa di pigmenti secondari rispetto alla clorofilla, quale indice dello stato fenologico o di senescenza;
- L'efficienza del sistema fotosintetico e del processo di evapotraspirazione;
- Il contenuto di acqua;
- La presenza di lesioni dovute ad attacchi patologici.

Tali aspetti, come spesso accade nei sistemi biologici, sono di norma altamente correlati fra loro: ciò porta ad escludere un approccio che voglia interpretare specifici valori di riflettanza come sintomo univoco di un determinato problema alle colture. Infatti, dalla tabella 2.3 si può evincere come un singolo fattore di stress, sia esso biotico o abiotico, può influire in più regioni spettrali e attraverso diversi meccanismi di azione che possono essere comuni ad altri stati di disordine fisiologico.

Si consideri, a titolo di esempio, un attacco patologico. Al di là di specifiche pigmentazioni sintomatiche nelle sue fasi iniziali esso generalmente si manifesta con areole depigmentate, di dimensioni di qualche millimetro, in cui l'integrità dei tessuti cellulari è stata danneggiata. In corrispondenza di tali lesioni, infatti, la clorofilla degrada rapidamente e la sua concentrazione locale risulta sensibilmente inferiore a quella propria del tessuto sano circostante. Ciò causa una diminuzione localizzata della capacità di assorbire

la luce visibile e, dunque, un incremento della riflettanza, particolarmente evidente nella banda del rosso attorno a 670 nm.

A livello di coltre fogliare, fintanto che la frazione dei tessuti colpiti resta limitata, le modificazioni spettrali rimangono di modesta entità e, in termini di spettro complessivo, possono presentare caratteristiche simili a clorosi associate a carenze nutrizionali. Col progredire della patologia, poi, le lesioni tendono a occupare sempre maggiori porzioni di tessuto e a causare fenomeni estesi di necrosi e senescenza. La riduzione della densità della parete fogliare, legata alla senescenza dei tessuti e all'inibizione della crescita della pianta, abbassa la riflettanza nel vicino infrarosso.

Tab. 2.3 - Principali proprietà ottiche del tessuto vegetale correlate a parametri bio-fisiologici della pianta

REGIONE SPETTRALE	PROPRIETÀ OTTICA INTERESSATA	PARAMETRI BIOLOGICI E FISIologici IMPLICATI
350-480 nm	Riflettanza	Contenuto di clorofilla
480 -600 nm	Riflettanza	Concentrazione relativa di carotenoidi e antociani
530 -570 nm	Riflettanza	Efficienza fotosintetica
650 -700 nm	Riflettanza	Contenuto di clorofilla
690 -740 nm	Fluorescenza	Efficienza fotosintetica
700 -760 nm	Riflettanza	Pigmenti fenolici, necrosi
750 -1300 nm	Riflettanza	Densità della biomassa
960, 1450-1650, 1900-2300, 2450nm	Riflettanza	Contenuto di acqua
1020-1030, 2160-2300 nm	Riflettanza	Contenuto di azoto totale
8-12 μ m	Emissione	Riduzione dell'efficienza fotosintetica e dell'evapotraspirazione

Anche in questo caso, l'indicazione ottenuta dalla riflettanza media della vite, riguarda un calo del vigore vegetativo, senza indicare specificamente la causa. Similmente, la progressiva disidratazione dei tessuti che accompagna l'estendersi delle lesioni, determina un aumento della riflettanza nelle bande di assorbimento dell'acqua del medio infrarosso che, considerato isolatamente, determina uno spettro con caratteristiche molto simili a quello di colture sottoposte a stress idrico.

Questo esempio illustra come, in generale, sia sostanzialmente errato associare a una singola regione spettrale, o a un singolo indice spettrale, la capacità di identificare uno specifico fattore di stress in quanto i parametri biologici, che influenzano direttamente le proprietà ottiche della pianta, possono variare in seguito a cause diverse o a più cause concorrenti.

Appare poi chiaro che, oltre alla risoluzione spettrale, la risoluzione spaziale della misura ottica effettuata sia un fattore determinante da considerare a seconda degli scopi che ci si pone: per la valutazione del vigore vegetativo sarà sufficiente una risoluzione a livello di chioma, purché in grado di identificare il contributo dello spazio interfila; per la valutazione della superficie fogliare o della produzione di frutti sarà necessaria una risoluzione a livello fogliare; per l'identificazione precoce di sintomi patologici, infine, i dati dovranno riguardare il livello sub-fogliare.

Ciò detto, allo stato attuale ***l'impiego di sensori ottici ha raggiunto la maturità tecnologica per la raccolta di dati riguardanti il vigore vegetativo dei vigneti in modo da adeguare le successive operazioni alle specifiche condizioni colturali.*** In questo contesto, la raccolta dati viene eseguita durante diversi momenti del ciclo vegeto-produttivo delle viti. I dati raccolti, che danno origine alle mappe, evidenziano la distribuzione dell'attività vegetativa nell'appezzamento in termini di valori minimi e massimi d'indici spettrali, come quelli NDVI e NDRE, e della loro variabilità (figura 2.27).

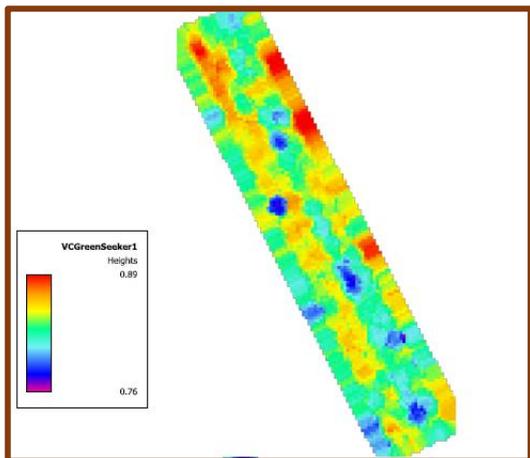


Figura 2.27 – Rilievo di indice di vigore di un vigneto. Nell'esempio si potrebbero individuare due differenti aree di trattamento (una superiore e l'altra inferiore) in base al differente vigore rilevato

La metodica d'interpretazione dei dati – che si divide nella fase di applicazione del programma statistico di elaborazione dati e in quella di messa a punto del sistema tecnico di verifica in vigneto – permette l'elaborazione della mappa che raggruppa una serie d'informazioni utili in maniera semplice e obiettiva. Le zone omogenee, determinate in base all'indice di vigore scelto e ad altre osservazioni di fattori fissi e variabili che dipendendo dell'obiettivo produttivo, servono per differenziare le varie operazioni viticole e quindi la gestione tecnica per sottozone simili.

È quindi l'esperienza acquisita che determina la scelta delle tecniche viticole per sottozone omogenee per portare la pianta all'equilibrio vegetativo ottimale tenendo presente gli obiettivi enologici.

Per esempio, nella fase di sviluppo e maturazione delle uve, ogni zona d'interesse viene trattata diversamente per quanto riguarda: le pratiche viticole; le analisi e i controlli finalizzati a fornire gli indizi per gestire la vendemmia e le pratiche enologiche in cantina. La caratterizzazione dell'uva così realizzata permette di conoscere il livello di maturazione raggiunto, caratteristica della materia prima fondamentale per la scelta delle successive tecniche di vinificazione in grado di ottimizzare il risultato enologico. Inoltre, tutte le informazioni di carattere tecnico-gestionale raccolte nell'annata vanno a costituire il sistema di tracciabilità e l'archivio conoscitivo dell'azienda.

2.6 – Struttura dei costi di produzione

Per quanto riguarda i costi delle operazioni di difesa del vigneto, un recente lavoro di Galletto&Scaggiante (2006) ha dato i risultati indicati in tabella 2.4.

