



ENTE NAZIONALE PER LA MECCANIZZAZIONE AGRICOLA



*Programma biennale  
di sperimentazione di macchine  
agricole innovative*



Roma, febbraio 2009



**ENTE NAZIONALE PER LA MECCANIZZAZIONE AGRICOLA**

***Programma biennale  
di sperimentazione di macchine  
agricole innovative***

**Roma, febbraio 2009**

**STILGRAFICA srl**

00159 Roma • Via Ignazio Pettinengo, 31/33  
Tel. 06 43588200 • Fax 06 4385693  
[www.stilgrafica.com](http://www.stilgrafica.com) • [segreteria@stilgrafica.com](mailto:segreteria@stilgrafica.com)

Finito di stampare nel mese di Giugno 2009

# INDICE

	Pagina
1. Premessa	5
2. Attività svolta	6
2.1 - Realizzazione dei “sub progetti”	6
2.1.1. - Agricolmeccanica S.r.l.: Macchina irroratrice ad aeroconvezione per vigneto	7
2.1.2. - Arag S.r.l.: Sistema per l’ottimizzazione dell’agitazione della miscela fitoiatrica nei serbatoi delle macchine irroratrici.	12
2.1.3. - Eredi Bagioni Alfiero: agevolatrice per la raccolta dell’uva da tavola in vigneti a tendone	17
2.1.4. - Caffini S.p.A.: Irroratrice a tunnel con distribuzione assistita.	23
2.1.5. - Comer Industries S.p.A.: Sistema mecatronico per la gestione pluviometrica degli irrigatori a naspo	29
2.1.6. - Forigo Roteritalia S.r.l.: Macchina combinata per ambienti ristretti.	33
2.1.7. - Frandent: Erpicatore livellatore perimetrico	38
2.1.8. - O.N.G.: Doppio ripuntatore a piede vibrante.	44
2.1.9. - Nobili S.p.A.: Realizzazione di un dispositivo per l’ottimizzazione del flusso d’aria prodotto dai ventilatori assiali utilizzati sulle irroratrici per le colture arboree.	50
3. Conclusioni sul secondo programma “macchine innovative”	55



# 1. Premessa

Nel 2005 l'ENAMA ha avviato, con il contributo del Ministero delle Politiche Agricole, Alimentari e Forestali, un programma di sperimentazione di macchine agricole innovative.

Il programma è giunto a termine nel dicembre 2008 con la conclusione delle attività di realizzazione e sperimentazione "in campo" delle soluzioni realizzate.

Il programma di sperimentazione di mezzi meccanici innovativi per l'agricoltura rappresenta l'evoluzione dell'attività di ricerca e sviluppo già intrapresa nell'ambito di precedenti esperienze dell'ENAMA finalizzata a trovare nuove soluzioni per la meccanizzazione agricola tali da assicurare un costante incremento della sicurezza degli operatori del settore e della protezione dell'ambiente, oltre a garantire un progressivo aumento della qualità dei prodotti.

I presupposti di tale programma per macchine innovative derivano dalla realtà agricola italiana che esprime chiaramente la necessità di una continua evoluzione dei mezzi meccanici in grado di rispondere da un lato ad esigenze produttive (incremento delle produzioni e della qualità dei prodotti, riduzione dei costi) dall'altro al miglioramento degli aspetti legati alla sicurezza degli operatori del settore e dell'ambiente.

Uno dei punti di forza del programma di sperimentazione di macchine innovative sta nel fatto che l'ENAMA ha coinvolto direttamente le ditte costruttrici invitandole attraverso un apposito bando a presentare proposte di innovazione finalizzate alla risoluzione di problematiche specifiche nell'ambito delle priorità prima citate.

Tra le proposte pervenute ne sono state a suo tempo selezionate nove da un'apposita Commissione nella quale sono rappresentati gli imprenditori agricoli, i costruttori di macchine agricole, le imprese agromeccaniche e del commercio, le Regioni, lo stesso Ministero e il CRA-ING (ex Istituto Sperimentale per la Meccanizzazione Agricola). L'ampia rappresentanza nella Commissione offre le maggiori garanzie per una individuazione corretta e tecnicamente valida delle soluzioni che hanno beneficiato di un apposito finanziamento.

Sulla base delle valutazioni della Commissione stati attivati nove sub-progetti, per ognuno dei quali le imprese hanno provveduto alla concreta realizzazione dei prototipi, il CRA-ING ha fornito il supporto tecnico-scientifico (servendosi della collaborazione di altre strutture quali Università, C.N.R., ecc.) ed infine l'ENAMA ha coordinato l'intera attività e, anche attraverso questa pubblicazione, ha provveduto alla divulgazione presso gli operatori del settore dei risultati del programma stesso.

Il presente volume contiene una sintesi dei risultati conseguiti che sono stati, peraltro, anche esposti in occasione di fiere nonché oggetto di eventi divulgativi sul territorio.

Si ringraziano le ditte costruttrici ed i centri di ricerca che hanno collaborato fattivamente allo sviluppo delle soluzioni innovative contribuendo allo sviluppo della meccanizzazione agricola.

Un ulteriore ringraziamento va ai Soci dell'Enama ed ai Membri della Commissione che hanno selezionato le proposte di innovazione privilegiando le soluzioni più rispondenti ai requisiti di innovazione espressi dalla filiera ed al Dr. Giulio Fancello che ha curato la redazione tecnica del presente volume.

Sandro Liberatori

Massimo Goldoni

## 2. Attività svolta

Le macchine e le attrezzature agricole rivestono un ruolo di primaria importanza nella produzione agricola in quanto costituiscono un fattore essenziale per la conduzione delle attività agricole, inclusa la prima trasformazione e la conservazione dei prodotti, l'acquisto e la gestione delle macchine rappresenta d'altra parte una delle principali voci di costo per le aziende del settore.

Come già anticipato in premessa, l'ENAMA, con la collaborazione di ditte costruttrici e di Istituti di ricerca, ha perseguito l'obiettivo di favorire lo sviluppo di mezzi meccanici innovativi per offrire un fattivo contributo alla soluzione di problematiche di meccanizzazione specifiche individuate all'interno di linee di intervento stabilite dal Consiglio Direttivo dell'Ente. La composizione stessa del Consiglio Direttivo dell'ENAMA, di cui fanno parte i rappresentanti dell'intero settore agro-meccanico nazionale nonché del Ministero delle Politiche Agricole Alimentari e Forestali, delle Regioni e del CRA-ING (ex Istituto Sperimentale per la Meccanizzazione Agricola), è stata garanzia della validità e della rispondenza delle linee di intervento alle necessità di vari settori dell'agricoltura nazionale.

Le linee di intervento prescelte sono state le seguenti:

- miglioramento delle tecniche di raccolta della frutta e dell'uva,
- incremento dell'efficienza nell'irrigazione,
- migliore conservazione del terreno nel rispetto dell'ecocompatibilità e dell'aumento dell'efficienza dell'applicazione dei prodotti chimici.

I costruttori interessati al progetto di innovazione ed in particolare alle linee di intervento sopra indicate sono stati appositamente invitati a presentare idonee soluzioni atte a risolvere le problematiche suddette attraverso proposte progettuali da applicare su macchine o attrezzature agricole.

L'invito è stato pubblicato per tempo sul sito internet in modo da darne la massima diffusione; ad esso hanno risposto numerose ditte costruttrici con altrettante proposte innovative, le quali sono state oggetto di un accurato e puntuale esame e di una meticolosa selezione da parte dei membri della Commissione dell'ENAMA e successivamente da parte dei membri del Consiglio Direttivo dell'ENAMA stesso.

In una prima fase di attivazione del programma sono state raccolte e selezionate le proposte e sono state scelte le soluzioni ritenute più meritevoli. Successivamente, sono stati stipulati i contratti di appalto con le ditte costruttrici che si impegnavano anche in una collaborazione tecnico scientifica con il CRA-ING e altri eventuali istituti di ricerca (Università, CNR).

Dopo le necessarie verifiche, si è proceduto all'avvio delle attività di messa a punto delle soluzioni tecniche proposte dalle ditte stesse.

Si sottolinea il fatto che i lavori sono stati costantemente monitorati dall'Enama con richieste di documentazione, con l'effettuazione di visite tecniche presso le ditte costruttrici ed i centri di sperimentazione e con la redazione di apposite relazioni contenenti dettagli sullo svolgimento dei lavori al fine di poter disporre di esaurienti informazioni per un continuo monitoraggio e valutazione degli stessi e una corretta rendicontazione delle relative spese sostenute.

### 2.1 - Realizzazione dei "sub progetti"

A seguito della selezione tecnica delle diverse proposte avanzate dalle ditte costruttrici, sono state identificate nove soluzioni tecniche, sviluppate dalle ditte costruttrici attraverso nove differenti "sub progetti" di seguito elencati:

- [Sub progetto n.1](#) - "Macchina irroratrice ad aeroconvezione per vigneto".  
Ditta: Agricolmeccanica S.r.l. - Stradone Zuino Nord, 4050 - 33050 Torviscosa (UD).  
Referente Scientifico: CRA-ING e DISA dell'Università degli Studi di Udine

- **Sub progetto n.2** - “Sistema per l’ottimizzazione dell’agitazione della miscela fitoai-trica nei serbatoi delle macchine irroratrici”  
Ditta: Arag S.r.l. - Via Palladio, 5/A - 42048 Rubiera (RE).  
Referente Scientifico: DEIAFA dell’Università degli Studi di Torino
- **Sub progetto n.3** - “Agevolatrice per la raccolta dell’uva da tavola in vigneti a tendone”  
Ditta Eredi Bagioni Alfiero - Viale Bologna, 100 - 47100 Forlì.  
Referente Scientifico: ING - C.R.A.
- **Sub progetto n.4** - “Irroratrice a tunnel con distribuzione assistita”  
Ditta Caffini S.p.A. - Via G. Marconi, 2 - 37050 Palù (VR).  
Referente Scientifico: ING - C.R.A. e TESAF dell’Università degli Studi di Padova
- **Sub progetto n.5** - “Sistema meccatronico per la gestione pluviometrica degli irrigato-ri a naspo”  
Ditta Comer Industries S.p.A. - Via Magellano, 27 - 42046 Loc. Villanova - Reggiolo (RE).  
Referente Scientifico: ING - C.R.A.
- **Sub progetto n.6** - “Macchina combinata: 1) interassassi, 2) rullo che modifica il profi-lo superficiale del terreno, 3) irroratrice”  
Ditta Forigo Roteritalia S.r.l. - Via San Giuseppe - 37056 Salizzole (VR).  
Referente Scientifico: ING - C.R.A. e TESAF dell’Università degli Studi di Padova
- **Sub progetto n.7** - “Ercicatore livellatore perimetrico”  
Ditta Frandent di Bruno Ezio - Via Garzigliana, 37 - 10060 Osasco (TO).  
Referente Scientifico: ING - C.R.A.
- **Sub progetto n.8** - “Doppio ripuntatore a piede vibrante”  
Ditta O.N.G. - Via Aldo Valdrè, 194 - 48014 Castel Bolognese (RA)  
Referente Scientifico: ING - C.R.A.
- **Sub progetto n.9** - “Realizzazione di un dispositivo per l’ottimizzazione del flusso d’aria prodotto dai ventilatori assiali utilizzati sulle irroratrici per le colture arboree”  
Ditta Nobili S.p.A. Costruzioni Meccaniche per l’Agricoltura Via Circonvallazione Sud, 46 - 40062 Molinella (BO)  
Referente Scientifico: DEIAFA dell’Università degli Studi di Torino

Nei paragrafi successivi, sulla base delle relazioni progettuali dei referenti scientifici coinvolti nel programma, viene presentata, per ciascun “sub-progetto”, una descrizione sinteti-ca delle macchine innovative realizzate, della sperimentazione svolta, dei principali risultati ot-tenuti, dei vantaggi derivanti dall’impiego dell’innovazione.

L’ultimo capitolo contiene conclusioni relativamente al programma “macchine innovati-ve” nel suo complesso.

### **2.1.1 - Macchina irroratrice ad aeroconvezione per vigneto**

Ditta: Agricolmeccanica S.r.l. – Stradone Zuino Nord, 4050 – 33050 Torviscosa (UD)  
Referenti Scientifici: Dr. Marcello Biocca dell’ING – C.R.A., Prof. Gianfranco Pergher e dott.ssa Raffaella Petris del DISA dell’Università degli Studi di Udine

#### *Caratteristiche della macchina*

L’irroratrice a tunnel per vigneto “Recovery Drift” a “separatore di gocce” è stata proget-tata allo scopo di consentire:

- 1) la massima riduzione delle perdite di prodotto per deriva aerea e a terra;
- 2) un forte risparmio economico grazie alla capacità di recupero del prodotto non intercet-tato dalla pianta (almeno il 40% su base stagionale);
- 3) elevata velocità di lavoro (6-7 km/h);

- 4) elevata maneggevolezza in fase di trasferimento e nelle manovre di fine campo;
- 5) capacità di lavoro e tempestività di intervento pari o superiori a quelle di una buona irroratrice convenzionale con lo stesso numero di file;
- 6) ridotto fabbisogno di potenza e minore consumo di gasolio.

La macchina è un'irroratrice ad aeroconvezione bifilare, caratterizzata da una coppia di tunnel di irrorazione, ciascuno dotato di:

- due serie contrapposte di 6 diffusori d'aria, alimentate ciascuna da un ventilatore a flusso assiale ad aspirazione esterna, con portata d'aria regolabile;
- due barre con 6 portaugelli ciascuna, posizionati "fuori corrente d'aria" rispetto ai diffusori; l'insieme diffusori - ugelli è inclinabile a seconda delle esigenze sia in verticale, sia rispetto alla direzione dei filari;
- due pareti lamellari a separazione di gocce, poste di fronte agli elementi irroranti;
- due vaschette inferiori di recupero, collegate al circuito di ricircolo della miscela recuperata in serbatoio.

La macchina è inoltre dotata di filtri maggiorati a grande portata e di un sistema computerizzato che gestisce l'irrorazione, il recupero e il posizionamento degli schermi al centro filare.

### *Verifiche preliminari*

Le prime prove di verifica in condizioni statiche hanno confermato la validità delle scelte tecniche, che hanno portato alla realizzazione del prototipo.

In particolare si è evidenziato che la percentuale di recupero teorica può raggiungere il 94-95% del totale erogato, se la distanza fra gli schermi è la minima (50 cm), e i diffusori sono orientati correttamente sulla parete lamellare. Con apertura degli schermi massima (1,0 m), il recupero diminuisce, ma si mantiene ancora elevato (86% circa).

La corrente d'aria prodotta dai ventilatori favorisce questo elevato recupero; infatti, escludendo i ventilatori, la percentuale di recupero è scesa al 75%-62% (apertura di 50 cm e 1 m, rispettivamente). Tuttavia, variando la portata d'aria da 1,46 a 2,40 m<sup>3</sup>/s per fila, e diversamente da quanto ci si aspettava, non si è avuto alcun effetto significativo sul recupero. Questo risultato, in realtà, è assai positivo, in quanto in condizioni di campo si avrà la possibilità di scegliere la portata d'aria ottimale, per ottenere una buona uniformità di distribuzione sulla vegetazione, senza che ciò vada a scapito del recupero.

Inoltre, si è visto che la parete lamellare è molto efficace al fine di ridurre la sovrappressione all'interno del tunnel, e di filtrare in maniera ottimale la miscela aria-goccioline; infatti, impedendo il funzionamento del separatore con l'interposizione di teli di plastica all'interno o all'esterno, la percentuale di recupero è scesa a valori del 78%-62% (apertura di 50 cm e 1 m, rispettivamente).

L'orientamento dei diffusori influenza limitatamente il recupero. Essenziale è che il flusso d'aria colpisca la parete lamellare senza fuoriuscire dal tunnel. In condizioni statiche, l'orientamento ottimale è risultato quello con diffusori ruotati simmetricamente (diffusori anteriori verso l'indietro, posteriori in avanti) di 15°-30° rispetto alla posizione normale (a 90° con la parete lamellare). In condizioni dinamiche, l'orientamento ottimale risulta in generale diverso. Infatti, la spinta dell'aria che entra dalla parte anteriore del tunnel tende a spostare i flussi d'aria all'indietro, in misura tanto maggiore quanto maggiore è la velocità di avanzamento adottata. È perciò necessario compensare questa spinta, per evitare perdite dalla parte posteriore del tunnel. L'orientamento ottimale è risultato (per una velocità di avanzamento di 6,2 km/h):

- diffusori anteriori: a 90° rispetto alla parete captante lamellare;
- diffusori posteriori: ruotati di 60° in avanti.

Questa regolazione è stata verificata solo visivamente (cercando una soluzione che riducesse il più possibile la perdita per deriva, visibile dall'apertura posteriore del tunnel), non in termini di recupero. Ciò in quanto l'elevato numero di misure a ciò necessarie avrebbe richie-

sto la disponibilità del sistema di monitoraggio automatico del recupero stesso, il quale sistema è stato messo a disposizione solo a fine stagione, e non è risultato comunque sufficientemente affidabile.

### *Capacità di recupero*

Durante l'intera stagione di trattamenti è stato verificato comunque il recupero medio, in base alle quantità di miscela effettivamente consumate su una superficie di 2,7 ha di vigneto. I dati sono riassunti nella seguente tabella:

### *Percentuale di recupero durante la stagione vegetativa.*

Data	LAI	Distanza schermi (cm)	Recupero (%)	Numero ugelli	Volume distribuito (l/ha)	Portata (m <sup>3</sup> /s)	Tipo ugelli
3 apr 07	senza filare	60	82	6	319	2,05	ugelli marrone
3 apr 07	0,00	60	77	6	319	2,05	ugelli marrone
3 mag 07	0,33	55	40	2	219	1,74	ugelli ocra
9 mag 07	0,53	60	47	3	323	1,74	ugelli ocra
21 mag 07	0,46	60	47	3	323	1,74	ugelli ocra
31 mag 07	0,61	60	50	4	444	1,74	ugelli ocra
8 giu 07	0,96	65	40	5	555	1,74	ugelli ocra
11-lug-07	1,79	65	34	6	433	1,74	ugelli gialli

Si può osservare che la percentuale di recupero è risultata:

- del 77% circa in assenza di vegetazione (prima del germogliamento), ossia nel caso di trattamenti "in bruno";

- compreso fra il 34% e il 50% durante la stagione vegetativa, con andamento tendenzialmente decrescente all'aumentare della superficie fogliare.

Si noti che questo andamento decrescente non è sempre perfettamente regolare, in quanto altri fattori possono influire sul recupero. In particolare, è risultato importante l'adattamento del numero di ugelli aperti all'effettiva estensione della parete vegetativa. Se vengono aperti più ugelli del necessario, la percentuale di recupero tende ad aumentare: ad esempio, il 3 maggio sono stati usati 2 ugelli per lato, con un recupero del 40%; il 9 maggio, su richiesta dei tecnici della BASF, ne sono stati usati 3 per lato (ne bastavano 2), ed il recupero è aumentato (47%). Inoltre, il recupero è influenzato dalla presenza di "vuoti nella chioma": il 3 maggio, la chioma era poco sviluppata, ma relativamente uniforme e compatta; il 31 maggio (4 ugelli per lato), la chioma era più disforme, e presentava numerosi "vuoti" nella parte superiore, di conseguenza il recupero è risultato più alto (50%).

Complessivamente i risultati indicano che la percentuale di recupero media durante l'intera stagione, su vigneto a Cordone speronato basso, è stata pari al 43%, senza considerare i trattamenti prima del germogliamento.

### *Qualità di distribuzione*

La qualità di distribuzione sulla vegetazione, in confronto con una irroratrice convenzionale non schermata, è stata valutata in due prove di campo, utilizzando come irroratrice di confronto il modello Tris a 3 file della ditta Agricolmeccanica. Le prove sono state condotte su un vigneto di varietà Merlot, allevato a cordone speronato, con sesto d'impianto di 2,4 m tra le file e 0,8 m sulla fila, e cordone permanente a 80 cm da terra. Per la misura dei depositi, è stato impiegato un metodo colorimetrico ed un colorante alimentare (E102) come tracciante.

La prima prova è stata effettuata a fine fioritura (indice d'area fogliare o LAI = 0,69; indice di strati fogliari o LLI = 1,31). In funzione dell'altezza ancora limitata della chioma, sono stati utilizzati 3 ugelli aperti per lato (Albus ATR ocra a 9 bar), distribuendo rispettivamente

444 l/ha (tunnel) e 435 l/ha di miscela (irroratrice convenzionale). Ambedue le macchine hanno operato alla velocità di 6,2 km/h.

La seconda prova è stata eseguita ad inizio invaiatura, con vegetazione completamente sviluppata (LAI = 1,82; LLI = 2,65). Data la maggiore estensione in altezza della chioma sono stati impiegati 6 ugelli aperti per lato per la macchina a tunnel (Albuz gialli a 7 bar; volume erogato: 423 l/ha), e 4 per lato per il Tris (Albuz ocra a 9 bar; 431 l/ha). La velocità di avanzamento era la stessa (6,2 km/h).

Ambedue le prove di confronto, effettuate il 30 maggio (fine fioritura) e il 16 luglio 2007 (inizio invaiatura), hanno dimostrato che la qualità della distribuzione sulla vegetazione, ottenibile con il tunnel, è sostanzialmente la stessa che può essere ottenuta con una irroratrice convenzionale (Mod. Tris).

La prova del 30 maggio ha evidenziato che i depositi medi, in  $\mu\text{l}$  di miscela per  $\text{cm}^2$  di superficie fogliare, erano assolutamente gli stessi sia per il tunnel sia per il Tris, anche sulla pagina inferiore delle foglie. Tuttavia il tunnel ha mostrato la tendenza a trattare meno bene la pagina inferiore delle foglie sul lato destro del filare, probabilmente a causa del fatto che l'orientamento dei diffusori, al momento della prova, non era ancora stato ottimizzato. La portata d'aria alta (2,23  $\text{m}^3/\text{s}$ ) del tunnel ha leggermente incrementato la deposizione rispetto alla portata d'aria bassa (1,74  $\text{m}^3/\text{s}$ ), e tendenzialmente migliorato l'uniformità dei depositi sulla pagina inferiore.

Prima della prova successiva, si è voluto verificare la possibilità di concentrazione della miscela recuperata. Effettivamente si è riscontrato, operando con ugelli Albuz ATR gialli, un aumento di concentrazione sulla tubazione di recupero pari al 10,5% (temperatura esterna: 28°C; umidità: 46%). Anche se l'aumento di concentrazione in serbatoio è poi, in effetti, assai inferiore (dipende soprattutto dal volume di miscela presente), non si può escludere che ciò possa creare qualche problema, soprattutto verso la fine del trattamento, con serbatoio semi-vuoto. Infatti, un aumento di concentrazione indesiderato comporta il rischio di distribuire dosi eccessive rispetto a quelle programmate. Per verificare a fondo questa possibilità, è stato predisposto un modello di simulazione, che consentirebbe di valutare il grado di concentrazione atteso a seconda di tutta una serie di parametri operativi (condizioni ambientali, volume per ettaro, tipo di ugelli, miscela residua in serbatoio ecc.). Il modello non è ancora operativo, ma ove esista un interesse al riguardo potrebbe essere utilizzato per analizzare a fondo la problematica.

Operando con ugelli antideriva (Albuz AVI verdi), l'aumento di concentrazione sulla tubazione di recupero è risultato dimezzato (5,3%). Per questo motivo, nella prova successiva si è deciso di inserire questo tipo di ugelli come tesi sperimentale.

La prova del 16 luglio ha confermato in gran parte i risultati della prima prova. In questo caso, tuttavia, il tunnel (con ugelli a turbolenza Albuz ATR gialli) ha dato un livello di deposito leggermente superiore rispetto alla macchina convenzionale, anche sulla pagina inferiore; l'uniformità di deposizione è risultata del tutto simile. Grazie ad un migliore orientamento dei diffusori, si è eliminato infatti il problema della leggera disformità fra lato sinistro e destro della macchina, riscontrato nella prima prova.

Si è provato, come detto, anche il tunnel con ugelli antideriva (Albuz AVI verdi). In questo caso, il livello di deposito è risultato leggermente inferiore, ma soprattutto è aumentata la variabilità dei depositi (distribuzione più disforme, soprattutto sulla pagina inferiore). Le differenze rispetto alla macchina convenzionale sono comunque piccole, e non precludono la possibilità di usare questo tipo di ugelli.

Complessivamente, il deposito totale sulla chioma è risultato, per il tunnel, pari al 33-34% della dose distribuita in fine fioritura, e al 58% circa ad inizio invaiatura. Tenuto conto della percentuale di miscela recuperata, le perdite apparenti (al lordo del deposito sui pali, fili, ceppi e tralci) sono risultate pari al 15-17%, e al 9,5% rispettivamente; contro il 67% e il 45%, rispettivamente nei due stadi vegetativi, per la macchina convenzionale.

Prova	Tesi	Deposito totale sulla chioma, %	Recupero, %	Perdite apparenti <sup>1</sup> , %
30.5.2007	A) tunnel (portata d'aria: 2,23 m <sup>3</sup> /s)	34,6	50,1	15,3
	B) tunnel (portata d'aria: 1,74 m <sup>3</sup> /s)	32,4	50,1	17,5
	C) Convenzionale (Tris)	33,0	-	67,0
16.7.2007	A) Tunnel con ugelli antideriva	58,2	32,3	9,5
	G) Tunnel con ugelli gialli	58,1	32,3	9,5
	C) Convenzionale (Tris)	54,7	-	45,3

(<sup>1</sup>) Al lordo del deposito sui pali, fili, ceppi e tralci.

Per verificare l'uniformità di copertura sulla chioma sono state impiegate inoltre cartine idrosensibili (76 x 26 mm) disposte lungo tre fasce d'altezza (H1: 0,75-1,15 m; H2: 1,15-1,55 m; H3: 1,55-2,40 m), ponendo coppie di cartine sulle pagine superiori ed inferiori di nove foglie, disposte su un fronte di vegetazione lungo circa 10-12 m, per un totale complessivo di 162 cartine. Per l'acquisizione delle immagini delle cartine in laboratorio è stato utilizzato uno scanner piano fotometrico.

I confronti tra i trattamenti sono stati effettuati attraverso un'analisi statistica multifattoriale della varianza eseguita sulla percentuale di copertura e sul numero di impatti per cm<sup>2</sup>. La sperimentazione ha evidenziato come in termini di percentuale di copertura media non esistano differenze significative fra i trattamenti esaminati. Tuttavia il trattamento della macchina a tunnel con gli ugelli gialli ha mostrato il migliore livello di copertura. L'analisi statistica segnala peraltro una differenza della percentuale di copertura delle pagine fogliari legata al tipo di irroratrice utilizzata (interazione trattamenti x pagina fogliare). I dati evidenziano come la macchina a tunnel permetta un livello di copertura della pagina inferiore della foglia simile a quella della pagina superiore, a differenza di quanto avviene con la macchina tradizionale. L'assenza di un effetto significativo dovuto all'altezza evidenzia come la copertura sia omogenea sulla vegetazione con tutte le tre modalità di lavoro.

Per quanto riguarda il numero di impatti, l'analisi statistica ha evidenziato effetti statisticamente significativi dovuti ai trattamenti e alla pagina fogliare. La differenza significativa fra i trattamenti evidenzia alcune differenze legate al tipo di ugelli utilizzati. Gli ugelli antideriva, caratterizzati da una polverizzazione grossolana, hanno fatto rilevare un minor numero di impatti per cm<sup>2</sup>, con un maggior diametro medio delle impronte (tabella 4). L'effetto significativo del fattore pagina fogliare indica come la pagina inferiore presenti sempre un maggior numero di impatti per cm<sup>2</sup>, senza che però questo indichi una maggiore copertura della foglia in quanto, a causa dei fenomeni di sovrapposizione che risultano su un certo numero di cartine, il numero degli impatti può risultare inferiore a quello reale.

### Conclusioni

Sulla base delle sperimentazioni svolte, si può affermare che l'irroratrice a tunnel per vigneto provata rappresenta un'attrezzatura fortemente innovativa in quanto:

- la schermatura a tunnel ed il sistema a "filtrazione d'aria" costituiscono uno dei sistemi più avanzati per il contenimento della deriva (classe di riduzione: oltre il 90% secondo le norme tedesche) ed il rispetto dell'ambiente;
- il sistema "Recovery Drift" recupera fino al 95% delle perdite di gocce non depositate a bersaglio, eliminando in gran parte anche le perdite a terra;
- questo risulta particolarmente vantaggioso per trattamenti in prossimità di aree sensibili (corsi d'acqua superficiali, strade, abitazioni, scuole, giardini pubblici, altre colture);
- su vigneto l'efficienza di deposizione (prodotto depositato sulla chioma in % del consumo effettivo) raggiunge il 70% in fine fioritura e fino all'85% in piena vegetazione, valori molto superiori rispetto alle irroratrici convenzionali (circa 33% e 55% nelle stesse fasi vegetative);

- il “computer spray control” consente di distribuire con la massima precisione l’esatta quantità di agrofarmaco necessaria alla coltura, evitando inutili sprechi di prodotto;
- ciò consente un controllo ottimale delle malattie con un consumo di agrofarmaco ridotto del 30-60%, a seconda dello stadio vegetativo;
- grazie all’ottimizzazione dei flussi d’aria e all’impiego di ventilatori a basso assorbimento di potenza, la macchina consente un minore consumo di combustibile (gasolio) rispetto alle irroratrici convenzionali, con una riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub> ed altri composti pericolosi (NOx, IPA, particolato ecc.).



*Fig. 1 – Il prototipo di irroratrice a tunnel in lavoro.*

### **2.1.2 - Sistema per l’ottimizzazione dell’agitazione della miscela fitoiatrice nei serbatoi delle macchine irroratrici**

Ditta: Arag S.r.l. – Via Palladio, 5/A – 42048 Rubiera (RE)

Referenti Scientifici: Prof. Paolo Balsari e Dr. Mario Tamagnone del DEIAFA dell’Università degli Studi di Torino

#### *Introduzione*

L’obiettivo del progetto è quello di sviluppare un sistema modulare e adattabile a ogni tipo di serbatoio in grado di agitare idraulicamente il fondo dei serbatoi delle irroratrici dove vi è maggior probabilità di sedimentazione del prodotto fitoiatrice. Esso dovrà poter essere installato in aggiunta agli agitatori idraulici in grado di movimentare l’intera massa di liquido presente nel serbatoio e dovrà essere in grado di lavorare anche a bassa pressione (2-3 bar) in modo che possa essere utilizzato anche su irroratrici dotate di pompa centrifuga.

Per raggiungere tali obiettivi è stato, innanzitutto, necessario definire i parametri geometrici e funzionali che deve avere il getto di liquido al fine di essere efficace nel rimuovere il sedimento sul fondo del serbatoio che, inevitabilmente, si genera dopo un periodo di non utilizzo della macchina. Successivamente, è stato costruito un primo prototipo di sistema in grado di riprodurre i getti desiderati all’interno dei serbatoi che è stato oggetto di una serie di valutazioni funzionali.

### *L'attività sperimentale*

Le prove, eseguite presso il DEIAFA, sono state effettuate seguendo gli standard internazionali relativi all'agitazione della miscela fitoiatrica all'interno dei serbatoio delle irroratrici (ISO 5682-3). È stata determinata la capacità di rimozione del sedimento di fitofarmaco dal serbatoio dell'irroratrice in funzione del tempo e delle condizioni operative. Si è operato con 6 vasche dotate di fondo trasparente filmando il fondo della vasca mediante una fotocamera digitale ubicata al di sotto del fondo trasparente della vasca. Al termine della prova è stato analizzato il filmato determinando il diametro dell'area pulita in funzione del tempo dall'inizio dell'erogazione del liquido.

Ogni ciclo di prova è risultato quindi composto dalle seguenti fasi:

- agitazione della miscela di acqua e ossicloruro di rame presente nella vasca mediante il getto sul fondo del serbatoio coadiuvato da un agitare idraulico a tubo di Venturi supportato manualmente;

- sedimentazione per 16 ore;
- attivazione dell'erogazione nelle condizioni di prova previste per un tempo di 10 min;
- acquisizione continua dell'immagine del fondo della vasca;
- analisi dei filmati e misura delle aree "pulite".