Tab. 2.4 - Costi delle operazioni di difesa del vigneto (Galletto&Scaggiante, 2006)

Operazioni	Unità di misura	Costi unitari (euro)	Quantità (n.; q; ore)	Guyot (intensivo)		Guyot (medio)		Cordone speronato (intensivo)		Cordone speronato (medio)		Sylvoz (medio)	
				totale	%	totale	%	totale	%	totale	%	totale	%
Difesa del vigneto (1)													
prodotti antiparassitari	euro/ha	400,00	–	400,00	4,92	400,00	5,65	400,00	5,08	400,00	5,78	400,00	5,57
distribuzione prodotti	euro/ora	10,00	8,00-8,80	88,00	1,08	80,00	1,13	88,00	1,12	80,00	1,16	80,00	1,11
costi fissi	euro/ora	17,50	8,00-8,80	154,00	1,89	140,00	1,98	154,00	1,96	140,00	2,02	140,00	1,95
costi manutenzione e carburanti	euro/ora	21,00	8,00-8,80	184,80	2,27	168,00	2,37	184,80	2,35	168,00	2,43	168,00	2,34
Totale				826,80	10,17	788,00	11,13	826,80	10,50	788,00	11,38	788,00	10,97

I risultati espressi nelle colonne con il simbolo % rappresentano l'incidenza di queste voci rispetto al costo di produzione complessivo dell'uva che i medesimi Autori indicano variare tra i 7 e gli 8.000 euro in cifra tonda. Come si può notare i trattamenti incidono per circa 800 euro totali - dei quali circa la metà rappresentati da p.f. – pari al 10-11% dei costi di produzione complessivi.

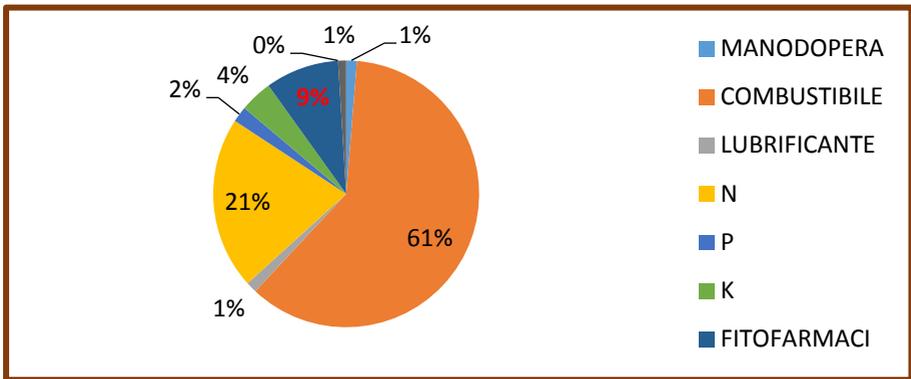
2.7 – Valutazione impatto ambientale

Nella seguente tabella 2.5 viene riportata una stima dei consumi di energia primaria della coltivazione complessiva del vigneto.

Tab.2.5 - Stima dei consumi di energia primaria del vigneto

VOCE	MANODOPERA	COMBUSTIBILE	K	p.f.	
ENERGIA PRIMARIA (kgeqp/ha anno)	7,8	365,8	23,7	54	
VOCE	LUBRIFICANTE	MACCHINE	N	P	TOT
ENERGIA PRIMARIA (kgeqp/ha anno)	7,9	5,9	126	11,5	602,8

Graf.2.2 - Ripartizione % dei consumi in energia primaria



Il valore complessivo dei consumi annui di energia primaria ammonta a circa 600 kg_{ep}/ha. Per quanto riguarda la loro ripartizione tra le diverse voci, come si può notare nel grafico 2.2, i consumi in energia primaria di N e fitofarmaci vengono secondi solo a quello di combustibile (da notare che questo risulta molto elevato per il fatto che si è previsto di adottare la lavorazione intraceppi del terreno). I p.f. incidono per poco meno del 10% del totale complessivo.

3 – Requisiti di un sistema di distribuzione ad alto grado di sostenibilità adatto alle aziende medio-piccole tipiche del milanese e lombardo

Dall'analisi riportata al capitolo 1 e 2 si può dedurre che, allo stato dell'arte, per i vigneti a spalliera con parete vegetativa sottoposta a controllo del vigore (quelli più interessanti in un'ottica di sistema viticolo più "ricco" e che si sta espandendo), fondamentalmente le tecnologie più avanzate presenti sul mercato, anche in termini di rispetto dell'ambiente, fanno riferimento a irroratrici a:

- Polverizzazione meccanica a torretta con: deflettori dell'aria, che permettono di orientare il flusso d'aria in modo adeguato al profilo della vegetazione; controllo della distribuzione tramite centraline EPA;

- Polverizzazione pneumatica con: convogliatori dell'aria multipli e flessibili; diffusori dell'aria regolabili in altezza e distanza reciproca; controllo della distribuzione tramite centraline EPA. Potremmo definire queste soluzioni come «irroratrici a getto preciso e mirato»;
- Tunnel con recupero.

In particolare, con l'utilizzo di macchine a tunnel, rispetto alle tecniche d'irrorazione con atomizzatori classici, si possono conseguire risparmi del 40% dei p.f. distribuiti con una pressoché totale riduzione della deriva. Proprio per questo e in ragione della 2009/127/CE, in alcuni territori esse sono praticamente imposte dai regolamenti locali in quanto ritenute più rispettose dell'ambiente rispetto alle convenzionali. Le medesime, tuttavia, funzionano recuperando il prodotto spruzzato sulla parete vegetativa che non viene fissato dalle foglie e così debbono prevedere ampie superfici captanti (situate sul lato opposto a quello dove sono inseriti gli ugelli polverizzatori) che, in pratica, circondando come un tunnel la parete stessa per una lunghezza di anche 2 metri. In altri termini queste macchine sono "poco furbe" poiché adottando una modalità passiva (il recupero) per ottenere un minore impiego di fitofarmaci. Ciò implica uno schema di macchina che **per principio è complesso e costoso** e che quindi, richiede ai viticoltori **investimenti economici rilevanti**. Inoltre visto il loro ingombro queste macchine sono di **difficile manovrabilità** e il loro impiego è interdetto laddove siano presenti reti antigrandine. Ciò le rende **adatte per le aziende di grande ampiezza di pianura**. Infatti, nell'ampia bibliografia disponibile in argomento, il modulo di superficie ottimale che viene ritenuto congruo per ammortizzare efficientemente l'investimento iniziale in questa tecnologia si situa attorno ai 50 ha di superficie vitata, come tale, molto distante dalle superfici che generalmente caratterizzano i vigneti milanesi e lombardi in generale. In prospettiva, quindi, la diffusione di queste macchine risulta limitata, ciò a meno di passare a procedure di trattamento che siano esternalizzare dalle aziende vitivinicole (ricorso al contoterzismo), pratica organizzativamente non semplice vista la numerosità e la tempestività degli interventi richiesti su base annua.

Rispetto alle irroratrici a tunnel, le macchine degli altri due gruppi con centralina EPA, offrono delle prestazioni minori in termini di riduzione della deriva ma richiedono un investimento minore e sono più maneggevoli risultando quindi preferibili nei vigneti di minore superficie e in ambiente

declive. In particolare, quelle a getto preciso e mirato con convogliatori dell'aria multipli e flessibili, con diffusori dell'aria regolabili in altezza e distanza reciproca, presentano il vantaggio di realizzare gli interventi a basso volume e di ottenere, con una tecnologia meno complessa del tunnel, un effetto coprente che, per molti principi attivi impiegati sulla vite, è particolarmente indicato. Per definizione si adattano anche meglio alle situazioni di trattamento che richiedono interventi mirati. Il fatto di avere bocchette autonome e regolabili rappresenta per quest'aspetto un vantaggio notevole in quanto si possono impiegare solo alcune di esse nei trattamenti d'inizio stagione oppure per trattamenti come quelli di concimazione fogliare. Inoltre, nelle ultime fasi di vegetazione si può differenziare la distribuzione sulle tre fasce descritte di cui alla figura 2.15. Ciò grazie alla possibilità di adottare regolatori specificatamente scelti per ottenere velocità dell'aria e ampiezza del getto che tengono conto:

- Della necessità di investire dal basso verso l'alto i grappoli presenti nella fascia H1 in modo da trattare omogeneamente tutti i chicchi d'uva;
- Della condizione di relativo impaccamento delle foglie nella fascia H2 e quindi di velocità dell'aria e di turbolenza elevate per raggiungere anche gli strati di foglie più interni caratterizzati da mobilità limitata;
- Della condizione di relativa libertà di movimento delle foglie nella fascia H3 e, quindi, della possibilità di agire con una minore necessità di velocità e di turbolenza in modo da garantire bassi livelli di deriva.

Infine, esistono delle versioni che, contrariamente a quanto avviene per le macchine a torretta, possono operare su più filari con capacità di lavoro, quindi, superiori alle macchine a torretta stesse.