Operando con questa procedura la concentrazione di ossicloruro di rame presente nelle singole vasche è rimasta costante consentendone il suo riutilizzo per più volte.

Nel corso delle prove sono state esaminate le seguenti variabili:

- distanza del foro di uscita dal fondo: 6 valori (25, 50, 75, 100, 125, 150 mm);
- pressione di esercizio: 4 valori (2, 5, 10, 13 bar);
- dimensione del foro di uscita: 4 valori (1.0, 1.5, 2.0 e 2.3 mm);
- inclinazione del getto rispetto alla verticale: 3 valori (0, 30° e 45°).

Tutte le prove sono state eseguite con altezza del battente d'acqua pari a 1200 mm.

Nelle prove eseguite con il getto verticale l'ugello è stato posizionato al centro della vasca, mentre con il getto inclinato il supporto è stato spostato in posizione laterale al fine di consentire un maggior sviluppo dell'area "pulita". Al fine di individuare il più idoneo posizionamento dei fori di erogazione per garantire una totale pulizia del fondo del serbatoio di una macchina irroratrice sono state effettuate una serie di simulazioni con i valori geometrici delle aree pulite ottenuti nelle prove con le vasche cilindriche. In particolare, sono stati utilizzati i risultati medi fra le distanze dal fondo di 75, 100, 125 e 150 mm ottenuti con l'ugello dotato di un foro da 1.5 mm e impiegato alla pressione di 10 bar.

Sulla base dei risultati ottenuti con le prove all'interno della vasche cilindriche e del procedimento di simulazione realizzato, la ditta ARAG ha realizzato un primo prototipo in grado di supportare i fori di erogazione nelle condizioni risultate ottimali a seguito delle precedenti verifiche. Quest'ultimo è stato testato in un serbatoio destinato all'impiego sulle macchine irroratrici per colture arboree (Verzellesi – Linea TC 3000).

### *Risultati ottenuti*

#### *Caratteristiche del getto*

Il tempo di funzionamento ha avuto un effetto direttamente proporzionale sull'entità dell'area pulita. Esaminando i risultati ottenuti con il getto generato dal foro di 1.5 mm collocato in posizione verticale ad una distanza di 100 mm dal fondo e alimentato con una pressione di 10 bar è stata rilevata un'area pulita compresa fra 200 (dopo 60 s di funzionamento) e 480 mm (dopo 600 s di funzionamento). Gli andamenti descritti sono comuni per tutte le prove eseguite con getto verticale, pertanto, sono riportati i valori registrati dopo 300 s di funzionamento dell'ugello. Tale valore corrisponde alla metà del tempo di prova previsto dalla ISO 5682-3.

Il diametro dell'area pulita è risultato variabile in funzione della distanza dalla quale è stato erogato il getto. Con distanze dal fondo fino a 50 mm il diametro dell'area pulita è risul-

tato compreso fra 350 e 360 mm, mentre con distanze superiori sono stati registrati diametri compresi fra 380 e 400 mm. Esprimendo i diametri in funzione del loro valore medio si evidenziano meglio le due classi di distanza: fino a 50 mm l'area pulita è più limitata, mentre con altezze superiori (75-150 mm) si ha un incremento della pulizia. Le tendenze descritte sono comuni per tutti i parametri esaminati e consentono di definire in 75 mm la distanza minima del getto dal fondo del serbatoio e, dal punto di vista pratico, date le limitate variazioni rilevate fra 75 e 150 mm il posizionamento del getto non richiede precisioni elevate. Inoltre, sulla base di queste considerazioni l'analisi dei risultati relativi ai parametri pressione e dimensione del foro del getto è stata effettuata considerando la media fra i risultati ottenuti alle distanze di 75, 100, 125 e 150 mm.

La dimensione del foro dell'ugello utilizzato per la creazione del getto di liquido ha avuto un'influenza sull'entità dell'area pulita. In particolare, il diametro dell'area pulita è risultato direttamente proporzionale al diametro del foro impiegato.

L'incremento della pressione di alimentazione dell'ugello ha fatto registrare un incremento dei parametri di valutazione del grado di pulizia ottenuto. Esaminando i risultati relativi al diametro dell'area pulita e alla velocità di pulizia si evidenziano incrementi abbastanza regolari in funzione del diametro del foro impiegato.

La combinazione delle variabili calibro del foro e pressione di esercizio influisce direttamente sul valore della portata erogata dall'ugello durante il suo funzionamento, pertanto, le prestazioni relative alla pulizia sono state esaminate anche in funzione della portata.

Il diametro dell'area pulita, la velocità di pulizia e l'efficienza della stessa sono risultati direttamente proporzionali alla portata erogata dall'ugello (Fig. 1). Incrementando la portata si ottiene un generale incremento della pulizia del fondo, ma tale parametro non può essere utilizzato come unico descrittore del fenomeno. In particolare, esaminando i valori relativi all'efficienza di pulizia emergono andamenti diversi in funzione del diametro del foro impiegato. Con fori piccoli sono state ottenute le efficienze migliori, mentre con l'aumento della dimensione del foro si evidenzia una progressiva riduzione di tale parametro.

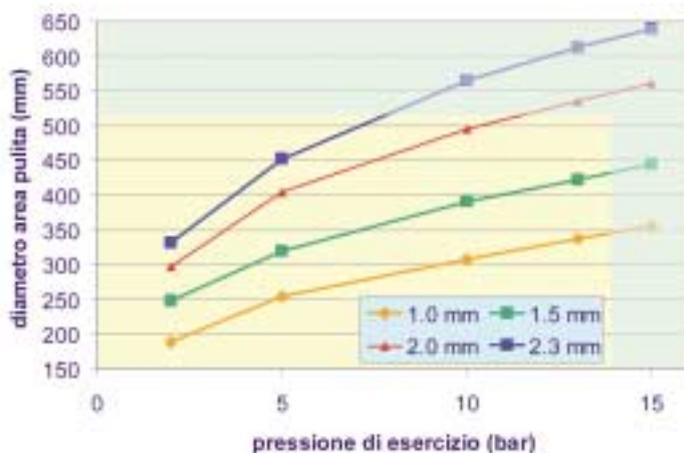


Fig. 1 – Dimensione dell'area pulita in funzione della portata erogata – 300 s, media distanze 75÷150 mm.

Le prove eseguite con il getto inclinato hanno generato aree pulite di forma ellittica. L'entità dello schiacciamento dell'ellisse è risultata proporzionale all'inclinazione del getto, indipendentemente dal valore delle altre variabili. In particolare, con il getto inclinato di 30° rispetto alla verticale il rapporto fra gli assi dell'ellisse è risultato pari a 0.82, mentre in corri-

spondenza dell'inclinazione di 45° tale valore è sceso a 0.54. Il centro dell'area pulita è risultato in corrispondenza del punto di erogazione quando si è operato con il getto in posizione verticale. Inclinando il getto tale punto si sposta nella direzione del getto stesso di una quantità proporzionale all'inclinazione.

Le prove eseguite per verificare l'effetto della combinazione di più ugelli non hanno evidenziato differenze significative rispetto ai valori ottenuti con l'uso di un singolo getto erogatore, pertanto, i risultati ottenuti con l'ugello singolo possono essere utilizzati per la definizione del numero e della posizione degli ugelli al fine di ottenere una sufficiente pulizia del fondo del serbatoio. Anche le differenti tipologie di fori calibrati non hanno avuto influenza sulle caratteristiche dell'area pulita.

### Integrazione fra le variabili

L'elaborazione dei risultati ottenuti dalle diverse prove eseguite ha permesso di definire un procedimento di calcolo in grado di prevedere i risultati delle operazioni di pulizia del fondo del serbatoio. Tale procedimento prevede come dati di input la pressione di esercizio, il diametro del foro dell'ugello e la sua inclinazione, il tempo di erogazione (Fig. 2). e fornisce come output le dimensioni e la posizione dell'area che riesce a pulire e la relativa portata di liquido richiesta (Fig. 3). In particolare, partendo dall'analisi delle variazioni rilevate per ognuna delle variabili esaminate (all'interno del campo di variazione oggetto delle prove) è stato possibile ricavare le equazioni che regolano il fenomeno e, successivamente, calcolare le dimensioni dell'area pulita. In sintesi, grazie a tale procedimento è possibile individuare rapidamente la "capacità di pulizia" di un getto di liquido e conseguentemente disporre di elementi utili per il progetto del sistema di agitazione di un serbatoio per macchine irroratrici.

pressione	6 bar	range
foro	2.0 mm	2 - 15
inclinazione	30°	1.0 - 2.5
tempo	300 s	0 - 45
		100 - 600

*Fig. 2 – Variabili che influenzano l'entità dell'area pulita e loro campo di variazione.*

diámetro max	471 mm
diámetro min	471 mm
distanza asse ugello - centro area	0 mm
portata	4.90 l/min

*Fig. 3 – Esempio di output del procedimento di calcolo.*

### Simulazione del funzionamento

Per ottenere una completa rimozione dei sedimenti sul fondo del serbatoio e, quindi, garantire l'uniformità della concentrazione della miscela erogata dagli ugelli è necessario disporre una serie di fori di erogazione del liquido in prossimità del fondo del serbatoio stesso. Questi ultimi possono essere allineati su una tubazione oppure essere concentrati in un unico punto per limitare le complicazioni impiantistiche necessarie per la loro alimentazione con il liquido in pressione.

L'impiego di getti allineati su una tubazione genera un'area pulita derivante dalla sovrapposizione delle singole aree prodotte da ogni ugello. Operando con getti verticali si ottengono aree di forma circolare le quali hanno larghezza variabile in funzione delle caratteristiche del getto e, a parità di queste, della distanza alla quale vengono posizionati i getti.

La larghezza dell'area pulita (L) è data dalla distanza fra i punti di intersezione fra 2 cerchi contigui e varia in funzione della distanza (d) fra i 2 getti (Fig. 4). In particolare, collocando il secondo foro in corrispondenza del bordo dell'area pulita dal primo, cioè ad una distanza reciproca pari al raggio dell'area pulita si ha una larghezza di pulizia pari all'87% del diametro del cerchio. Incrementando la distanza fra i getti la larghezza si riduce progressivamente.

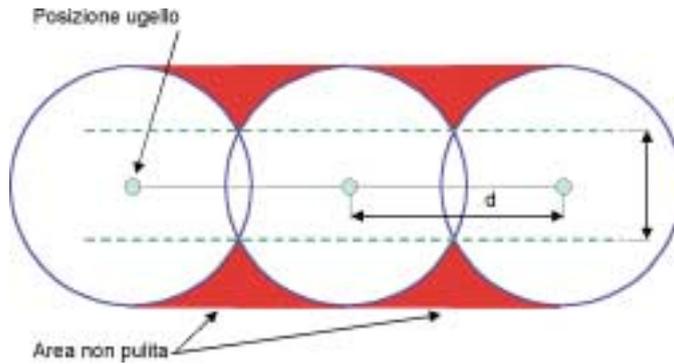


Fig. 4 – Schema del risultato ottenibile con getti allineati su una tubazione.

Concentrando i fori di erogazione in un unico punto si possono ottenere aree pulite di forma circolare di dimensioni superiori a quelle ottenibili con un singolo foro. Utilizzando 4 fori inclinati di  $30^\circ$  con la direzione del getti ruotata di  $90^\circ$  fra gli stessi è possibile ottenere un'area pulita caratterizzata da un raggio pari all'80% del diametro maggiore dell'ellisse generata da un singolo foro (Fig. 5). Disponendo i fori con un'inclinazione di  $45^\circ$  è necessario impiegarne 6 (ruotati reciprocamente di  $60^\circ$ ) al fine di ottenere un'area pulita di forma circolare. Anche in questo caso il diametro dell'area risultante è pari all'80% del diametro maggiore dell'ellisse generata da un singolo foro (Fig. 6). Tale combinazione consente di incrementare il raggio dell'area pulita del 23% rispetto a quello ottenuto con i fori inclinati di  $30^\circ$ , ma necessita di una portata di alimentazione superiore.

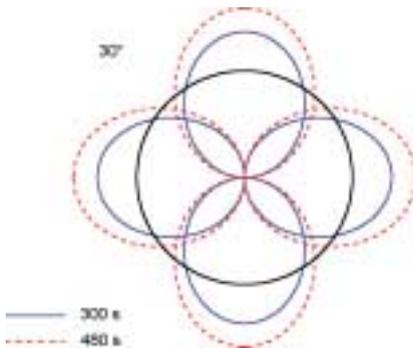


Fig. 5 – Impronta di 4 getti inclinati di  $30^\circ$  in funzione del tempo di funzionamento.

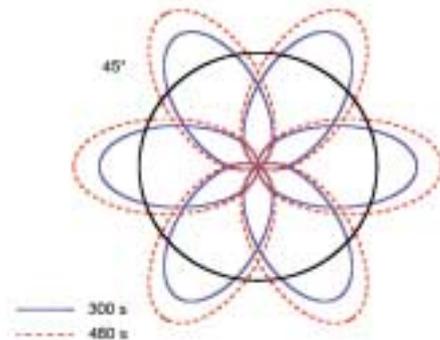


Fig. 6 – Impronta di 6 getti inclinati di  $45^\circ$  in funzione del tempo di funzionamento.

#### Sviluppo del prototipo

Grazie alla sperimentazione effettuata è stato possibile sviluppare un elemento modulare di facile connessione all'impianto idraulico dell'irroratrice che può agevolmente essere configurato per ottenere differenti forme del getto di liquido (Fig. 7). Tale elemento, realizzato in materiale plastico, è costituito da una calotta di forma emisferica con diametro equatoriale di 65 mm e dotata di 6 aperture equidistanti collocate su una circonferenza con raggio 35 mm. Le aperture possono contenere i fori calibrati di uscita del liquido realizzati in ceramica oppure

dei tappi di plastica. Su 2 estremità diametralmente opposte della calotta sono ricavate delle sedi per l'inserimento di inserti filettati (1/2" M) per il collegamento all'impianto idraulico dell'irroratrice. Sullo stesso elemento possono essere montati fino a 6 fori calibrati in 10 diverse combinazioni foro/tappo (Fig. 8).



Fig. 7 – Calotte con gli inserti filettati per il montaggio.

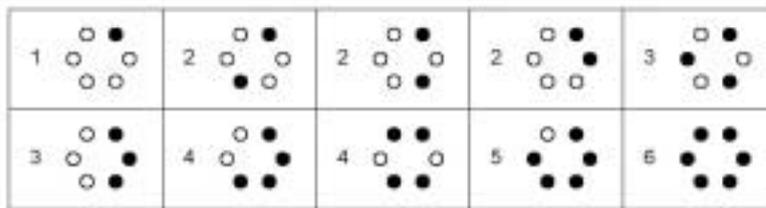


Fig. 8 – Possibilità di combinazione della posizione dei getti in funzione del loro numero.

### Conclusioni

La sperimentazione effettuata ha permesso di definire la capacità di pulizia del fondo dei serbatoi ottenibile con getti di liquido. Sono state definite le leggi di variazione del fenomeno che hanno consentito di formulare un procedimento di calcolo in grado fornire al progettista gli elementi necessari per poter dimensionare correttamente il sistema di agitazione per ogni tipo di serbatoio. In particolare, grazie alle prove effettuate (nei serbatoi simulati e in quello reale) e al sistema di simulazione realizzato è possibile calcolare quale sarà la forma e l'entità dell'area pulita dal getto o dalla combinazione di più getti in funzione delle loro condizioni operative. Il prototipo realizzato si è dimostrato in grado di garantire una buona rimozione dei sedimenti sul fondo dei serbatoi e anche di facile e modulare installazione. In sintesi, si ritiene che la soluzione costruttiva realizzata possa, con i dovuti miglioramenti costruttivi, contribuire in maniera considerevole a risolvere l'attuale problematica di una non sufficiente agitazione della miscela fitoiatrice presente nel serbatoio delle macchine irroratrici.

### 2.1.3 - Agevolatrice per la raccolta dell'uva da tavola in vigneti a tendone

Ditta: Eredi Bagioni Alfiero – Viale Bologna, 100 – 47100 Forlì  
Referente Scientifico: Dr. Giuliano Colorio dell'ING – C.R.A.

### Analisi della viticoltura per la produzione dell'uva da tavola in Italia

L'Italia è il primo produttore mondiale d'uva da tavola, tipica coltura meridionale (Puglia e Sicilia). Il sistema pugliese, regione che produce il 65% dell'uva nazionale, è stato assunto a modello per lo studio della meccanizzazione viticola del progetto.

L'uva da tavola è prodotta in vigneti a "tendone", sistema d'allevamento con tralci stesi su un piano orizzontale, sorretto da un reticolo di fili metallici. La struttura è mantenuta all'altezza di circa 2 m da esili pali che guidano i tronchi delle viti. I campi dell'estensione media di 1 ha (m 100x100), hanno sesti d'impianto variabili da 2x2 m a 3x3 m, in quadro.

Le aziende sono per lo più di due tipologie: familiare, inferiori a 10 ha, condotte dai soli proprietari; grosse unità, talora superiori a 100 ha, che necessitano di manodopera esterna riunita ed organizzata in grossi cantieri di lavoro (Fig. 1).

L'attività più onerosa della coltura è la raccolta del prodotto per il forte impiego e l'alto costo della manodopera (circa il 50%). La raccolta manuale dell'uva da tavola si attua in un unico intervento da persone che lavorano a terra.

I grappoli che pendono dal tendone ben visibili e facilmente raggiungibili, sono molto delicati e non devono essere maneggiati per evitare che la pruina degli acini sia alterata, pena il deprezzamento del prodotto. I grappoli vengono impugnati solo dal rachide, staccati dai tralci, depurati con la punta delle forbici dagli acini rovinati e preparati in campo su "tavolini" di pesata e confezionamento. Tale operazione richiede un forte impegno logistico: occorre distribuire in campo i plateau vuoti con i materiali di guarnizione; confezionare e pesare il raccolto su bilance posate su cavalletti da spostare a mano; lasciare i plateau pieni a terra; trasferirli su pallet da portare fuori campo con appositi muletti.

La produzione di uva da tavola, attualmente in crisi, per tornare competitiva richiede nuove tecniche che riducano i costi di produzione ed in particolare di raccolta. Occorre creare nuovi sistemi meccanici che permettano di incrementare la produttività dei cantieri.

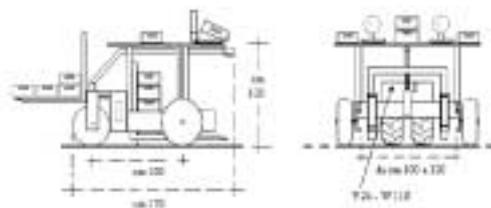
#### *Scelta delle soluzioni meccaniche per ridurre la manodopera nella raccolta dell'uva*

Per risparmiare manodopera occorre agevolare meccanicamente la raccolta ed il confezionamento dell'uva in campo. Fermi restando i tempi poco elastici di distacco dei grappoli e di formazione delle confezioni, si possono ridurre le attività accessorie evitando di spostare a mano i "tavolini" con bilance, di distribuire e recuperare i contenitori vuoti e pieni, di accatastare e trasportare fuori campo i pallet pieni di plateau.

Scartata, perché poco pratica, la prima ipotesi di macchina a trazione elettrica guidata con i pedali da un operatore che raccoglie e confeziona l'uva a mani libere, lo studio ha riguardato due interessanti soluzioni rispettivamente per aziende medio-piccole e grandi. Il CRA ING (ex ISMA), ha studiato un prototipo formato da un piano di lavoro mobile a trazione elettrica per 1 o 2 operatori che colgono l'uva, confezionano e pesano i plateau, stivati sulla macchina, e li accatastano su un pallet trasportato dal mezzo (Fig. 2).



*Fig. 1 – Raccolta e confezionamento a mano dell'uva direttamente in campo.*



*Fig. 2 – Progetto dell'agevolatrice a 2 posti: vista laterale (sx) e posteriore (dx).*



*Fig. 3 – Schema della agevolatrice per 4 operai che confezionano l'uva assistiti da 4 o 5 raccoglitori.*

Questa soluzione, ritenuta utile solo per piccole aziende, è stata rinviata considerando prioritaria lo studio di un mezzo per più operatori, che limiti la quota dei costi d'investimento e di gestione della macchina per unità operativa. Ci si è quindi dedicati allo studio e alla costruzione di un mezzo rispondente a tali esigenze (Fig 3).

### *Realizzazione del prototipo*

#### *Ideazione del prototipo per un cantiere di lavoro di sette operatori*

Il sistema prevede l'impiego di 4 operatori (uno dirimpetto all'altro), seduti a bordo del mezzo solo per confezionare l'uva. I grappoli sono raccolti da altri operai che precedono o affiancano il mezzo. L'uva viene deposta sul fronte della macchina entro contenitori fissati sopra una catenaria che percorre ad anello chiuso tutto il telaio del mezzo. Il "nastro trasportatore" a ciclo continuo, percorre nei due sensi la linea centrale del mezzo a fianco dei "confezionatori" che selezionano i grappoli e riempiono i plateau controllandone il peso. Gli operatori hanno a portata di mano i plateau vuoti e i materiali per la confezione. Le confezioni vengono trasferite nella parte posteriore del mezzo per essere accatastate sul sistema di trasporto. Lo schema della macchina ideata è riportato nella figura 3.

#### *Progettazione del prototipo*

Tecnicamente il mezzo è realizzato a forma di autoarticolato ("bilico"). Il telaio longitudinale è dotato di un ponte posteriore rigido e di un carrello anteriore a tre ruote. Il ponte posteriore ha due ruote motrici, a trazione elettrica, e sterzanti per agevolare la manovra nelle curve più strette a bordo campo. Il carrello anteriore ha due



*Fig. 4 – Telaio a 4 postazioni, carrello anteriore sterzante a 3 ruote e ponte posteriore sterzante, munito di fork lift.*

ruote motrici, a trazione elettrica, fisse ed una frontale sterzante guidata da un timone azionata a mano. Sul manubrio sono posti anche i comandi per la guida del mezzo. La macchina ha una piattaforma basale sulla quale salgono gli addetti al confezionamento seduti su quattro postazioni, due a due contrapposte, per ridurre il passo del carro, posizionate sopra le ruote motrici. Una piattaforma anteriore è adibita al trasporto dei plateau vuoti ed un muletto portapallet posteriore all'accumulo di quelli confezionati. Sopra il nastro trasportatore è collocato uno scivolo per trasferire le confezioni al pallet posteriore.

#### *Costruzione del prototipo di agevolatrice della raccolta dell'uva da tavola*

La Ditta Bagioni, sulla base del progetto brevemente descritto è passata alla costruzione del mezzo il cui telaio portante motorizzato è raffigurato nella figura 4. I sedili sono fissati alle quattro estremità del telaio portante, realizzato con due travi a forma di culla per sfruttare in modo ottimale lo spazio a disposizione dei sistemi operativi. Le ruote di trazione e di sterzo sono poste alle estremità del telaio per ottimizzare la stabilità del prototipo. Le ruote motrici posteriori sono sterzanti per aumentare la capacità di voltata all'uscita dei filari, ma durante la marcia vengono mantenute fisse, in linea con i filari. Nella parte posteriore sono poste le forche del muletto dei pallet, sui quali vengono accatastati i plateau.

La Ditta Bagioni ha completato la macchina montando sul telaio i supporti per applicare i sistemi meccanici, gli impianti elettrici, i componenti oleodinamici, i comandi elettronici, i piani di lavoro, le piattaforme per lo stivaggio dei materiali per il confezionamento e del raccolto. La macchina, così completata, è riportata nella figura 5.



*Fig. 5 – Prototipo di macchina agevolatrice per la raccolta e per il confezionamento dell'uva da tavola: vista laterale.*



*Fig. 6 – Vista frontale del mezzo: sistema di sterzata anteriore.*

I sedili lasciano un largo spazio longitudinale e trasversale entro il quale sono montati sia la catenaria porta-tazze che i piani di confezionamento. La figura 6 evidenzia il carrello (tricyclo) per la trazione anteriore e per lo sterzo principale. La macchina viene guidata manualmente dal timone sul quale sono posti tutti i comandi del mezzo. Sul triciclo sono alloggiati anche i 4 accumulatori elettrici da 6 V 240 A/h; che servono anche da zavorra. Nelle immagini si notano i quattro motori elettrici, ciascuno della potenza di 300 W, installati su ogni ruota motrice. Sotto i sedili anteriori è collocato il quadro elettrico per il comando di tutte le funzioni della macchina (avanzamento, sterzo posteriore e catenaria).

I motori di trazione, che assorbono ciascuno 8 A pari a 32 A teorici, per lo spunto in fase di avvio richiede 80 A, per cui i comandi sono tarati per un assorbimento massimo di circa 320 A. Nella centralina è stato installato anche il software di sicurezza per bloccare automaticamente l'avanzamento quando vengono lasciati i comandi di guida.

Il ponte posteriore ha ruote sterzanti tramite un martinetto elettromeccanico e il muletto sollevatore e trasportare dei pallet azionato idraulicamente con pompa manuale a stantuffo.

Lungo la linea mediana della macchina è montato il sistema di traslazione dei grappoli d'uva raccolti a mano per alimentare in continuo le piazzole dei confezionatori. La catenaria, in materiale plastico, montata su apposite guide parallele, è tesa tra la corona dentata posteriore motorizzata e i pignoni anteriori folli. La catena nella parte anteriore del percorso attraversa tutto il fronte della macchina. Sulle maglie della catena sono fissati una serie di piccoli catini che trasportano l'uva. Nella parte anteriore i catini vengono caricati di grappoli, che sono trasportati lungo la fascia centrale della macchina nelle due direzioni di andata e ritorno passando a fianco dei 4 operai che li prendono per confezionare il prodotto. I quattro operatori seduti sulla macchina confezionano i plateau prelevando l'uva dal nastro centrale, pulendo e sezionando i grappoli che depongono nei contenitori. Le confezioni sono protette, incartate, celofanate, infiocchettate, ecc.. Le confezioni, durante il riempimento devono essere pesate con bilance elettroniche collocate su appositi piani di lavoro fissati davanti agli operatori.



*Fig. 7 – Agevolatrice durante l'ingresso nel "tendone" per iniziare le prove.*



*Fig. 8 – Vista frontale dell'agevolatrice: 2 colgono e depongono l'uva nei cestelli.*

I plateau vuoti ed i materiali di imballaggio sono conservate sulla piattaforma basale, sotto i sedili ed il nastro. Un ampio piano di carico dei contenitori vuoti, molto importante per aumentare l'autonomia di lavoro, è stato ricavato nella parte anteriore della macchina.

Sopra il nastro di alimentazione dell'uva, nel tratto lineare al centro della macchina, è stato creato uno scivolo dove gli addetti pongono i plateau confezionati che vengono spinti a mano verso la parte posteriore della macchina. Le confezioni sono accumulate sul pallet sorretto dalle forche del muletto elevatore fissato al ponte posteriore. I plateau sono accumulati sul fork lift dalla macchina fino a quando il carico è completato quindi sono trasportati a bordo campo dove vengono scaricati dal sistema idraulico azionato a mano. Le immagini delle figure 7, 8 e 9 illustrano questi meccanismi durante la fase operativa.

### *Prove sperimentali di campo*

La sperimentazione della macchina agevolatrice per la raccolta dall'uva da tavola si è svolta in agosto a Turi (BA), nell'azienda sperimentale del CRA UTV, grazie al contributo dei ricercatori di tale Unità. Prima di iniziare la raccolta Bagioni e CRA ING hanno istruito sul funzionamento del sistema sette operatori addetti alla raccolta e confezionamento dell'uva. Gli operatori prescelti per la sperimentazione hanno eseguito alcune prove necessarie per prenderne confidenza con il mezzo. Il conduttore della macchina, guidata a mano da terra mediante timone di sterzo dotato di apposita pulsantiera, ha eseguito una serie di manovre nel senso di marcia ed in retromarcia per imparare ad entrare ed uscire dal tendone. La guida si è dimostrata semplice ed efficace grazie allo stretto raggio di sterzata dell'asse posteriore e alla duttilità del "triciclo" anteriore in grado di ruotare di 90°. Gli addetti al confezionamento dopo aver regolato la propria postazione (sedili, bilance e tavolini), hanno fatto alcune prove preliminari per esercitarsi al nuovo metodo di lavoro. Le prove di raccolta agevolata sono iniziate dopo aver caricato sulla macchina i vuoti ed il materiale per il loro confezionamento (Fig 7). La figura 8 mostra il lavoro di due raccoglitori da altrettanti filari che pongono i grappoli nelle vascchette dalla catenaria.

Le figure seguenti mostrano meglio di ogni commento l'uso dell'agevolatrice. Uno dei due raccoglitori è addetto anche alla guida del mezzo che viene spostato ad intermittenza (Fig 9A). Nella figura 9A e B si vedono i quattro operatori al confezionamento dei plateau dell'uva che sono seduti in coppia, uno di fronte all'altro, sui due lati della macchina. Al centro della macchina, fra gli operatori scorre (nei due sensi di marcia) il nastro trasportatore a tazze dalle quali viene prelevato il raccolto. Gli operai prelevano comodamente i grappoli, li ripuliscono da acini guasti o piccoli e li depositano nei plateau separati da fogli di spugna per evitare che si danneggi. Quando i contenitori pieni hanno raggiunto il peso netto di 7 kg sono posti sullo scivolo centrale superiore e spinti verso il fork lift posteriore dove il settimo operatore è addetto all'ora accatastamento (Fig 9C). La figura mostra il fork lift posteriore completamente carico di plateau di uva. Il pallet è rimasto sulla macchina fino al raggiungimento della capienza massima di plateau accatastabili. In questo caso sono stati caricati 56 confezioni per una massa complessiva di quasi mezza tonnellata. La macchina a questo punto è stata portata a bordo



*Fig. 9 – Agevolatrice in funzione nel tendone: A vista generale del mezzo, avanzamento, raccolta pesata e confezionamento; B cura e posa dell'uva nei plateau; C stivaggio dei plateau sul muletto.*

campo dove l'operatore ha scaricato il fork lift tramite il sistema idraulico, azionato manualmente dalla leva, che alza o abbassa le forche. Quando la punta delle forche ha raggiunto il piano di campagna la macchina si è allontanata deponendo dolcemente il pallet a terra.

### *Risultati*

Le prove sperimentali eseguite nell'azienda di Turi del CRA UTV (già Istituto sperimentale per la viticoltura, Unità Operativa Periferica per lo studio dell'uva da tavola), hanno dato risultati molto interessanti. I dati rilevati nelle prove del prototipo si sono confrontati con quelli di sperimentazione sulla raccolta tradizionale, eseguiti dai colleghi pugliesi, in varie aziende private di dimensioni medie e grandi.

Il cantiere di lavori per il sistema di raccolta agevolata meccanicamente è risultato composto da 7 persone: 2 operatori per tagliare l'uva dai tralci delle viti e deporre i grappoli sul sistema di traslazione della macchina; 4 addetti al confezionamento dei plateau seduti sulle postazioni della macchina; 1 persona per accatastare i plateau confezionati su pallet e per aiutare gli altri operatori in operazioni diverse.

La prova si è svolta in due differenti tendoni di due varietà di uva da tavola: cv Regina (bianca) e il clone denominato Royal (nera). I tempi di raccolta e confezionamento sono stati rilevati per il periodo necessario a completare un carico di plateau su un pallet che il fork lift, è stato in grado di trasportare. I plateau accatastati sul pallet, sono stati 64 (8 di base x 8 strati). Il peso medio di ogni contenitore è di 7 kg d'uva più 1 kg di tara.

La raccolta dell'uva Regina ha richiesto tempi medi di riempimento del pallet di 37 minuti. Il percorso effettuato dalla macchina per completare il carico è stato di 55 metri. La raccolta è stata effettuata su due filari distanziate di m 2,5 x 2,5, pari ad una parcella di 275 m<sup>2</sup>. La produttività oraria del cantiere è risultata di 104 plateau, pari a 728 kg/h. La produttività oraria di ogni operatore è risultata di 15 plateau pari a 104 kg/h.