Per questa combinazione tra precisione del trattamento, limitazione della deriva, elevata maneggevolezza, elevata capacità di lavoro e costo d'investimento relativamente limitato si è deciso di impiegare nel progetto macchine di questo tipo. Un miglioramento delle loro prestazioni in termini d'incremento dell'efficienza nella distribuzione, cioè di principio attivo che rimane fissato alle foglie, renderebbe queste soluzioni ancora più adatte a essere adottate specie nelle aree viticole vocate lombarde collinari a piccola maglia.

Come visto, un modo di realizzare tale incremento di efficienza è quello di adottare tecniche avanzate di Viticoltura di Precisione, per la gestione dell'eterogeneità del vigneto, atte a rendere queste macchine sempre più "intelligenti" facendo in modo che queste:

- Regolino automaticamente le quantità distribuite rispetto alla massa di foglie che è presente al momento della distribuzione;
- Raccolgano, nel contempo, dati che una volta elaborati a punto fisso attraverso strumenti di management informatizzato, possano essere impiegati per meglio organizzare e definire in termini sia quantitativi che qualitativi gli interventi successivi.

Infatti, le prestazioni delle macchine per la distribuzione possono essere aumentate impiegando sensori che adeguino le quantità distribuite all'effettiva variabilità della parete produttiva presente al momento della distribuzione. In altri termini, si tratta di adottare un approccio "intelligente" al problema: il vigneto deve essere sottoposto a un'azione di monitoraggio elettronico (che può essere eseguita in modo contemporaneo o differito rispetto all'operazione di applicazione dei fattori), che consenta di acquisire dei dati colturali che, una volta elaborati, possano regolare nel rispetto dell'ambiente le dosi applicate alle reali esigenze della coltura in atto. Da non sottovalutare anche la possibilità di realizzare in modo intelligente tutte quelle forme di controllo indiretto quali la realizzazione in modo automatico della chiusura della erogazione nel passaggio da filare a filare e in prossimità delle testate e delle fasce di rispetto (figura 3.1).

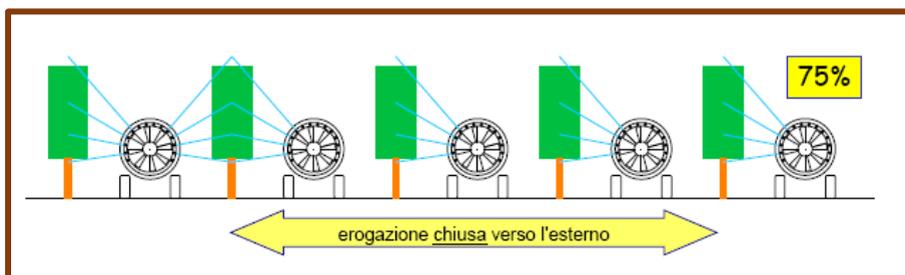


Fig. 3.1 - Regolazione in automatico dell'erogazione in prossimità dei bordi dei vigneti allo scopo di diminuire l'effetto deriva (fonte: Pergher, 2012)

4–Realizzazione del sistema e sua descrizione

Per conseguire gli obiettivi precedentemente descritti si è pensato di realizzare un sistema di controllo integrato, modulare, altamente flessibile (cioè in grado di applicare diverse tecniche sito-specifiche), da montare sul cantiere di macchine adibite alla distribuzione (trattore + macchina operatrice), in versione completa o con i singoli moduli che via via dovessero risultare necessari nella specifica situazione del vigneto. Nella sua versione completa il controllo è basato sull'impiego di:

1. Un complesso di sensori (ottici, a ultrasuoni, GPS di posizionamento, di pressione sul circuito di stoccaggio e gestione della miscela da distribuire) per il monitoraggio della macchina e del vigneto;
2. Un software decisionale, in grado di determinare le dosi da applicare;
3. Un sistema di controllo elettronico (computer di bordo e centralina di controllo) completo di elettrovalvole montate in prossimità degli ugelli dell'atomizzatore per regolare la portata degli stessi.

In particolare il software citato al punto 2 è in grado di realizzare il controllo dell'atomizzatore in modalità:

- a) Manuale a dose costante: l'operatore fissa, in base alle sue conoscenze, la dose ettaro da distribuire e la portata viene fatta variare in base alla velocità di avanzamento misurata dal GPS in modo da realizzare una distribuzione perfettamente uniforme;
- b) Automatica a dose variabile, realizzata "leggendo" direttamente i volumi e le conformazioni delle chiome attraverso l'impiego dei sensori a ultrasuoni e, in tempo reale, agendo sulle elettrovalvole per variare portata da distribuire e numero di ugelli attivi;
- c) Automatica a dose variabile, in base alla misura in tempo reale della posizione e della velocità di avanzamento tramite GPS e a una mappa prescrittiva impostata sia sulle caratteristiche topografiche dei vigneti (presenza di aree di rispetto), sia sull'elaborazione di pregresse misure dell'indice di vigore.

4.1 – Scelta del modello d’irroratrice pneumatica da equipaggiare con il sistema di controllo

Sulla base di un’ampia indagine sui modelli disponibili sul mercato, e della disponibilità alla collaborazione delle diverse case costruttrici interrogate, per la messa a punto del sistema di controllo e la successiva effettuazione delle prove di laboratorio e di campo, si è deciso di impiegare il modello link S50 Della Ditta CIMA di Montù Beccaria (PAVIA).

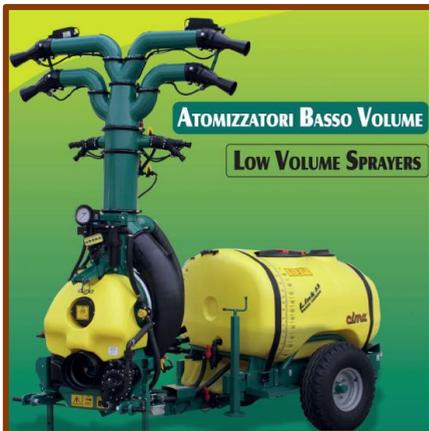


Figura 4.1 – Atomizzatori (nebulizzatori) a Basso Volume LINK

Si tratta di una macchina nebulizzatrice che, per le sue caratteristiche, copre già, con e senza centralina EPA, un’ampia fetta di mercato nei vigneti ad alta meccanizzazione in aziende “professionali” anche di collina, allevati a contropalliera, orientati cioè verso produzioni di alta qualità.

In termini generali la macchina risulta costituita da un telaio in acciaio collegabile all’attacco a 3 punti del trattore, suddiviso in due sezioni tra loro snodate. Sulla prima sezione sono montati gli organi di distribuzione veri e propri, mentre sulla seconda, montata sopra una coppa di ruote, il sistema dei serbatoi. La macchina ha la caratteristica di potere essere impiegata per trattamenti su uno (passando per ogni interfilare - figura 4.2) o 2 filari (passando per ogni 2 interfilari –figura 4.3) complessivi.

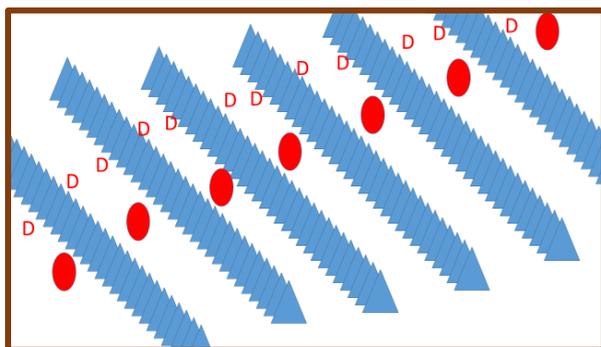
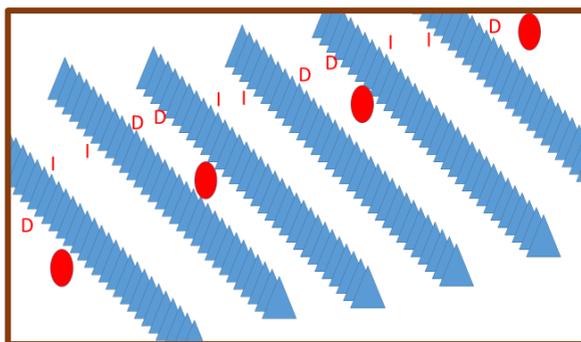


Fig. 4.2 – Modalità di erogazione a 1 filare con irrorazione diretta di tutte le pareti vegetativi. Il punto rosso rappresenta l'irroratrice. D = irrorazione diretta

La modalità di lavoro su 2 interfilari, che come vedremo successivamente prevede l'uso dei cannoni superiori, consente di ottenere delle capacità di lavoro molto elevate e la rende quindi particolarmente "appetita" dai viticoltori rendendola uno dei modelli oggi più richiesti dal mercato.