La raccolta della cv Royal, molto meno produttiva della cv Regina, ha richiesto un tempo medio di 35 minuti per ogni unità di carico (64 plateau). Il percorso effettuato dalla macchina per completare il carico è stato di 83 metri di filari allevati con le stesse caratteristiche precedenti, per un totale di 415 m<sup>2</sup>. In questo caso la produttività oraria del cantiere è stata di 110 plateau, pari a 770 kg/h. La produttività oraria di ogni operatore è risultata rispettivamente di 15 plateau e 110 kg/h pro capite. La maggiore produttività degli operatori è probabilmente legata alle maggiori dimensioni dei grappoli dell'uva nera.

Si sono calcolati i tempi unitari di confezionamento da parte di ciascun operatore e i tempi medi riferiti all'intero cantiere. Il tempo reale per confezionare un plateau è risultato di 2' e 16" ciascuno, pari 3' e 57" pro capite per l'intero cantiere.

La raccolta manuale è stata rilevata in cantieri di innumerevoli unità riconducibili ad una coppia di operatori che tagliano e confezionano l'uva (Fig 1). A questi vanno aggiunti un operatore ogni coppia per fare i lavori accessori quali spostamento vuoti e imballi, spostamento e accatastamento dei plateau confezionati. Secondo i rilievi effettuati dai colleghi in aziende private (molto più esperti), ogni confezionatore impiega poco più di 2 minuti per plateau, che corrisponde ad una produttività unitaria di 4' per plateau, praticamente uguale a quanto rilevato nella raccolta meccanizzata. A questi tempi occorre aggiungere quelli per distribuire e recuperare in campo i vuoti e i pieni, che comporta un aumento di manodopera corrispondente al 25% circa. I tempi accessori per il trasporto di materiali e del raccolto imballato fuori campo sono praticamente identici.

Le prove hanno fornito indicazioni molto interessanti e promettenti. Il test ha messo in luce i pregi potenziali del sistema che consistono in una generale riduzione dei tempi operativi, traducibile in un consistente risparmio di manodopera (oltre il 25%). Il risparmio di tempo deriva dal mancato spostamento di quattro "tavolini" per il confezionamento tradizionalmente, nella mancata distribuzione in campo dei contenitori vuoti e del recupero di quelli pieni per accumularli sui pallet e nel trasporto dei pallet fino al bordo campo.

La sperimentazione ha fatto rilevare l'ulteriore pregio di fornire una confortevole condizione di lavoro agli addetti al confezionamento. La macchina a trazione elettrica è ecologica in quanto non inquina l'aria con emissioni tossiche, soprattutto nei tendoni, ambienti praticamente chiusi. Inoltre il mezzo non disturba l'operatore con noiosi rumori e vibrazioni. La trazione elettrica è inoltre molto più economica di qualunque altra macchina con motore a scoppio. La trazione elettrica richiede minori costi di gestione e manutenzione.

L'agevolatrice oggetto delle prove sperimentali-dimostrative della raccolta dell'uva da tavola ha suscitato un notevole interesse anche da parte di alcuni operatori del settore. Si ritiene quindi che in un prossimo futuro potrà essere apprezzata anche commercialmente.

### *Conclusioni*

Il sistema realizzato si propone come valida alternativa alla tradizionale raccolta nei tendoni pugliesi. L'analisi dei tradizionali sistemi di raccolta e preparazione commerciale dell'uva da tavola, ha messo in luce il grosso handicap di richiedere un'ingente quantità di manodopera, con costi elevatissimi (oltre il 50% delle spese colturali). La scelta della macchina agevolatrice per risparmiare manodopera dipende dagli interventi nei quali è possibile ridurre i tempi operativi accessori alla raccolta dell'uva e al confezionamento dei plateau, vista la scarsa elasticità nel variare la velocità di tali operazioni. La ricerca ha messo in luce che la riduzione dei tempi operativi si può realizzare nello spostamento dei "tavolini" di confezionamento, nella distribuzione in campo dei contenitori vuoti, nel recupero di quelli pieni per formare i pallet e nel trasporto fuori campo delle confezioni.

Inoltre si è rilevato il pregio della confortevole condizione di lavoro degli addetti al confezionamento del raccolto seduti comodamente sul mezzo che non emette né rumori né vibrazioni. La macchina ha inoltre i pregi di tutti i mezzi a trazione elettrica che consistono principalmente nell'assenza di inquinamento dell'aria (assenza di emissioni tossiche particolarmente importanti per l'ambiente chiuso del tendone) e di inquinamento acustico. L'agevolatrice elettrica presenta ulteriori grossi vantaggi economici grazie ai modesti costi d'investimento, notevole risparmio energetico, e scarsa necessità di manutenzione.

#### **2.1.4 - Irroratrice a tunnel con distribuzione assistita**

Ditta: Caffini S.p.A. – Via G. Marconi, 2 – 37050 Palù (VR)

Referente Scientifico: Dr. Giuliano Colorio dell'ING – C.R.A., Prof. Cesare De Zanche e Dott. Cristiano Baldoin del TESAF dell'Università degli Studi di Padova

### *Premessa*

La ditta Caffini di Palù (VR), nel corso degli ultimi anni, sulla base di idee innovative ha realizzato un prototipo di irroratrice per frutteti e vigneti in grado di intercettare e recuperare il liquido erogato in eccesso. Soluzioni analoghe, note come irroratrici a tunnel o recycling, sono già state realizzate da alcuni artigiani per lo più all'estero (Germania), dove le forme d'allevamento di frutteti e vigneti sono più uniformi di quelle italiane. Questi macchinari in genere sono realizzati in serie limitata, con costi elevati e scarsa tecnologia, per cui i risultati sono qualitativamente migliorabili.

L'innovazione del progetto consiste nel rivoluzionare le irroratrici convenzionali per le colture arboree, che attualmente hanno praticamente raggiunto il massimo dell'evoluzione. Per conseguire i livelli d'innovazione raggiunti è stato indispensabile individuare nuove geometrie costruttive tali da permettere alla macchina di intercettare e recuperare il liquido erogato in eccesso, che altrimenti verrebbe disperso nell'ambiente. Questa è sicuramente la strategia vincente per il miglioramento della distribuzione e per la riduzione dell'inquinamento, anche in vista di probabili restrizioni comunitarie all'impiego di fitofarmaci. È noto il problema del-

l'impiego nelle colture biologiche di limitate quantità di principi attivi che costituisce un grosso limite per i coltivatori (ad esempio il limite di 6 kg/ha di rame metallico è spesso insufficiente per proteggere le colture).

#### *Stato dell'arte: progettazione prove preliminari e realizzazione dei prototipi*

La ditta Caffini in collaborazione con il Dip. DESAF e il CRA ING, ha ideato, studiato ed eseguito la progettazione di massima di una macchina irroratrice a tunnel, a recupero degli antiparassitari altrimenti persi per deriva.

#### *Realizzazione del primo prototipo*

La Ditta Caffini, sulla base di tali idee ha realizzato un prototipo di irroratrice a recupero, partendo da un'irroratrice scavallatrice a due file realizzata dalla ditta stessa, utilizzando i bracci estensibili per montare le necessarie strutture per il recupero (pannelli).

La scelta è caduta su una scavallatrice Eurotech modello Rafal nella versione a due file (4 pareti). La macchina è un'irroratrice trainata a polverizzazione mista ottenuta con ugelli idraulici installati in diffusori d'aria verticali per investire dai lati il filare. Il flusso d'aria è prodotto da un ventilatore centrifugo con uscite collegate ai condotti portaugelli tramite tubazioni flessibili. La macchina scavallatrice ha il sistema di distribuzione montato su bracci pieghevoli idraulicamente per il trasporto su strada (fig. 1A). Dopo varie prove preliminari è stata dotata di due pannelli contrapposti di 120 x 200 cm di tela impermeabile per formare un tunnel. Nella parte bassa dei pannelli è stato ricavato un catino per la raccolta del liquido intercettato. Gli ugelli funzionanti autonomamente, sono posti entro i diffusori d'aria discendenti a lato delle pareti. Per favorire il recupero delle gocce sono stati inviati, all'interno del tunnel, flussi d'aria laminari orientati verso il filare emessi da due condotti, uno posteriore verticale e uno inferiore orizzontale. Le lame d'aria fungono da barriera per le gocce (fig. 1B).

Il primo prototipo è stato provato sul bianco (con sola acqua), per una prima valutazione della sua efficacia nel contenimento delle perdite. La dispersione è stata valutata con cartine idrosensibili. I risultati hanno evidenziato una buona efficacia del dispositivo di recupero, in particolare con l'utilizzo di ugelli antideriva, che appaiono al momento la scelta migliore per qualità della distribuzione e limitazione delle dispersioni.

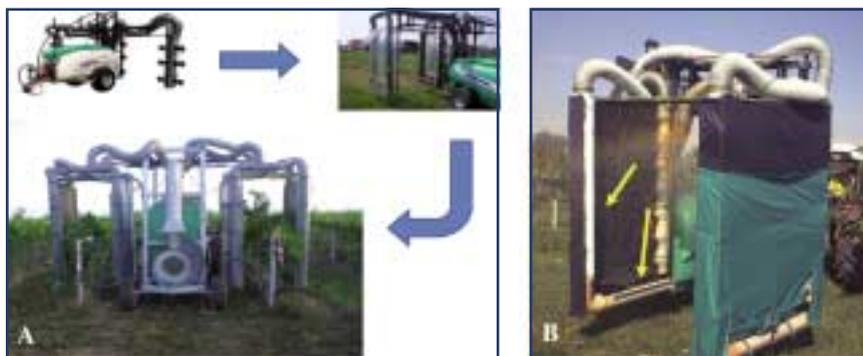


Fig. 1 – Evoluzione del prototipo dall'irroratrice Eurotech Rafal alla macchina completa.

#### *Modifiche, prove e messa a punto del primo prototipo*

I promettenti risultati delle prove preliminari hanno convinto Caffini a migliorare la funzionalità e l'affidabilità del prototipo. La tela dei pannelli è stata sostituita con un leggero scudo di vetroresina. Un terzo pannello orizzontale è stato posto nella parte superiore per intercettare

tare le fughe di gocce verso l'alto (fig. 3). L'impianto idraulico e pneumatico è stato ridisegnato per migliorare la distribuzione del liquido da distribuire.

Caffini, in accordo con il Dipartimento TeSAF e con il CRA-ING, ha modificato il circuito idraulico per consentire di facilitare la sperimentazione mediante l'impiego di due serbatoi. Per le prove di campo la macchina è stata allestita con due serbatoi separati per la misura del liquido intercettato (fig. 4).

Il prototipo avanzato è stato sperimentato per valutare l'efficacia del recupero dei fitofarmaci nei frutteti nelle fasi di sviluppo della vegetazione. Le prove si sono protratte per l'intera stagione per la messa a punto del mezzo e la sua affidabilità. Gli ottimi risultati hanno promosso lo studio, la progettazione e la costruzione di una macchina commerciale.



*Fig. 3 – Prototipo modificato nelle prove con i pannelli in vetroresina.*



*Fig. 4 – Il serbatoio principale giallo e verde per il recupero.*

#### *Realizzazione del secondo prototipo (macchina pre-serie)*

Le esperienze acquisite nel realizzare il primo prototipo, e la messa a punto del sistema, hanno permesso di studiare, progettare e costruire una seconda macchina, a livello pre-industriale (Fig. 5).

La macchina è stata ridisegnata al computer con i più moderni programmi di progettazione meccanica (Autocad 3D). I disegni dettagliati del sistema hanno permesso di realizzare ed assemblare ogni singolo elemento della macchina. La realizzazione degli scudi in materiale plastico prestampato ha costituito il passo più importante dell'intero programma di lavoro durato due anni. Gli scudi sono stati realizzati con vari elementi sovrapposti: fasce esterne dell'altezza di 60 cm sovrapponibili in numero massimo di tre (3 diverse altezze di lavoro); terminali superiori di collegamento meccanico e pneumatico; catini inferiori di raccolta del liquido recuperato, esternamente simili agli elementi superiori. Alle pareti interne degli scudi sono stati applicati pannelli a lamella captatrici delle gocce alla deriva, da recuperare durante i trattamenti.



*Fig. 5 – Macchina in versione definitiva.*

Il carrello trainato, a due ruote folli, è stato realizzato con un telaio metallico a forma di quadrilatero, munito degli alloggiamenti per tutti gli organi necessari per il funzionamento del-

la macchina. La colonna portante del sistema distributivo è stata posta nella parte posteriore del carro fra le due coppie di scudi, dietro al serbatoio dei prodotti antiparassitari. Alla sommità della colonna, estensibile, sono state agganciate le travi ortogonali al filare, scorrevoli con due “sfili” a cannocchiale, sulle quali sono fissate le due coppie di scudi.

Il serbatoio polifunzionale (liquido antiparassitario, vasca di miscelazione e serbatoio di lavaggio), è posto anteriormente ai sistemi di pompaggio e ventilazione ed è collegato al serbatoio del liquido da riciclare recuperato dagli scudi.

La pompa idraulica ad alta pressione azionata dal cardano del trattore, è situata entro un tunnel ricavato nel serbatoio del liquido antiparassitario. Dietro la pompa, dalla quale è trasmesso il moto rotatorio è posizionato un turboventilatore unico per i 4 scudi. Dal turboventilatore esce il condotto rigido che sale fino alla sommità della macchina dove si dirama in 4 tubazioni elastiche che realizzano il doppio collegamento a ciascuna coppia di scudi. Ciascuna coppia di scudi è collegata da tubazioni estensibili a soffietto per permettere lo scostamento laterale all’apertura dei tunnel.

I getti d’aria del ventilatore vengono emessi ad alta velocità da una coppia di feritoie poste sui lati anteriore e posteriore di ciascuno scudo per creare le lame d’aria che orientano il percorso delle goccioline da recuperare evitando il loro allontanamento per deriva.

Le barre irroratrici, poste in verticale al margine interno anteriore degli scudi, sono dotate di ugelli intercambiabili montati su valvola d’esclusione per poter scegliere la fascia da trattare e sono disposti alla distanza media di 30 cm.

“L’idroiniettore” per l’aspirazione del liquido di recupero è collegato mediante tubazione in gomma a ciascun catino di accumulo e decantazione del liquido da riciclare.

Le prime prove di banco e di campo hanno dato l’impressione che la macchina abbia migliorato sensibilmente le prestazioni precedentemente rilevate.

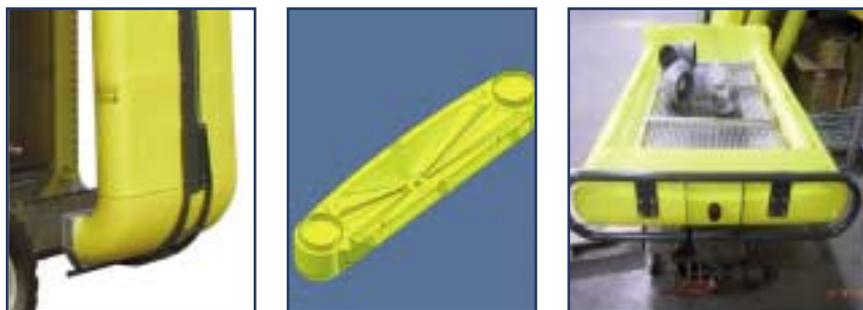
#### *Ultime modifiche apportate alla macchina commerciale dalla Ditta Caffini*

La macchina precedentemente descritta, in alcune condizioni di campo (quando la spalliera del vigneto è molto bassa o comunque la vegetazione è molto vicina al suolo), stenta a bagnare correttamente la parte basale delle piante. Questo motivo ha indotto la Ditta Caffini a modificare il catino inferiore della macchina perché d’altezza eccessiva (Figg. 6A).

Come si può chiaramente notare dalla figura 6B il nuovo catino ha uno spessore minore al precedente per cui la macchina può fare i trattamenti fino al livello del suolo (Fig. 10).

Il nuovo elemento di recupero del liquido irrorato in eccesso, realizzato in materiale plastico stampato, ha un’altezza inferiore di circa 20 cm; questa modifica permette alla macchina di abbassare il tunnel fino a sfiorare la superficie del terreno, bagnando in ogni condizione tutta la parete trattata anche nel caso di pareti fruttifere molto basse.

Le prove di campo sommariamente effettuate sulla macchina dopo le citate modifiche, che nel caso in oggetto riguardano esclusivamente la forma, hanno dato risultati del tutto ana-



*Fig. 6 – 6A vecchio catino montato nella parte inferiore degli scudi del prototipo; 6B schema costruttivo dell’ultima versione del catino; 6C nuovo catino dal basso.*

loghi a quelli rilevati con il precedente prototipo. Non è stato possibile reperire spalliere molto basse con la vegetazione a modesta altezza dal suolo sui quali verificare l'efficacia delle ultime innovazioni applicate. Comunque nelle prove di laboratorio si è riscontrato che la fascia di spalliera trattata si è potuta abbassare di circa 20 cm, esattamente come la riduzione dello spessore del nuovo catino usato.

### *Sperimentazione della macchina pre-serie*

Completata la costruzione della macchina si è proceduto ad una sperimentazione finalizzata a valutare l'effetto della progressione della stagione vegetativa sull'efficacia del sistema di recupero. La sperimentazione scientifica della macchina in condizioni operative è stata effettuata, come negli anni precedenti in alcuni vigneti del Veneto ed in particolare presso la medesima azienda del Trevigiano sede dell'attività precedente effettuata nel 2007.

La metodologia sperimentale ha previsto l'uso della macchina per tutto il ciclo annuale di interventi contro la peronospora, programmati dall'assistenza tecnica dell'azienda in collaborazione con il Servizio Fitosanitario della Regione Veneto.

Sono stati eseguiti 12 trattamenti dal 27 aprile al 9 luglio, i primi due adottando un volume di 150 l/ha, i rimanenti di 250 l/ha. I volumi sono stati scelti per trattare l'intera superficie in prova di 1,85 ha, con il serbatoio da 400 litri. La macchina in ciascuna parete trattata disponeva di tre ugelli antideriva a inclusione d'aria, misura ISO-11002, alimentati a 10 bar. Nei primi due trattamenti gli ugelli sono stati ridotti a due. La quantità di miscela recuperata nei due serbatoi posteriori è stata misurata in occasione di ciascun trattamento. In altre prove sono stati distribuiti differenti volumi di liquido antiparassitario.

I risultati definitivi dai dati rilevati fino a fine estate sono stati opportunamente analizzati ed elaborati statisticamente.

### *Risultati raggiunti in generale*

La sperimentazione che ha coinvolto sia l'aspetto meccanico del contenimento delle dispersioni di sostanza attiva nell'ambiente, sia l'efficacia fitoiatrice degli interventi di lotta anti-peronosporica in coltura biologica negli anni precedenti (periodi di prova del 2005 e 2007), ha dato questi risultati complessivi.

Le prove in campo hanno evidenziato che per la riduzione della deriva (o meglio, per il deposito secondario), il prototipo a tunnel ha ottenuto buoni risultati in tutti i test, compresi quelli con diversi volumi di irrorazione, soprattutto nel caso dell'uso di ugelli ad inclusione

d'aria. Anche le perdite laterali, soprattutto nel caso dell'aeroassistenza sono risultate molto contenute. Le perdite a terra in tutti i casi hanno dimostrato un risultato sorprendentemente valido.

L'efficacia meccanica del prototipo, nonostante non sia stato ancora perfezionato, ha evidenziato notevoli potenzialità nel contenimento delle dispersioni di prodotto nell'ambiente.

L'efficacia del sistema di recupero è molto interessante: la quantità di soluzione recuperata dai pannelli è risultata proporzionale al volume distribuito senza distinzioni

Tab. 1 – Sintesi dei trattamenti eseguiti (superficie di prova 1,85 ha)

Date dei trattamenti l/ha	Volume d'acqua in totale	Litri distribuiti	Litri recuperati soluzione	% recupero
27/04	161	299	120	40,0
08/05	150	279	60	22,0
15/05	242	450	60	13,3
25/05	242	450	60	13,3
29/05	237	441	100	22,7
02/06	237	441	90	20,5
09/06	234	435	95	21,8
13/06	239	444	95	21,3
18/06	234	435	90	20,7
23/06	242	450	80	17,8
30/06	242	450	85	18,7
09/07	245	455	75	16,3

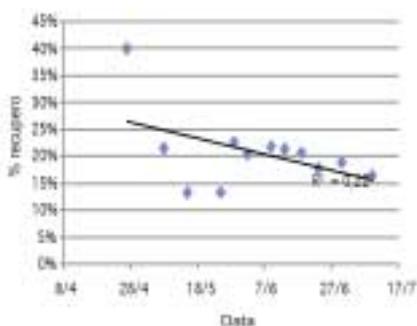


Fig. 7 – Recupero del prodotto irrorato alle spalliere di vite alle diverse date.

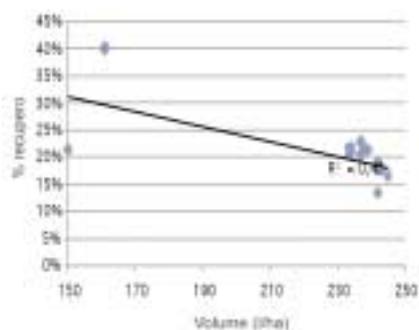


Fig. 8 – Recupero del prodotto irrorato in funzione del volume distribuito.

fra il tipo di ugelli. La quantità di liquido recuperata dai pannelli intercettatori del prototipo mediamente va dal 15% con trattamenti da 200 l/ha al 38% a con trattamenti da 380 l/ha.

Nel dettaglio, i risultati completi della prova di lunga durata sono stati sintetizzati nella tabella 1 e nei grafici delle figure 7 e 8.

Come mostrano i grafici, l'efficienza del sistema di recupero non sembra risentire in modo evidente del progredire della stagione, e ciò è verosimilmente dovuto alla forma di allevamento contenuta, grazie anche agli interventi di potatura verde e legatura dei tralci che ha favorito un notevole contenimento della vigore vegetativo.

Il grafico di fig. 6 mostra come la percentuale di liquido recuperato si attesta intorno al 20% nei trattamenti eseguiti a 250 l/ha durante l'estate mentre sale al 30% di media nei primi interventi, con sviluppo fogliare più contenuto (150 l/ha). La variabilità tuttavia è piuttosto elevata. Si evidenzia come il risultato, in apparenza non eccezionale, sia in realtà degno di nota in quanto si parte da condizioni che di per sé garantiscono una deriva limitata grazie al basso volume e al getto mirato con flussi d'aria convergenti sulla vegetazione.

A conferma di quanto detto, la quantità complessiva di rame distribuito con il prototipo è stata di 5.270 g/ha contro i 6.580 g/ha dell'atomizzatore aziendale, il che significa un risparmio di prodotto fitosanitario del 20% ma soprattutto il rispetto della normativa vigente in materia di uso di rame in viticoltura biologica (sono ammessi solo 6 kg/ha/anno).

### Conclusioni

Sulla base dei risultati ottenuti il prototipo conferma la funzionalità dimostrata nelle precedenti fasi di test di laboratorio e nella successiva sperimentazione di campo.

In relazione alla predeterminazione della quantità di miscela da preparare per la distribuzione in campo, non è possibile dare una stima precisa in quanto lo stato della vegetazione influisce in maniera abbastanza evidente sull'entità del recupero, che comunque si attesta intorno al 20% quando si opera a 250 l/ha su una coltura a spalliera non eccessivamente sviluppata.

Sotto l'aspetto operativo è consigliabile procedere frazionando la superficie da trattare e preparando la miscela una parte per volta, in modo da valutare l'effettiva autonomia del serbatoio e potersi regolare per l'ultimo trattamento; infatti, la versione definitiva della macchina non prevede il serbatoio sdoppiato.

Un'importante raccomandazione riguarda la necessità di una pulizia perfetta dell'irroratrice al termine di ogni utilizzo: si tratta di una regola di validità generale, ma che in questo caso specifico assume una rilevanza ancora maggiore, data l'elevata sensibilità della macchina alle incrostazioni presenti nel circuito idraulico per effetto anche della presenza di numerose canalizzazioni percorse da liquido a bassa pressione.

Le ultime modifiche apportate al sistema rendono la macchina praticamente pronta per essere prodotta in serie per la commercializzazione.

I risultati delle prove di lunga durata stanno dimostrando che il sistema è estremamente valido per i trattamenti nelle aziende viticole biologiche ove è obbligatorio diminuire le quantità di pesticidi da distribuire. Anche nelle normali aziende agricole il recupero del prodotto altrimenti disperso nell'aria e al suolo, oltre ad apportare indubbi vantaggi ecologico-ambientali, permettono un netto risparmio di fitofarmaci spesso molto costosi. Un ulteriore risparmio deriva dalla maggiore autonomia di lavoro dell'irroratrice a tunnel, rispetto a macchine tradizionali, a parità di capacità del serbatoio.

### **2.1.5 - Comer Industries S.p.A.: Sistema mecatronico per la gestione pluviometrica degli irrigatori a naspo**

Ditta: Comer Industries S.p.A. – Via Magellano, 27 – 42046 Loc. Villanova - Reggiolo (RE)  
Referente Scientifico: Dr. Carlo Bisaglia dell'ING – C.R.A e Dr. Renato Delmastro del C.N.R. – Imamoter

#### *Stato dell'arte*

L'irrigazione è una tecnica agronomica di primaria importanza se si considera che, pur essendo applicata, oggi, solo al 15% della superficie mondiale coltivata, essa contribuisce al 30% delle produzioni agricole.

I nuovi scenari ambientali, tuttavia, con i relativi cambiamenti di natura climatica, la competizione sull'uso dell'acqua, la crescita della popolazione e il moltiplicarsi delle esigenze, impongono un uso sempre più oculato di questa risorsa, peraltro limitata.

Tra i sistemi irrigui oggi disponibili, quelli a pioggia, consentono di raggiungere livelli di efficienza decisamente superiori rispetto ai tradizionali sistemi a scorrimento. È bene ricordare che, parlando d'irrigazione, per "efficienza" s'intende il rapporto tra la quantità d'acqua irrigua utilizzata dalle piante e quella che arriva agli appezzamenti irrigati. Più alto è questo valore, tanto maggiore sarà la quantità d'acqua utilizzata dalle piante e, quindi, più efficiente il sistema irriguo. Questo parametro di giudizio dovrà costituire sempre più un elemento decisivo di valutazione di un sistema irriguo. A titolo d'esempio è possibile considerare valori di efficienza del 20-50% per i sistemi tradizionali a scorrimento contro valori del 80-90% per i sistemi a goccia.

Per le colture erbacee avvicendate di pieno campo, sono attualmente molto diffuse le grandi macchine semoventi per l'irrigazione a pioggia che rappresentano la soluzione più economica rispetto agli impianti fissi, più indicati per le colture permanenti (arboree), oppure più gestibili rispetto ai sistemi semifissi, che richiedono molta manodopera e sono maggiormente indicati per le colture orticole le quali si estendono su superfici unitarie ridotte.

Tra le grandi macchine semoventi, in Italia si sono molto diffusi gli irrigatori a naspo (o "rotoloni") che costituiscono un parco di circa 60.000 unità (stime A.M.I.S., Associazione Macchine Irrigatrici Semoventi, 2007) molto più diffusi, attualmente, rispetto alle ali traslanti (o pivot) per il minor costo, la maggior semplicità gestionale e la maggior versatilità tenute conto anche le ridotte dimensioni medie delle aziende italiane e la diffusa presenza sul territorio rurale di ostacoli e/o di infrastrutture (capezzagne e strade, reti elettrica e telefonica, canali, ecc.) che rendono poco generalizzabile l'utilizzo dei pivot.

Attualmente, queste macchine consentono di raggiungere valori di efficienza del 50-65%, tuttavia sono ipotizzabili ampi margini di miglioramento valutando la possibilità di inserire elementi elettronici di controllo e di gestione al fine di ottimizzare l'energia utilizzata per il loro funzionamento e di migliorare l'uniformità di distribuzione dell'acqua.

#### *Criticità*

Tra gli aspetti critici che si possono evidenziare, attualmente, ai rotoloni i principali sono i seguenti:

1) devono operare su terreni sufficientemente livellati per evitare distribuzioni irregolari o, peggio, il ribaltamento dell'irrigatore;

2) devono operare su terreni di forma il più possibile regolare e privi di ostacoli per evitare frequenti spostamenti e/o distribuzioni irregolari sui bordi;

3) il 10-15% della superficie viene mal irrigata soprattutto nelle testate (inizio e fine di ogni striscia irrigata);

4) l'intensità di pioggia poco gestibile con valori a volte elevata (25-30 mm/ora) con conseguente scorrimento superficiale dell'acqua e successive perdite per ruscellamento, erosione e danni alle colture;

5) uniformità di distribuzione influenzata fortemente dal vento.

#### *Necessità di innovazione, principi ispiratori del progetto*

Secondo i dati oggi disponibili (Gargano, ANBI-Associazione Nazionale Bonifiche Italiane, 2008), il 60% della superficie irrigata del nostro Paese ricade nelle regioni settentrionali, con prevalenza dei territori situati in sinistra Po.

Oltre il 50% dell'acqua utilizzata proviene da corsi d'acqua naturali la cui portata ha fatto registrare, negli ultimi anni, variazioni anche sensibili con ripercussioni per lo più negative sui volumi irrigui consegnati agli agricoltori.

Un'altra quota consistente (quasi il 40%) deriva da serbatoi artificiali, mentre una piccola parte (meno del 4%) proviene da pozzi. Possibili sviluppi futuri potrebbero riguardare anche l'utilizzo di risorse idriche non convenzionali quali, ad esempio, le acque reflue trattate.

In tutti i casi risulta indispensabile rendere tecnologicamente più efficiente l'uso dell'acqua non solo per contenerne gli sprechi, ma anche per ottimizzarne l'utilizzo come per ogni altro fattore produttivo.

Una delle possibilità tecnologiche praticabili è quella di sostituire gradualmente e laddove possibile i sistemi di adacquamento gravitazionali, con sistemi per aspersione. Tra questi, i sistemi più economici e flessibili sono rappresentati proprio dai rotoloni.

#### *Realizzazione della macchina innovativa*

In tale ottica si è inserito il progetto sviluppato da Comer Industries di Reggio (RE). Dopo le prime fasi sperimentali per la scelta, individuazione e prova dei singoli componenti, la Ditta Comer ha individuato due partners nelle ditte OCMIS Irrigazione (produzione di rotoloni) e SIME (produzione di getti irrigatori a controllo elettronico) con cui realizzare un primo prototipo completo di rotolone in cui integrare le funzioni di trasmissione della potenza meccanica, di distribuzione dell'acqua e di gestione elettronica del processo di irrigazione.

Il sistema realizzato si basa su una macchina irrigatrice semovente ad ala avvolgibile della ditta Ocmis, mod. R4/1, su un getto irrigatore attivo, mod. Elektrorain della ditta Sime il tutto gestito da una trasmissione e da un sistema elettronico di controllo Comer. Gli elementi principali del prototipo sono evidenziati in Fig. 1.

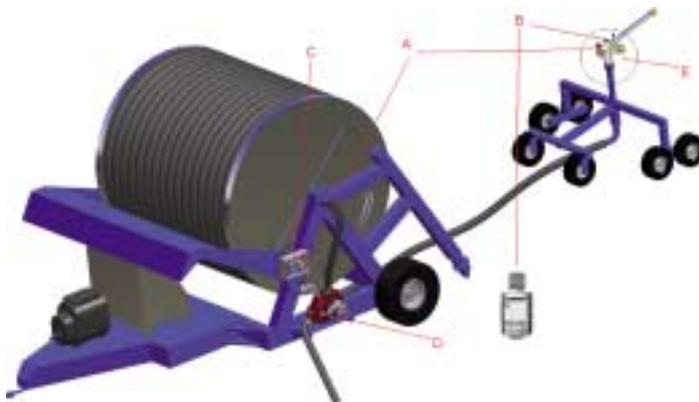


Fig. 1 – Schema del prototipo completo realizzato (Fonte: Comer).