Fig. 4.3 – Modalità di erogazione a 2 filari con irrorazione diretta di metà delle pareti vegetativi e indiretta delle restati mediante i cannoni superiori. D = irrorazione diretta; I = irrorazione indiretta tramite cannoni



Facendo riferimento a un generico vigneto allevato a controspalliera a vigore controllato, per ottimizzare le possibilità di copertura e penetrazione della parete vegetativa durante le diverse epoche di sviluppo vegetativo, da un punto di vista tecnico si è scelto di equipaggiare il modello Link 55 con le seguenti bocchette:

- Inferiore, a quattro bocchigli (diti), posta a una altezza di 0,5 m per soddisfare le esigenze di trattamento DIRETTO della fascia H1 nei trattamenti a 1 e due filari;

- Intermedia, a due uscite, posta a una altezza di 1,40 m per soddisfare le esigenze di trattamento DIRETTO della fascia H2 e H3 nei trattamenti a 1 e due filari;
- Superiore, a una uscita, ad un'altezza di 1,9 m, da impiegare su trattamenti a 2 filari orientabile con regolatore elettrico, per soddisfare le esigenze di trattamento INDIRETTO delle pareti non trattate direttamente con i diffusori di cui ai punti precedenti.

Si è scelto poi un modello di macchina equipaggiato con serbatoio aggiuntivo per il concime fogliare giacché si è pensato che anche questa importante distribuzione di fattori dovesse essere sottoposta a controllo automatico.

Peraltro, una volta realizzato il sistema di controllo su questo modello di macchina, s'intravede la possibilità di adattare il medesimo anche su versioni di minore dimensione e, quindi, di rendere disponibile la tecnologia anche ad aziende viticole a superficie vitata più contenuta rispetto a quelle che scelgono il modello qui considerato.

4.2 – Logica di base del sistema di distribuzione e gestione dei dati

Lo schema generale di trattamento oggi attuato con le irroratrici a basso volume con controller EPA, del tipo di quella impiegata, prevede di distribuire i p.f. secondo la seguente modalità:

1. CONVENZIONALE1: prima fase vegetativa, da inizio germogliamento fino alla fioritura, trattamento con volume di 120-150 l/ha;
2. CONVENZIONALE2: seconda fase vegetativa, dalla fioritura fino alla raccolta, trattamento con volume di 200-250 l/ha.

La scelta della regolazione e della apertura o meno della portata di miscela verso le 3+3 bocchette è effettuata manualmente dall'operatore.

Il funzionamento del controllo messo a punto prevede invece, oltre che di potere scegliere di agire in modo manuale secondo l'impostazione sopra citata, e cioè con la misura della velocità di avanzamento ricavata impiegando il sensore GPS, di differenziare le quantità distribuite in base alla combinazione logica dei componenti descritti nello schema di figura 4.5.



Fig. 4.5 - Schema logico impiegato per collegare i componenti nel sistema di controllo realizzato

Ciò è realizzato in base a un appropriato modello di crescita dei tralci che:

- In una prima fase, in base la numero di giorni trascorsi a partire dal germogliamento, definisce direttamente la dose ettaro che viene mantenuta costante durante tutto il trattamento;
- In una seconda fase, a partire dal momento della fioritura, viene utilizzato combinato con le misura diretta dello spessore della parete vegetativa (realizzata a mezzo di misure ad ultrasuoni), per calcolare il volume della chioma rispetto al quale far variare la dose adattandola alla minore o maggiore vegetazione presente.

A livello di sistema, il flusso dei dati si realizza tra i componenti indicati in figura 4.6.

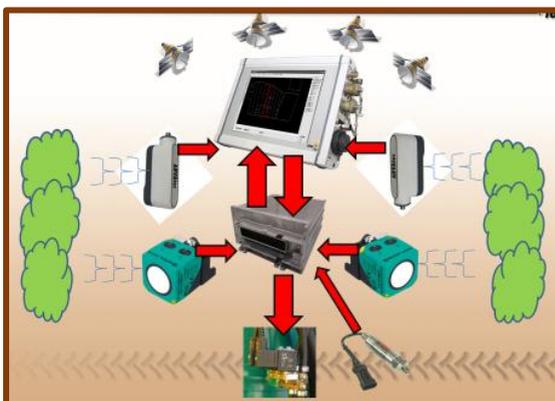


Fig. 4.6 - Connessione dei diversi componenti alla centralina e al computer veicolare

Più in particolare, per realizzare la variabilità delle dosi, il sistema ricorre a un totale di 10 elettrovalvole, montate sull'irroratrice secondo lo schema di figura 4.7.

Fig.4.7 – Disposizione delle 5+5 elettrovalvole impiegate sui lati destro e sinistro del nebulizzatore



4.3 – Software e algoritmi

Innanzitutto l'operatore attraverso l'interfaccia rappresentata in figura 4.8 si trova a potere scegliere tra le MODALITA' di distribuzione.



Fig. 4.8 - Interfaccia principale del software di regolazione

Infatti, nella sezione Distribuzione egli può scegliere tra:

MODALITA' 1 EPA-Manuale: dose costante regolata automaticamente in funzione della velocità di avanzamento senza ausilio di mappe e sensori ad ultrasuoni.

MODALITA' 2 Volume Variabile con mappe di prescrizione: la dose viene letta dalla mappa caricata. Il sistema in base alla posizione geografica rilevata dal GPS, riconosce la zona della mappa in cui si trova e imposta la dose corretta.

MODALITA' 3 EPA-Volume variabile con sensore a ultrasuoni: la dose è calcolata automaticamente in base allo spessore della chioma. In questa regolazione deve essere impostata la data di germogliamento poiché da questa si calcola, sempre automaticamente, la lunghezza del germoglio necessaria per calcolare il volume della chioma.

Con la **MODALITA' 1** l'operatore ha solo la possibilità di aprire o chiudere le erogazioni sui 3 livelli di altezza agendo sulla check list in basso a sinistra.

Con la **MODALITA' 2** l'operatore è messo in condizione di procedere alla distribuzione del concime fogliare utilizzando mappe di prescrizione realizzate con lo specifico software SMS dell'AGleader commercializzato da ARVAtec. Per ogni area di distribuzione sono definiti i seguenti parametri:

- Zona: può assumere valori ON/OFF e discrimina la distribuzione del concime fogliare;
- Volume: corrisponde alla dose in l/ha da distribuire;
- Interfila: registra la misura della distanza tra i filari, in modo che sia gestita automaticamente.

Con la **MODALITA' 3** le quantità distribuite sono differenziate a seconda degli stadi vegetativi e ciò avviene seguendo lo schema di figura 4.9.

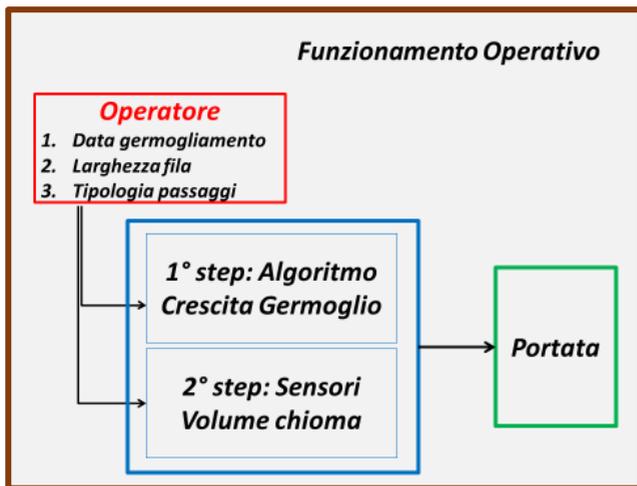


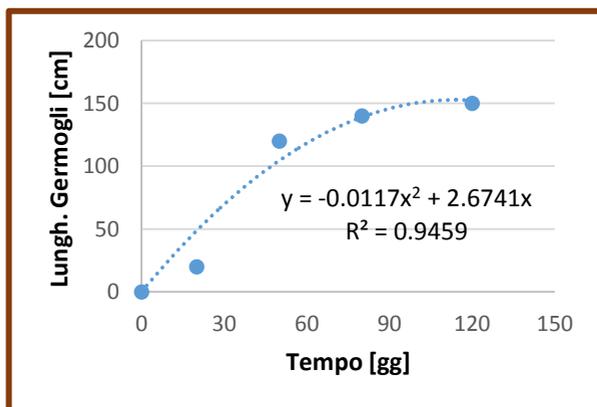
Figura 4.9 – Schema logico di progettazione del software di controllo

Come detto, inizialmente l’operatore deve inserire la data di germogliamento. In base a tale data, il calcolatore, ad ogni intervento in campo, determina i giorni giuliani da essa intercorsi. Il modello di crescita del germoglio calcola la lunghezza del germoglio e, in base ad essa, il volume della chioma. Secondo a un valore soglia di questo parametro si hanno le seguenti regole di trattamento:

- Step 1 – Volume < del valore soglia, non si tiene conto dello stesso;
- Step 2 – Volume > del valore soglia, si eroga proporzionalmente allo stesso.