Nel dettaglio, i principali elementi del sistema sono:

**A.** una coppia di ricetrasmittitori radio posizionati rispettivamente sulla bobina e sul getto, i quali consentono la gestione e il controllo simultaneo del getto e del riavvolgimento del tubo;

**B.** un sistema GPS di rilevazione della posizione del getto, con palmare e software ISAG-PS per la mappatura del campo e antenna situata sopra al getto in un contenitore stagno (Fig. 2);

**C.** una centralina di controllo (Fig. 3) programmata via software che gestisce le seguenti funzioni:

**C.1.** velocità di riavvolgimento;

**C.2.** dialogo bidirezionale col getto, calcolo della gittata, gestione dell'angolo di settore e comando di inversione;

**C.3.** elaborazione delle coordinate GPS del getto e gestione delle impostazioni dello stesso in funzione della posizione in campo;

**C.4.** gestione integrata di velocità di riavvolgimento, gittata e posizione per ottenere una distribuzione costante;

**C.5.** trasmissione della mappatura in un file scaricabile sul quaderno campagna;

**D.** una trasmissione meccanica ad azionamento idraulico per gestire l'avvolgimento della tubazione sull'aspo (Fig. 4).



Fig. 2 – Dettaglio del getto e del sistema di controllo (Foto: Bisaglia).



Fig. 3 – Dettaglio del rotolone con centralina elettronica principale di controllo. In color rosso mattone il sistema di trasmissione del moto rotatorio alla bobina che avvolge il tubo (Foto: Bisaglia).

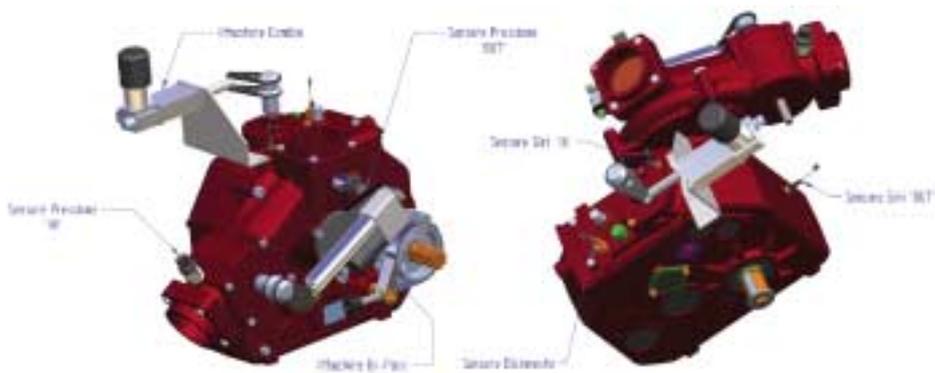


Fig. 4 – Trasmissione meccanica destinata all'avvolgimento dell'aspo.

E. un irrigatore attivo, mod. Elektrorain della ditta Sime, a turbina e programmato tramite scheda elettronica; il moto di rotazione è garantito da un motore elettrico in grado di far ruotare il getto in base all'angolo di settore impostato o di invertirne la direzione. L'irrigatore non è libero di ruotare se non tramite il motore elettrico il quale opera con velocità diverse passo-passo; questa funzione fondamentale garantisce la grande uniformità di irrigazione su tutta la zona trattata. Sul tubo dell'irrigatore è presente un sensore di pressione. L'irrigatore è in grado di montare bocchagli con diametri da 16 a 40 mm; portate da 20 a 180 m<sup>3</sup>/h e pressioni da 3 a 10 bar. La gittata, pertanto, varia in funzione dei bocchagli e dei relativi valori di funzionamento, da 35 a 75 m circa.

### Sperimentazione

Il punto chiave del presente progetto è stato l'introduzione di un sistema di dialogo bidirezionale tra il getto irrigatore e la bobina di avvolgimento, in modo da migliorare sensibilmente l'uniformità di bagnatura rispetto ai rotoloni convenzionali. Il sistema, infatti, è in grado di gestire i seguenti parametri: i) velocità di avvolgimento del tubo, ii) angolo di settore, iii) geometria delle superfici da irrigare, iv) eventuali variazioni di pressione dell'acqua, v) irrigazione nelle testate, vi) gestione del perimetro e degli ostacoli, vii) presenza di vento.

Dopo aver messo a punto il sistema, sono state effettuate delle sperimentazioni confrontando il prototipo realizzato con un rotolone analogo in cui, però era installato un getto convenzionale sempre della Ditta Sime, ma il mod. Explorer. Obiettivo delle prove era di verificare i punti sopra ricordati e soprattutto gli algoritmi messi a punto per eseguire automaticamente i controlli e le correzioni previste. La Fig. 5 illustra sinteticamente i risultati di uniformità ottenuti con i due rotoloni posti a confronto su parcelle omogenee di 250 x 80 m rilevando la pluviometria irrigua con pluviometri distanziati di 10 m e imponendo una pluviometria di 15 mm come obiettivo dell'intervento. Si notano i miglioramenti ottenuti con il sistema innovativo sia in termini di quantità distribuita sia di uniformità di distribuzione. Anche le altre prove confermano l'effettiva possibilità di operare un'irrigazione più uniforme nelle testate, in presenza di ostacoli o di vento ed in caso di variazione della pressione dell'acqua in ingresso.

### Conclusioni

#### Risultati ottenuti

L'utilizzo di un sistema mecatronico di gestione dei rotoloni, permette non solo di ridurre gli sprechi d'acqua, ma anche di aumentare l'uniformità di distribuzione della stessa a tutto vantaggio delle rese agronomiche delle colture. La quantità di acqua persa viene ridotta del

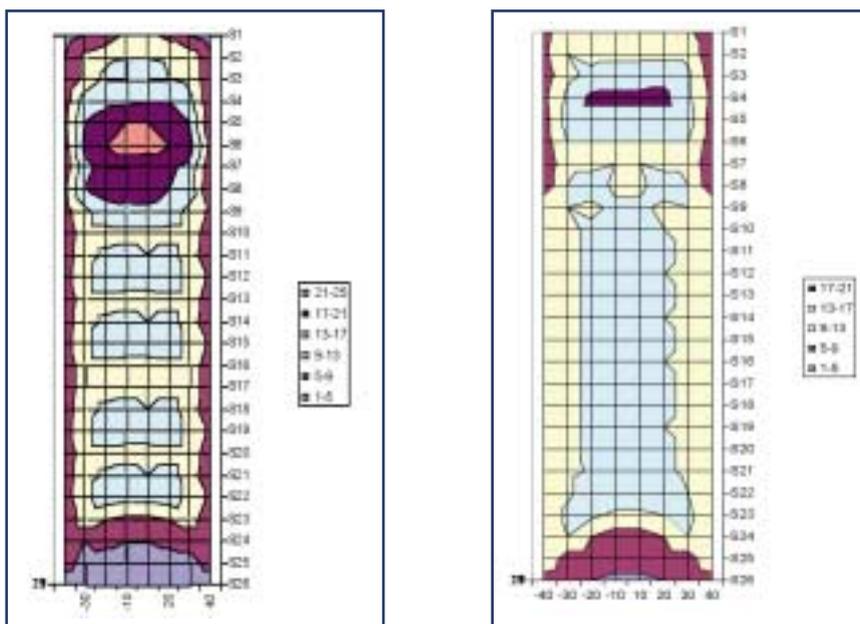


Fig. 5 – Pluviogrammi ottenuti su parcelle di 250x80 m con rotolone convenzionale (a sinistra) e innovativo (a destra).

90% (da 32,3 a 2,9 MI) mentre la superficie a pluviometria insufficiente risulta inferiore del 12%. Alle considerazioni sui risparmi di risorsa idrica ed energetica si devono aggiungere le potenzialità che si aprono a questo tipo di macchine, attraverso la comunicazione radio al getto integrato con il GPS, per quanto concerne l’inserimento in una filiera di “Precision Farming” (rilievo umidità terreno, pluviometria selettiva etc.).

*Possibili ulteriori sviluppi (oltre il programma del Ministero).*

I vantaggi apportati dal sistema mecatronico per rotoloni sembrano aprire la strada ad applicazioni legate dalla possibilità di avvalersi di sistemi di comunicazione wireless tra diverse apparecchiature o tra varie parti di una macchina. Infine, il sistema di posizionamento globale GPS allarga ulteriormente le prospettive, permettendo il controllo dell’apparecchiatura in tempo reale ed in modo automatico, sopperendo all’intervento umano. Le potenzialità offerte dalla microelettronica possono consentire alla centralina che coordina e si avvale delle informazioni ricevute in tempo reale dalle varie periferiche (come il riavvolgitore ed il getto irrigatore) di elaborare, correggere, comandare ed ottimizzare il funzionamento dell’intero sistema irriguo, che potrà essere ulteriormente arricchito da altre periferiche e gestire le risorse idriche in modo non solo all’interno delle singole aziende, ma anche a livello comprensoriale.

### **2.1.6. - Forigo Roter Italia S.r.l.: “Macchina Combinata: 1) interrassasi, 2) rullo che modifica il profilo superficiale del terreno, 3) irroratrice**

Ditta: Forigo Roteritalia S.r.l. – Via San Giuseppe – 37056 Salizzole (VR)  
 Referenti Scientifici: Dr. Giuliano Colorio dell’ING – C.R.A. e Prof. Luigi Sartori  
 e Dr. Lorenzo Benvenuti del TESAF dell’Università degli Studi di Padova

### *Introduzione*

Lo sviluppo di tecnologie innovative capaci di ridurre l'impatto ambientale generato dai prodotti chimici contribuisce a migliorare la sostenibilità dell'agricoltura intensiva e altamente specializzata, quali sono il vivaismo ornamentale e l'orticoltura.

In questa ottica si inserisce lo sviluppo di questa macchina combinata, progettata per risolvere i problemi di distribuzione di diserbanti ad azione antigerminativa (che colpiscono cioè il seme nella fase di germinazione) e, più in generale, di quei prodotti chimici o biologici che si avvantaggiano di una incorporazione nel suolo a precise profondità.

Infatti, diversi prodotti che esplicano la loro azione nel terreno, sia essa diserbante o curativa, sono caratterizzati da una forte volatilità che rende indispensabile un simultaneo interrimento della molecola. Inoltre, poiché la volatilità aumenta al crescere della temperatura, nel periodo estivo l'impiego di questa categoria di prodotti diventa ancor più complessa. Nella pratica comune la necessità di eseguire l'interramento a profondità definite impedisce la successiva formazione delle porche che sono dei piani di coltivazione sopraelevati rispetto al piano di campagna che favoriscono lo sviluppo della coltura e riducono i problemi fitosanitari.

L'innovazione sviluppata con questo progetto permette di distribuire alla profondità voluta e solo sulle fasce interessate dalla coltura (distribuzione in bande) il prodotto chimico e contemporaneamente sagomare il terreno nelle modalità ritenute più opportune preparando un letto di semina o di trapianto ottimale. Ciò determina una significativa riduzione della dose distribuita, un miglioramento dell'efficacia del principio attivo, una sensibile diminuzione della dispersione ambientale della molecola.

Le colture orticole che possono maggiormente beneficiare di una tale innovazione sono quelle caratterizzate da un ciclo estivo-invernale, che vengono trapiantate e che traggono vantaggio dalla coltivazione su porche.

### *Realizzazione della macchina distributrice*

#### *Descrizione della combinata*

La macchina nella sua forma definitiva è composta da quattro unità combinate fra loro in modo innovativo per realizzare contemporaneamente diverse operazioni (figura 1).



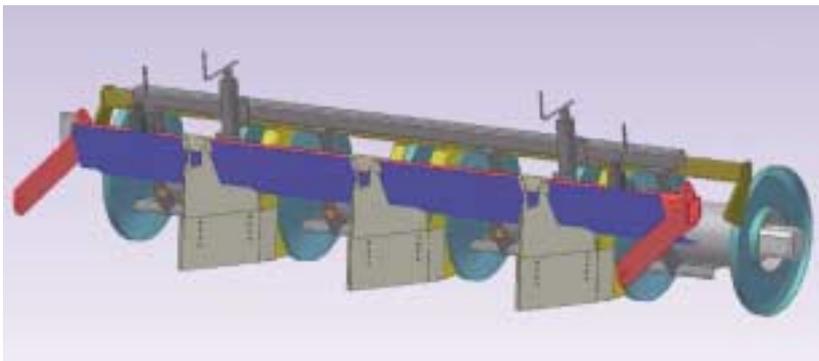
*Figura 1 – Mix Tiller nella versione definitiva per la distribuzione sottosuperficiale di prodotti chimici o biologici ad azione diserbante o curativa.*

La prima è un'interratrice, meglio nota col nome di interrassassi, che realizza la lavorazione del suolo e una selezione dimensionale delle sue componenti collocando pietre, zolle dure e residui vegetali grossolani negli strati più profondi e la terra più fine in superficie.

La seconda è un dispositivo per la realizzazione delle porche composto, per la coltura del radicchio, da 3 vomeri intermedi, 2 dischi ricalzatori laterali e un rullo sagomato, azionato da un motore idraulico. Il sistema modifica il profilo superficiale del terreno realizzando porche di coltivazione con dimensioni opportune e variabili in funzione delle specifiche esigenze di coltivazione.

La terza è una irroratrice posta sopra il cofano dell'interratrice caratterizzata da un dispositivo di controllo efficiente basato su un flussometro magnetico in grado di determinare l'esatta portata. In questo modo la dose distribuita viene monitorata con continuità e in caso di intasamento dell'ugello il computer di bordo è in grado di segnalare l'avaria.

La quarta è una barra che effettua la distribuzione del liquido subito dopo la lavorazione del terreno e poco prima che quest'ultimo venga sagomato dal rullo mosso idraulicamente. La distribuzione viene effettuata pochi centimetri sotto la superficie del terreno e limitatamente alla sommità della porca di coltivazione. Questa costituisce la parte più innovativa del progetto (figura 2).



*Figura 2 – Visione di insieme degli elementi che formano le porche e distribuiscono il prodotto.*

La macchina combinata ha un ingombro trasversale (in trasporto) di 2,55 m ed ha, nella versione con distanza fra le porche di 65 cm adatta alla coltivazione del radicchio di Treviso, una larghezza di lavoro di 2,60 m (figura 3).

La profondità di lavoro e l'assetto della macchina si regola anteriormente agendo sull'attacco a tre punti del trattore e posteriormente sul rullo sagomatore delle porche.



*Figura 3 – Formazione delle porche di coltivazione.*

### Risultati sperimentali

La prova è stata svolta nell'azienda agricola Cazzin a Mirano (VE) il 24 agosto 2006. La lavorazione del terreno con la contemporanea distribuzione del prodotto è avvenuta dopo aver eseguito una ripuntatura e durante le ore più calde per simulare le condizioni che normalmente si verificano durante il trapianto del radicchio rosso di Treviso (figura 4).



Figura 4 – Combinata durante le prove presso l'Az. Agricola Cazzin (Mirano, VE).

L'obiettivo della prova era la valutazione dell'efficacia del prototipo nella distribuzione di un diserbante ad azione antigerminativa. In particolare si voleva verificare se la distribuzione sottosuperficiale e limitata alla sommità della porca poteva consentire di ridurre le dosi del prodotto utilizzato garantendo un controllo delle infestanti soddisfacente. La prova è stata effettuata con tre diverse concentrazioni di Treflan (Trifluralin puro 45,80 g - Dow AgroSciences).

Tab. 1 – Dosi distribuite in prova.

Dosaggio	dose distribuita (l/ha)	dose distribuita su area trattata (l/ha)
A. basso	0,60	1,20
B. medio	0,80	1,60
C. alto	1,00	2,00
T. testimone	-	-

La dose distribuita per ettaro risulta la metà di quella ricevuta dall'area trattata perché la macchina effettua la distribuzione solo sulla sommità della porca che occupa non più del 50% della superficie coltivata. Le dosi normalmente consigliate per questo terreno sono di 1,6 l/ha considerando una distribuzione sull'intera superficie. Pertanto si è scelto di testare la macchina con una dose più alta ed una più bassa.