Nel grafico 4.1 è riportata l’equazione di base impiegata nel modello di crescita del germoglio.

Fig. 4.1 – Equazione di crescita del germoglio ricavata su dati di crescita di vitigno Barbera in Oltrepò Pavese



Quindi, più in particolare, in funzione delle dimensioni della parete vegetativa e secondo lo schema di figura 4.10, il controllo realizzato prevede di agire non secondo le due FASI indicate in figura come CONVENZIONALE1 e CONVENZIONALE 2 ,ma con una maggiore differenziazione.

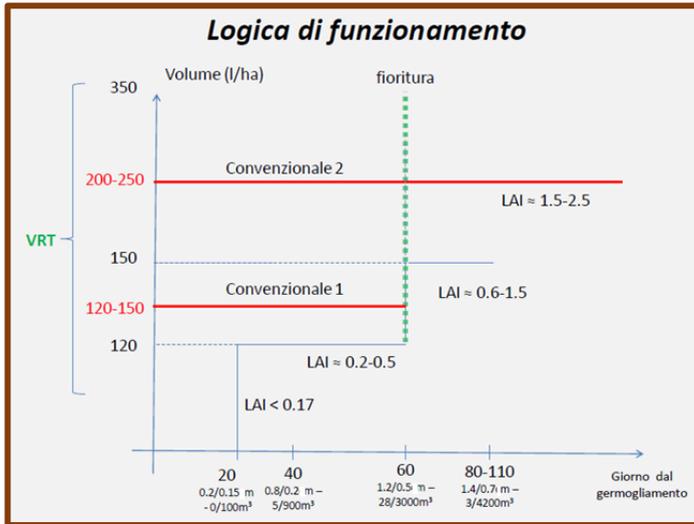


Figura 4.10– Logica di base del modello impiegato per realizzare il trattamento differenziato in base alle dimensioni della vegetazione

In sintesi:

1. Con germoglio fino a 0,2 m e un volume della chioma fino a 100 m³ (periodo fino a 20 giorni), non viene eseguito nessun trattamento;
2. Con germoglio fino a 1,2 m e un volume della chioma fino a 3000 m³, vengono eseguiti trattamenti suddivisi in scaglioni. A esempio:
 - a) 20-35 giorni, lunghezza germoglio 0,4-0,8 m; volume 1000-1500 m³; 60 l/ha;
 - b) 35-60gg. lunghezza germoglio 0,8-1,2 m; volume 1500-3000 m³; 120 l/ha.
3. Con germoglio superiore a 1,2 m, si segue la regola di usare la tecnica VRT basata sulla misura dello spessore della parete vegetativa.

In aggiunta a ciò, la pressione può essere gestita automaticamente o manualmente. Nel primo caso, in base alla velocità di avanzamento il sistema decide se aumentare o diminuire la pressione utilizzando la relativa curva di taratura. Nel secondo caso l'operatore ha disposizione un range di velocità di avanzamento più ampio rispetto a una gestione di tipo costante della pressione. In ogni caso, compare un avviso di regolare la velocità nel caso vengano oltrepassati i limiti inferiore e superiore.

E' prevista inoltre la modalità "LAVAGGIO BOTTE". Premendo il tasto, dopo 5 secondi, vengono aperte totalmente tutte le elettrovalvole in modo da effettuare un lavaggio del sistema di irrorazione. La procedura termina premendo nuovamente il tasto.

Di seguito la figura 4.11 mostra come si presenta lo schermo quando viene scelta l'opzione di visualizzazione su mappa del lavoro svolto.

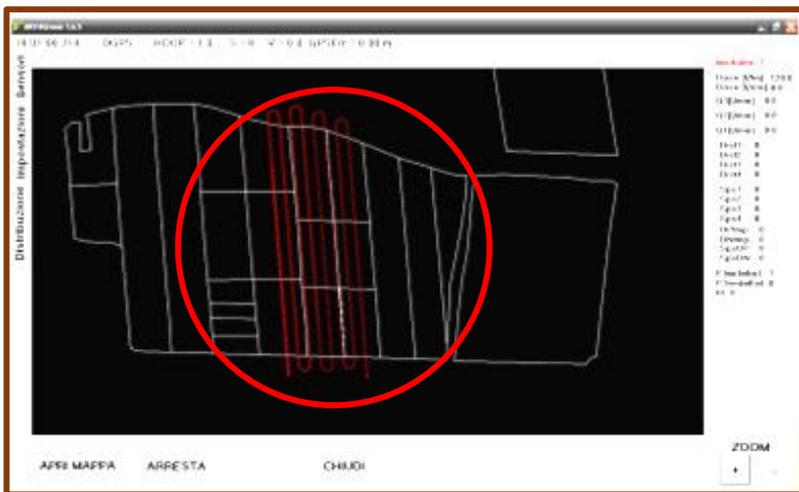


Fig. 4.11 –Mappa di visualizzazione del lavoro svolto, passaggi evidenziati dalle righe rosse

4.7 - Assemblaggio dei componenti a bordo delle macchine agricole

Il PC veicolare e relativa antenna GPS sono montati a bordo del trattore in modo da essere facilmente accessibile da parte dell'operatore (figura 4.12).



Fig. 4.12 - Il PC veicolare montato a bordo del trattore durante le prime prove di funzionamento

Per potere effettuare delle misure in tempo reale della dimensioni della pareti vegetative e potere utilizzare le medesime per regolare la portata, si è reso necessario montare i sensori ad ultrasuoni non sull'atomizzatore, ma su un apposito telaio in acciaio montato sul trattore accoppiato al medesimo (figura 4.13).

Fig.4.13 - Il telaio porta-sensori montato sul trattore



Questo al fine di anticipare la lettura di qualche secondo rispetto al trattamento non essendo la risposta istantanea del sistema rispetto alle letture.

Anche i sensori a infrarossi sono stati montati anteriormente al trattore al fine di limitare il deposito di gocce di liquido sui vetri dei sensori.

Come detto, l'altezza da terra dei sensori a ultrasuoni è stata regolata in modo da leggere due fasce: una bassa (parte H1 e H2) e un'alta (parte H3).

I sensori a infrarossi sono stati collocati nella fascia H2 intermedia, appena sopra la fascia produttiva.

Le quote da terra della testata sono quelle indicate in figura 4.14.

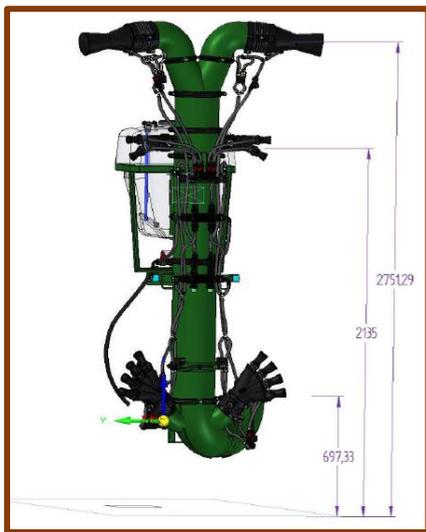


Figura 4.14 – Quote degli organi distributori

Rispetto a tali quote si può verificare un'escursione di +/- 15 cm in funzione della posizione assunta dal sollevatore che può essere adattata alle diverse esigenze culturali.

5 – Prove di campo

Obiettivo generale delle prove di campo è stato quello di verificare se le prestazioni del prototipo regolato per distribuire una dose di miscela proporzionale al volume della parete vegetativa (**MODALITA 3** - di seguito denominata **VRT**), a confronto con l'utilizzazione della medesima macchina con regolazione a volume costante (**MODALITA' 1** - di seguito denominata **NON VRT**), fossero migliori in termini sia quantitativi, sia qualitativi.

Per il primo aspetto è stata analizzata la capacità di adeguare le portate alle differenti dimensioni della parete vegetativa. Per il secondo aspetto si è analizzato il deposito fogliare di principio attivo e il numero e la dimensione delle gocce depositate sull'unità di superficie fogliare.

Le prove sono state eseguite SU VIGNETO IN PIENO VIGORE VEGETATIVO.



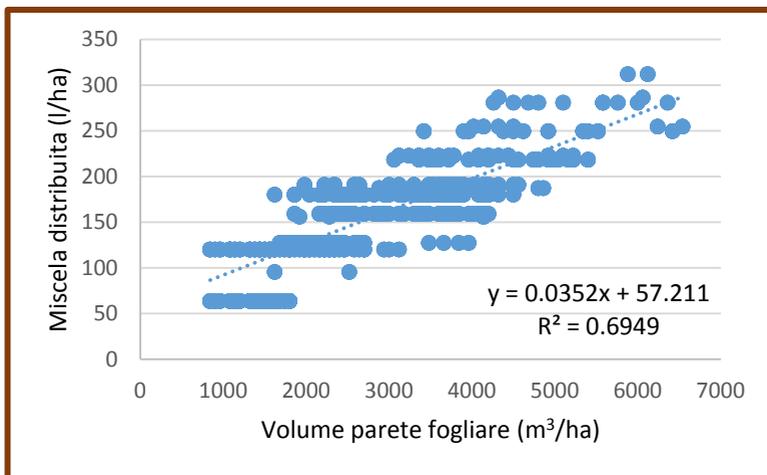
Fig. 5.1 - Prove su vigneto in pieno vigore vegetativo

I passaggi dell'atomizzatore sono stati eseguiti secondo lo schema rappresentato nella precedente figura 4.3 trattando quindi le diverse file alternativamente in modo diretto e indiretto. Maggiori dettagli sull'esecuzione delle prove e sui risultati delle medesime sono riportati da Brancocodoro&Bacchiaga, 2014.

5.1 – Capacità di regolazione

Nel grafico 5.1 sono riportate le dosi di miscela distribuite in funzione del volume della parete vegetativa operando in modalità VRT.

Graf. 5.1 - Andamento delle dosi distribuite in modalità VRT in funzione del volume della parete vegetativa



Come si può notare, si è avuta una risposta molto precisa della macchina al variare del volume della parete vegetativa. Le dosi distribuite, quindi, sono risultate sempre molto ben calibrate in funzione dello spessore misurato.

Se si considera che il trattamento convenzionale messo a confronto ha operato a volume costante di 250 l/ha risulta chiaro come, nel caso di volume della parete vegetativa limitato, si arrivi a conseguire risparmi fino al 75% della miscela erogata. E' altrettanto evidente che, quando la parete vegetativa risulta molto vigorosa, si hanno portate corrispondenti più elevate e quindi è verosimile che in tale situazione si abbia un maggiore deposito fogliare per unità di volume di colture trattata rispetto al trattamento NON VRT. Un primo vantaggio ottenuto grazie a tale combinazione di regolazioni è relativo al fatto, che durante le prove eseguite, si è avuto mediamente un risparmio del 15% della quantità di miscela distribuita (variabile tra il 7 e il 25%, a seconda delle prove).

Un altro criterio fondamentale di valutazione delle prestazioni quantitative è quello relativo al grado di accuratezza con viene distribuita la miscela. Il

valore impostato nell'interfaccia del computer durante le prove con funzione VRT è stato di 0,54 l/m³ di chioma. I risultati dei 4 test di misura dei valori effettivi riscontrati in vigneto (2 per la tesi VRT e 2 per quella NON VRT) sono riportati in tabella.

Tab. 5.1 - Risultati delle prove comparative di accuratezza e precisione della distribuzione.

Tipo trattamento	Media volume (m ³ /ha)	Dose distribuita (l/ha)	Dose specifica (l/m ³)	Accuratezza (%)	Precisione DEVSTD [%]
VRT1	4308	218	0,053	98%	22%
VRT2	3858	200	0,055	102%	28%
Totale VRT	4083	209	0,054	100%	25%
NON VRT1	4837	250	0,053	98%	18%
NON VRT2	4159	250	0,064	121%	31%
Totale NON VRT	4498	250	0,059	110%	25%

Come si può notare, il prototipo in entrambi i casi, è andato molto vicino al valore impostato cioè, grazie alla capacità di adeguare la portata ai volumi di chioma ettaro mediamente rilevati (4308 m³ e 3858 m³). Quindi, l'accuratezza percentuale è sempre stata mediamente molto vicino al 100%. L'intervallo di errore medio si è aggirato attorno al 25%.

Nei casi NON VRT, invece, nel primo test, con parete vegetativa di 4837 m³/ha, è stata registrata una dose specifica quasi perfetta, raggiungendo quindi le medesime prestazioni del prototipo. Nel secondo caso, invece, si è avuto un eccesso di distribuzione del 21% rispetto al target ritenuto corretto. Per quanto riguarda la precisione, sempre nel secondo caso, si è avuta un'elevata dispersione delle dosi (ovviamente dovuta all'elevata variabilità del volume della parete trattata).

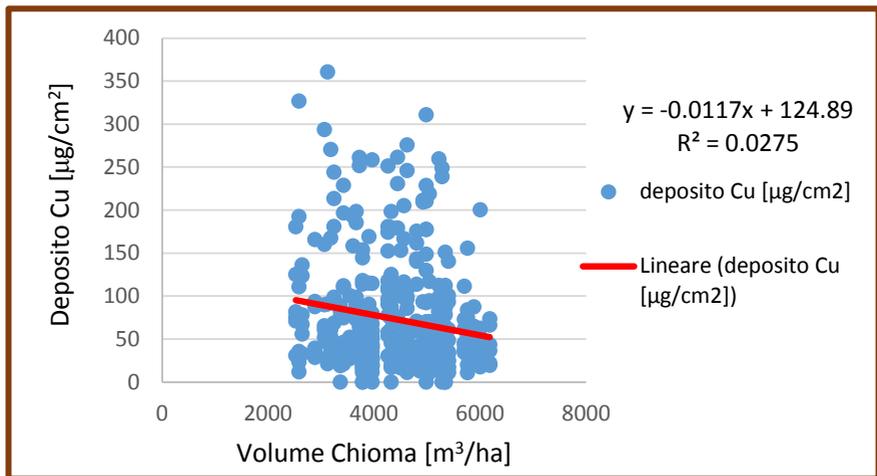
In definitiva, questi dati confermano in pieno la capacità di regolazione della nuova soluzione VRT che distribuisce sempre dosi vicine a quelle che sono ritenute corrette per la situazione data con un'accettabile variabilità attorno

al valore target. Interessante questo punto analizzare la qualità del trattamento.

5.2 –Rilievo delle prestazioni in termini di deposito di rame

Per le tesi con modalità di distribuzione NON VRT, nel grafico 5.2 viene mostrata la relazione esistente tra volume della chioma e deposito di Cu.

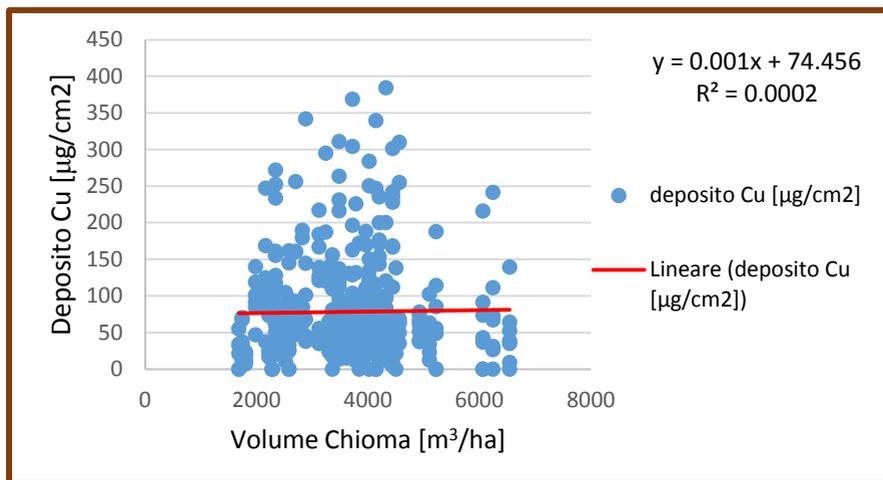
Graf. 5.2 – Andamento del deposito di rame al variare del volume della chioma nel caso di trattamento convenzionale



La linea tracciata mostra una tendenza alla diminuzione della deposizione al crescere del volume della vite, passando da valori massimi dell'ordine di $100 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ (a $2500 \text{ m}^3/\text{ha}$ di volume di chioma), a minimi di circa $50 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ (a $6000 \text{ m}^3/\text{ha}$).

Nel grafico 5.3 invece, viene mostrata la medesima relazione nel caso delle tesi con modalità di distribuzione VRT.

Graf. 5.3 - Andamento del deposito di rame al variare del volume della chioma nel caso di trattamento VRT



In questo caso si evidenzia una mancanza assoluta di rapporto di dipendenza tra volume e deposizione: quest'ultima rimane pressoché costante attorno a un valore di $75 \mu\text{g}/\text{cm}^2$.

I due andamenti non contrastano con quanto si prevedeva si dovesse verificare con l'applicazione delle due tecniche. Infatti, nella distribuzione di una dose costante di miscela, ci si aspettava che al crescere del volume della chioma diminuisca la quantità di miscela depositata per unità di superficie fogliare. Al contrario, il prototipo è stato proprio realizzato per far crescere la portata di distribuzione applicata in modo proporzionale al volume della chioma e quindi, cercare di rendere costante la quantità distribuita per unità di superficie fogliare.

Nulla di straordinario ma se a questo vantaggio, di una migliore distribuzione (maggiore costanza di deposizione), si aggiungono i vantaggi relativi a una minore quantità distribuita (-15% della miscela usata), si può dire che il prototipo ha fornito delle prestazioni sicuramente interessantissime.

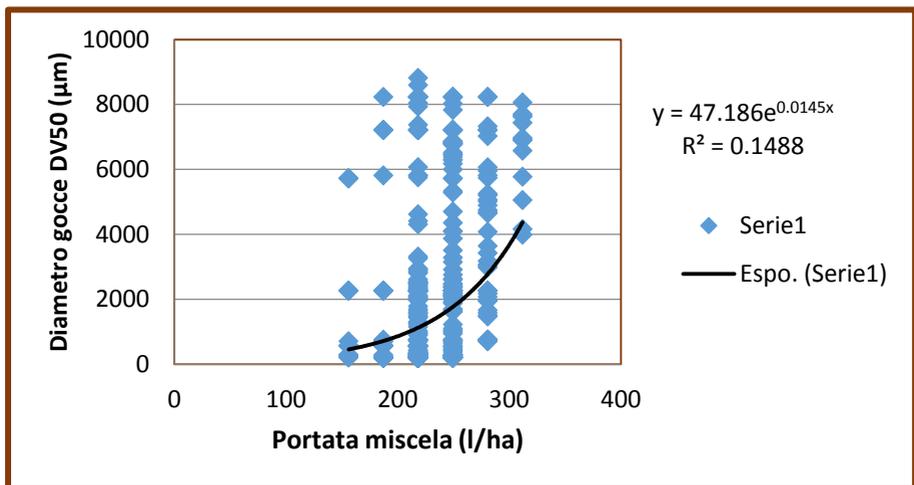
Ciò è ancora più vero se si valuta che a volumi di $6000 \text{ m}^3/\text{ha}$ si sono trovati, nel caso della distribuzione convenzionale, deposizioni dell'ordine dei $50 \mu\text{g}/\text{cm}^2$. Se si accetta che questo valore sia sufficiente a realizzare una deposizione adeguata a proteggere la coltura (gold standard) in quanto i

pratici considerano questa ancora soddisfacente (visto che convenzionalmente non vengono distribuiti più di 250 l/ha), si potrebbe tranquillamente ipotizzare di regolare il prototipo per operare a questo livello di dose specifica ($50 \mu\text{g} / \text{cm}^2$) invece che a quello di $75 \mu\text{g} / \text{cm}^2$ effettivamente conseguito nel caso delle prove effettuate. Questa ipotesi porterebbe a calcolare risparmi potenziali del 44,5% del totale di rame distribuito. Ma, ovviamente, questo è un dato puramente indicativo in quanto dipende: dalle condizioni di regolazione accettate; dai livelli di deposito considerati sufficienti; dalla variabilità dello spessore della parete vegetativa.

5.3 –Rilievo delle prestazioni in termini di diametro delle gocce

Un punto ulteriormente indagato, rispetto al comportamento del prototipo, è quello relativo al diametro delle gocce (grafico 5.4). Se si analizza, infatti, l'andamento di questo parametro per la regolazione VRT in funzione della dose distribuita si ricava il grafico qui riportato.

Graf. 5.4 - Relazione portata dimensione gocce



Pur non essendo chiaramente alla presenza di un andamento con un elevato coefficiente di regressione si vede comunque, una certa tendenza

all'aumento della dimensione delle gocce all'aumentare della portata della miscela. Ciò è probabilmente causato dal fatto che la portata del ventilatore rimane costante e quindi, il flusso d'aria specifico che investe l'unità di portata di miscela diminuisce e l'effetto Venturi non è sufficiente a produrre gocce di diametro contenuto. Questo può potenzialmente dare luogo alle portate elevate a fenomeni di "ruscellamento" dalle foglie con connesse perdite a terra di miscela.

5.4 –Rilievo degli indici di vigore

Nell'azienda dove sono state effettuate le prove di cui sopra si è riferito, la raccolta dei dati di indice di vigore, impiegando i sensori montati congiuntamente ai sensori a raggi infrarossi ha, per il momento, fornito solo risultati orientativi in quanto per l'applicazione di questa tecnica viene richiesto un paziente lavoro di elaborazione e analisi dei dati che debbono poi supportare corrette decisioni agronomiche. Per valutare i benefici che quest'approccio di Viticoltura di Precisione può generare, si può fare argomento di cui si può scaricare materiale divulgativo dal sito:

<http://www.arvatec.it/index.php?view=categoria&categoryId=1&Servizi>

6 – Considerazione sui risultati ottenuti

In definitiva i risultati qui discussi confermano quanto indicato in bibliografia e forniscono buoni presupposti per migliorare il prototipo e renderlo presto disponibile commercialmente sul mercato (Brancadoro&Bacchiega, 2014), per soddisfare ampiamente i requisiti di minore impatto ambientale richiesti alle macchine dalle recenti normative di cui si è discusso ai punti precedenti. Infatti, considerato che le perdite a terra sono risultate nella sperimentazione pressoché ininfluenti, i benefici connessi alla introduzione del controllo provato in termini di riduzione della deriva intesa come:

$DERIVA = DOSE \text{ DISTRIBUITA} - DEPOSITO - PERDITE \text{ A TERRA}$

Sono risultati mediamente pari al 40-50% circa rispetto dei valori convenzionali. Ciò, come visto, grazie ai maggiori valori di deposito misurati.

Ovviamente tali risultati si possono ottenere quando:

- La macchina è correttamente regolata;
- Si opera in condizioni ambientali non ostili;
- Si eseguono i trattamenti su parete vegetativa in pieno vigore.

Peraltro, si può ragionevolmente stimare che, a inizio stagione, tali risparmi possano tranquillamente arrivare al 75%.

Inoltre è in fase d'implementazione il controllo di cui alla figura 3.1 che prevede di attuare la chiusura degli ugelli differenziata in funzione della posizione che la macchina assume in campo in relazione alla presenza di aree di rispetto. Chiaramente questo controllo dovrebbe ulteriormente diminuire la deriva, specie su vigneti di piccole dimensioni.

In definitiva si può ragionevolmente stimare che i potenziali risparmi stagionali di p.f. connessi alla riduzione della deriva e alle regolazioni di chiusura localizzate (in testata e nelle aree a rischio), si possano assestare attorno a valori dell'ordine del 40-60% dei consumi convenzionali.

Infine, per evitare l'unico neo riscontrato durante le prove, che è quello di avere delle gocce di diametro eccessivamente variabile, si può prevedere di restringere il campo di regolazione delle dosi fra valori minimi di 150-180 l/ha e massimi di 280-300 l/ha.

6.2 – Analisi benefici costi dell'impiego della tecnologia

A partire dalle prestazioni sopra individuate si possono ipotizzare i possibili vantaggi economici connessi all'adozione della tecnica. Due sono le ipotesi che si possono fare essenzialmente legate a due modalità d'impiego:

- La prima, legata a una conduzione mirata alla ricerca del maggior risparmio economico in termini di riduzione dei costi variabili, che si renderebbe possibile riducendo la dose specifica distribuita fino a conseguire un trattamento che, in termini di deposito, sia identico a quello ottenuto con la tecnologia convenzionale alla presenza di chiome di elevato volume (nei test misurato in $50 \mu\text{g} / \text{cm}^2$). In questo caso si può pensare di arrivare a monetizzate totalmente i risparmi del 40-60% sopra stimati;

- La seconda, legata a una conduzione del vigneto prudentiale, che prevede di mantenere la dose specifica distribuita al valore di progetto sopra impiegato (misurato in $75 \mu\text{g}/\text{cm}^2$) In questo caso si dovrebbe realizzare un decremento delle dosi distribuite del 15% circa parallelamente conseguendo un incremento della quantità di prodotto attivo depositato e, quindi, una migliore protezione della vegetazione.

Sulla base di queste ipotesi e a dai valori economici individuati al punto 2.6, si può ragionevolmente valutare che nel primo caso la stima del vantaggio economico è di circa 200 Euro/ha anno, mentre non potrebbero essere attribuiti vantaggi in termini di riduzione del rischio.

Nel secondo caso, si arriverebbe a risparmiare circa 60 Euro/ha anno. Si dovrebbe a questa cifra aggiungere una quantificazione economica del minore rischio di danni alla coltura connesso con il maggiore deposito fogliare di principio attivo lasciato dalle macchine VRT. Una tale quantificazione è molto difficile da stimare poiché dipende in modo prevalente dall'andamento climatico e richiederebbe una sperimentazione specifica condotta su più anni. In ogni caso e ad esempio, in un'annata come quella 2014 funestata da un andamento climatico particolarmente avverso, il maggior deposito conseguito attraverso il prototipo avrebbe verosimilmente molto aiutato a contenere le enormi perdite qualitative e quantitative che hanno caratterizzato i vigneti nella situazione lombarda, probabilmente arrivando a far ottenere maggiori produzioni pari a un 5% circa, come tali valutabili in 250 euro/ha, da aggiungere ai già visti 60 euro/ha.

6.3 –Analisi dei benefici ambientali dell'impiego della tecnologia

Nel caso della valutazione dei benefici ambientali, se si assume un'ottica pubblica, i vantaggi sono relativi al fatto di avere una diminuzione della deriva stimabile, come già detto, in un 40-60% rispetto ai valori standard.

Se si vuole invece analizzare la situazione in termini di diminuzione dei consumi energetici diretti legati all'applicazione dei trattamenti, quantificati al punto 2.7 in $54 \text{ kg}_{\text{ep}}/\text{ha}$ anno, si risparmierebbero $25 \text{ kg}_{\text{ep}}/\text{ha}$ anno in cifra tonda.

7 – Conclusioni

Sicuramente l'impiego di atomizzatori e nebulizzatori in cui il flusso del prodotto è regolato in funzione del volume della chioma rappresenta un'evoluzione che, a breve, dovrebbe andare a sostituire le più semplici centraline EPA in quanto, queste innovazioni, vanno nel senso indicato dalle nuove normative che auspicano una diminuzione dell'impatto ambientale connesso ai trattamenti fitosanitari. Il come ciò avverrà, cioè il livello di complessità funzionale che queste soluzioni assumeranno, dipenderà non solo dagli aspetti economici d'investimento a esse connessi, ma anche e soprattutto dai regolamenti locale e delle eventuali forme di sostegno agli investimenti che interesseranno il settore. Questo avrà sicura influenza sul successo commerciale di una soluzione piuttosto che un'altra.

In ogni caso, sulla base delle esperienze effettuate, che si sono dimostrate in accordo con l'ampia bibliografia scientifica in argomento, da un punto di vista meramente tecnico, con l'impiego delle soluzioni intelligenti operanti in modalità automatica a dose variabile "leggendo" direttamente i volumi e le conformazioni delle chiome mediante sensori a ultrasuoni, si può conseguire una minore deriva del 40-60% sui quantitativi impiegati all'interno dei filari del vigneto in caso di vigore vegetativo massimo.

Questa quota di risparmio, se rapportata a un costo annuo dei prodotti fitosanitari, mediamente variabile fra i 400 e i 500 €/ha, corrisponde a un valore economico di ben 200-250 €/ettaro/anno. Questo beneficio economico, inoltre, è ottenuto grazie a una notevole diminuzione dell'effetto deriva e del conseguente impatto ambientale. Parte di questo vantaggio potrebbe essere destinato dal viticoltore a incrementare la qualità del trattamento per conseguire minori rischi nel caso di andamenti climatici avversi.

Sempre tecnicamente, rispetto alle soluzioni a tunnel cui sopra si è accennato, quelle "intelligenti" a regolazione elettronica presentano numerosi vantaggi:

- a) Richiedono minori investimenti iniziali da parte dei viticoltori per il loro acquisto e sono quindi adottabili anche da aziende viticole di dimensioni medio-piccole come tipicamente sono quelle Milanesi e Lombarde;
- b) Hanno minori costi di manutenzione;

- c) Sono utilizzabili anche su macchine non nuove;
- d) Non modificano in modo strutturale i cantieri tradizionali e sono quindi molto più maneggevoli e produttive;
- e) Permettono di recuperare tutti i dati di trattamento per le pratiche amministrative (tracciabilità);
- f) Possono essere utilizzate alla presenza di reti antigrandine;
- g) Permettono di adottare facilmente le regolazioni a dose variabili seguendo mappe prescrittive.

Quest'ultimo fatto è molto importante in quanto, oltre che per la distribuzione dei fitofarmaci, queste soluzioni diventano particolarmente utili per effettuare la concimazione fogliare in base alle reali necessità della colture. Si ricorda come, con le più recenti tecniche di coltivazione attente alla produzione di vini di elevata qualità, la concimazione fogliare può arrivare a richiedere anche a 6 interventi/anno. Una sua ottimizzazione, quindi, porterà sicuramente a consistenti risparmi di concime, con ulteriori vantaggi economici e ambientali, e ad aggiuntivi prevedibili vantaggi economici legati alla standardizzazione verso l'alto della qualità del vino prodotto.

8 – Bibliografia

Balsari P., Marucco P. (2013) - **Le Buone Pratiche per contenere la deriva generata dalle macchine irroratrici**, Tipo-litografia FIORDO – Galliate (NO)

Brancadoro L., Bacchiega D. (2014) - **Atomizzatore a rateo variabile per una viticoltura più sostenibile**, L'Informatore Agrario n. 47/2014, pag. 50-52

Calcante A., Mazzetto F., Oberti R., Brancadoro L. (2006) - **Ultrasonic canopy sensing for Precision Viticulture practice**, *paper IS526A*. Proceedings of 2006 CIGR World Congress, Bonn, Germania.

Galletto L., Scaggiante S. (2006) - **Costi di produzione dell'uva con diverse forme di allevamento**, L'Informatore Agrario, n. 27, pag. 51-55

Pergher G., Petris R. (2008) - **The Effect of Air Flow Rate on Spray Deposition in a Guyottrained Vineyard**. Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal. Manuscript ALNARP 08 010. Vol. X. May

Pergher G. (2012) - **Mitigazione del rischio di deriva nei trattamenti fitoiatrici**. Relazione presentata ad AGRIEST, 27 Gennaio 2012, Udine

Vercesi A., Toffolatti S.L., Sordi D., Pedrazzini A., Parisi N., Venturini G. (2012) - **Verso una gestione razionale della difesa antiperonosporica in vigneto**. QUADERNI DELLA RICERCA N° 145 – Regione Lombardia

DIRETTIVA 2009/128/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 21 ottobre 2009 - Quadro per l'azione comunitaria ai fini dell'utilizzo sostenibile dei pesticidi.