Le condizioni meteorologiche sono state favorevoli, infatti nei due giorni successivi al trattamento, si sono verificate delle lievi precipitazioni che possono essere facilmente compa-  
rate con gli interventi irrigui, fondamentali per l'attecchimento delle piantine e la diffusione  
del principio attivo nel terreno, che normalmente si effettuano sul radichio.

L'impianto sperimentale ha previsto il rilievo delle infestanti su tre ripetizioni per ciascu-  
na delle tre tesi, oltre al testimone. Ciascuna ripetizione era lunga 2 m e larga quanto la porca.

Il rilievo inoltre è stato distinto fra sommità e pareti della porca per verificare se il tratta-  
mento, eseguito in corrispondenza della sommità, agisse anche sul fianco.

Inizialmente sono state rilevate tutte le piante nate da seme e solo dopo il loro riconosci-  
mento sono state eliminate dal conteggio le piante appartenenti a specie non controllate dal  
Treflan. Le graminacee censite sono state: *Digitaria sanguinalis*, *Echinochloa crus-galli*, *Sea-  
ria viridis*, *Sorghum halepense*; quindi, tutte le specie di graminacee rilevate sono potenzial-  
mente controllabili dal Treflan. Le dicotiledoni censite e sensibili al Treflan sono state *Ama-  
ranthus retroflexus* e *Chenopodium album*.

Il censimento delle infestanti nate è iniziato il primo settembre e si è concluso il 21 dello  
stesso mese. Ai valori rilevati è stata applicata l'analisi della varianza a due fattori e tre repli-  
che e il test *t-student* per valutare le differenze fra i gruppi e la sua significatività.

Tab. 2 – La differenza tra le aree trattate e quelle non trattate è risultata significativa al test  
*t-student* con una probabilità del 95%; non vi è invece differenza significativa fra i dosaggi  
tranne che per la foglia larga a basso dosaggio (a = 95%; A = 99%).

Dosaggio	Foglia larga	Graminacee
A. basso	3,2 bA	1,0 aA
B. medio	0,7 aA	1,8 aA
C. alto	1,7 aA	4,8 aA
T. testimone	8,3 cA	37,5 bA

I risultati dimostrano che la riduzione della dose non ha ridotto in modo significativo l'ef-  
ficacia del trattamento grazie alle modalità di applicazione che hanno permesso di collocarlo  
dove può meglio esplicare la sua azione e dove è protetto dalla radiazione solare (tabella 2).

L'analisi della varianza ha evidenziato l'esistenza di una variabilità per quanto riguarda il  
trattamento sia per le graminacee che per le piante a foglia larga, che è risultata al *test t-stu-  
dent* significativa con probabilità del 95% (tabella 2).

Inoltre, pur avendo limitato la distribuzione alla sommità della porca, i risultati ottenuti,  
hanno dimostrato che il controllo è avvenuto in misura più che soddisfacente anche sul fianco  
della porca (tabella 3).

Tab. 3 – Rilievo delle specie colpite dal Trifluralin suddivise in Graminacee e infestanti a  
foglia larga.

Sommità della porca	Foglia larga		Gram.		Foglia larga		Gram.		Foglia larga		Gram.	
	A	B	C	T	A	B	C	T	A	B	C	T
A1	3	1	B1	0	1	C1	0	2	T1	14	16	
A2	0	0	B2	2	0	C2	0	0	T2	10	96	
A3	6	1	B3	0	2	C3	1	2	T3	6	33	
<b>media</b>	<b>3,0</b>	<b>0,7</b>		<b>0,7</b>	<b>1,0</b>		<b>0,3</b>	<b>1,3</b>		<b>10,0</b>	<b>48,3</b>	
<b>dev st</b>	<b>3,0</b>	<b>0,6</b>		<b>1,2</b>	<b>1,0</b>		<b>0,6</b>	<b>1,2</b>		<b>4,0</b>	<b>42,1</b>	
<b>CV %</b>	<b>100,0</b>	<b>86,6</b>		<b>173,2</b>	<b>100,0</b>		<b>173,2</b>	<b>86,6</b>		<b>40,0</b>	<b>87,2</b>	

Fianco della porca	Foglia larga			Foglia larga			Foglia larga			Foglia larga		
	A	Gram.	B	Gram.	C	Gram.	T	Gram.	T	Gram.		
A1	3	1	B1	2	2	C1	4	8	T1	8	9	
A2	3	1	B2	0	4	C2	2	8	T2	10	43	
A3	4	2	B3	0	2	C3	3	9	T3	2	28	
<b>media</b>	<b>3,3</b>	<b>1,3</b>		<b>0,7</b>	<b>2,7</b>		<b>3,0</b>	<b>8,3</b>		<b>6,7</b>	<b>26,7</b>	
<b>dev st</b>	<b>0,6</b>	<b>0,6</b>		<b>1,2</b>	<b>1,2</b>		<b>1,0</b>	<b>0,6</b>		<b>4,2</b>	<b>17,0</b>	
<b>CV %</b>	<b>17,3</b>	<b>43,3</b>		<b>173,2</b>	<b>43,3</b>		<b>33,3</b>	<b>6,9</b>		<b>62,4</b>	<b>63,9</b>	

Porca intera	Foglia larga			Foglia larga			Foglia larga			Foglia larga		
	A	Gram.	B	Gram.	C	Gram.	T	Gram.	T	Gram.		
<b>media</b>	<b>3,2</b>	<b>1,0</b>		<b>0,7</b>	<b>1,8</b>		<b>1,7</b>	<b>4,8</b>		<b>8,3</b>	<b>37,5</b>	
<b>dev st</b>	<b>1,9</b>	<b>0,6</b>		<b>1,0</b>	<b>1,3</b>		<b>1,6</b>	<b>3,9</b>		<b>4,1</b>	<b>31,1</b>	
<b>CV %</b>	<b>61,3</b>	<b>63,2</b>		<b>154,9</b>	<b>72,5</b>		<b>98,0</b>	<b>81,1</b>		<b>49,0</b>	<b>82,9</b>	

### Conclusioni

La macchina realizzata risponde al progetto e fornisce aspetti innovativi di rilievo. In particolare i vantaggi tecnici, economici ed agronomici che l'innovazione consente di perseguire sono:

- miglioramento dell'efficacia dei diserbanti ad azione antigerminativa o di sostanze ad azione curativa perché collocati nello strato di terreno dove devono esplicare la loro azione;
- miglioramento dell'effetto di queste sostanze attraverso la diretta incorporazione evitando/riducendo fenomeni di disattivazione o alterazione del principio attivo dovuti alla radiazione solare e alle alte temperature;
- riduzione dell'impatto ambientale prodotto da queste sostanze attraverso una riduzione della dispersione nell'ambiente determinata da fenomeni di volatilizzazione o di dilavamento superficiale;
- riduzione dell'impatto ambientale prodotto da queste sostanze attraverso una riduzione delle dosi distribuite ottenuta anche con la distribuzione a bande;
- formazione contestuale di un ambiente di coltivazione idoneo attraverso la realizzazione delle porche;
- miglioramento dell'efficienza e della tempestività del cantiere e riduzione dei costi, grazie alla realizzazione simultanea della lavorazione secondaria del terreno, della distribuzione del prodotto e della formazione delle porche di coltivazione;
- possibilità di adottare tecniche per la lavorazione primaria del terreno che si ispirino ai principi dell'agricoltura conservativa (evitando o riducendo la profondità di aratura e riducendo il costo energetico delle lavorazioni).

### 2.1.7 - Erpicatore livellatore perimetrico

Ditta: Frandent di Bruno Ezio – Via Garzigliana, 37 – 10060 Osasco (TO)  
Referente Scientifico: Dr. Giuliano Colorio dell'ING – C.R.A.

### Premessa

Obiettivo del progetto è la realizzazione di un'attrezzatura di nuova concezione per un'accurata lavorazione e livellamento superficiale del terreno. Il sistema, ideato dal Sig. Pietro Papalini al quale vanno i più sentiti ringraziamenti, è una novità assoluta, non paragonabile ad altre macchine per la lavorazione del suolo. L'"erpicatore livellatore perimetrico", è partico-

larmente adatto alla preparazione del “letto di semina” di colture di pregio invece delle rotazzatrici, che rovinano la struttura del suolo e creano “suola di lavorazione”.

### *Principi ispiratori del progetto*

La novità del sistema consiste nell’idea di montare i denti del frangizolle su una catena ad anello oblungo, tesa fra due corone dentate orizzontali, montato su un telaio ortogonale al percorso della macchina. I denti, quando scorrono nei due lunghi tratti rettilinei paralleli, si muovono in direzione reciprocamente opposta. Lo scorrimento dei denti, combinato con l’avanzamento del mezzo, genera un percorso diagonale degli organi di lavoro. La seconda linea di denti segue un percorso inverso che va ad incrociare quello precedente. La macchina esegue in un unico passaggio due lavorazioni successive pressoché ortogonali, paragonabile ad una doppia lavorazione incrociata di un erpice a denti fissi. La macchina, oltre a migliorare l’affinamento dello strato superficiale del suolo, ha il pregio di livellarlo perfettamente. I denti, nei percorsi verso i lati della fascia lavorata, trascinano parte del terreno in senso ortogonale all’avanzamento della macchina prima in una direzione, poi nella direzione opposta. Tale spostamento di materiale genera un livellamento superficiale abbassando i dossi e colmando gli avvallamenti del terreno in modo molto preciso.

### *Studi generali e realizzazione del progetto*

#### *Ipotesi costruttive e progettazione preliminare di massima*

Le ipotesi iniziali ed i primi studi tecnici hanno indicato i principali parametri del progetto. Il prototipo avrà un telaio portante orizzontale, perpendicolare all’avanzamento, più largo del trattore (3 m). Il telaio orizzontale, portata dall’attacco a tre punti trattore, monterà alle estremità due grosse ruote dentate orizzontali per la trazione della catena a scorrimento perimetrale. Una ruota dentata, mossa dalla p. d. p., sarà trainante mentre la corona opposta sarà energicamente tesa da un tirante elastico. La catena monterà organi lavoranti, tipici degli erpici fissi, posti a distanze regolari.

Nella progettazione è stata molto importante la scelta della catena, del suo sistema di scorrimento e dell’ancoraggio dei denti sulle maglie della stessa. Per un corretto funzionamento le maglie della catena dovranno essere costantemente allineate, senza subire torsioni e flessioni. Infatti, il terreno oppone una notevole resistenza al passaggio dei denti. Le forze in gioco agiscono lungo tre assi cartesiani: avanzamento della macchina; scorrimento della catenaria, sollevamento denti. Inoltre, il punto di fissaggio del dente rispetto ai perni della catena condiziona le sollecitazioni al sistema dente-maglia.

Alle incognite sull’efficacia meccanica si è aggiunta la non conoscenza degli effetti del sistema sulla lavorazione del terreno. L’importanza di verificare queste incognite ha suggerito di realizzare e sperimentare un modello in scala ridotta prima di progettare il prototipo operativo.

#### *Realizzazione di un modello di macchina in scala ridotta*

Il modellino è stato realizzato in scala 1/5, secondo i citati criteri. Il mezzo è formato da un carrello, che funge da telaio della macchina, sotto il quale è montata la catenaria dentata. Il sistema è mosso da due motori elettrici con variatori di velocità per simulare il lavoro del frangizolle lungo un tratto lineare. Il modello è stato posto sopra una piattaforma lunga e stretta, con bancale sostituibile, per testare diversi tipi di terreno (Fig 1).

La figura 1 A rappresenta il modello durante le prime prove funzionali. La figura 1 B mostra la catena tesa fra le due corone dentate mosse da motore a rotazione variabile. I denti sono montati sulle piastrine laterali forate delle maglie della catena. Per avanzare il modello scorre su un binario posto sui lati del bancale che simula il suolo (Fig 1 C).



Fig. 1 – 1A modello di “ERPICO” in scala 1/5 con motori elettrici per muovere la catena e traslare il sistema; 1B catenaria con i denti dell’erpicator; 1C vista laterale del carrello.

#### *Sperimentazione del modello di macchina in scala ridotta*

Con il sistema sommariamente descritto si sono eseguite le prove sperimentali della macchina in scala ridotta. Innumerevoli sono le combinazioni di lavoro provate: velocità d’avanzamento del sistema; velocità di rotazione della catenaria; differenti tipologie di terreno; varie umidità del terreno; differenti profondità di lavorazione; ecc..

Il modello dell’erpicatoro livellatore perimetrale ha dimostrato un’ottima capacità di simulare la macchina da progettare. Le prestazioni sono risultate molto interessanti. La velocità media scelta per l’avanzamento del modello in prova è stata di 0,2 m/1”, che corrisponde a circa 7 km/h reali, comparabile a quella degli erpici rotanti più diffusi. La velocità di riferimento per lo scorrimento dei denti lungo la catenaria perimetrica, è stata scelta identica a quella della marcia del mezzo, con variazioni sperimentali rispettivamente di -50 e + 200%. Una velocità perimetrica dimezzata rispetto all’avanzamento genera un sufficiente affinamento, ma un insufficiente livellamento del terreno. Aumentando la velocità della catenaria, rispetto all’andatura del mezzo, si ottiene un ottimo affinamento e livellamento, ma i denti tendono ad accumulare terreno ai margini della fascia erpicata. Il migliore compromesso si è raggiunto proprio utilizzando velocità identiche per la marcia del mezzo e lo scorrimento dei denti che lasciano sul terreno tracce inclinate di 45° che si incrociano in senso ortogonale (Fig 1). Il modello ha dimostrato che aumentando la velocità dei denti si aumenta la loro usura, si piegano o addirittura si rompono in prossimità dell’attacco sulle maglie della catena che non lavora in condizioni “lineari”.

#### *Progettazione di massima del primo prototipo operativo*

Sulla base dei risultati delle prove del modello, la Ditta FRANDENT ed il CRA ING hanno elaborato un progetto preliminare per la realizzazione del primo prototipo di erpicatore livellatore perimetrale, denominato “ERPICO”. I disegni schematici del mezzo hanno indirizzato la scelta dei materiali standard e speciali per la costruzione del prototipo.

La scelta della catenaria ideale da assemblare ai “pioli” dell’erpice è stata fondamentale ed ha comportato un approfondito studio tecnico e di mercato per la sua individuazione. Le ipotesi più accreditate fra le numerosissime variabili considerate sono state: catena da cingolo con maglie flangiate; catena per trazione pesante con maglie munita di doppie piastre forate; catena con grosse maglie dotate di perni forati entro i quali fissare il gambo del dente; coppia di catene sovrapposte del tipo uguale alle due precedenti da tendere fra due corone dentate sovrapposte; catena con maglie dotate di perni in acciaio massiccio sporgente dalla sagoma, da prolungare con i denti dell’erpice appositamente costruiti. Le analisi hanno fatto scartare varie ipotesi non idonee perché troppo pesanti, costose, rapidamente deperibili o difficilmente reperibili. La scelta si è quindi rivolta alla soluzione che prevede l’inserimento del dente in linea con il perno delle maglie della catena.

Si è quindi passati dalla scelta dei componenti standard, compatibili con il progetto, reperibili presso la FRANDENT o sul mercato. Questa fase è stata propedeutica allo studio dei pezzi speciali da realizzare nell'officina aziendale o da Ditte specializzate nel settore.

Si è quindi passati alla progettazione computerizzata con Autocad 3D. Il progetto ha confermato la scelta dei materiali commerciali e la definizione dei componenti speciali.

### *Realizzazione e prova del primo prototipo operativo*

#### *Acquisizione e realizzazione dei singoli elementi costitutivi del prototipo*

L'elemento fondamentale del sistema è la catena. Il tipo prescelto, non reperita in Italia, è stata trovata presso un espositore alla fiera quadriennale della componentistica BAUMA di Monaco di Baviera. La catena è un tipo speciale per trazione pesante con maglie forate del diametro di 40 mm. La robustezza (carico 9 t) e la giusta dimensione dei fori sulle maglie che si possono distanziare a piacere, hanno fatto optare per tale fornitura (Fig 2A).

La figura 2B rappresenta alcuni meccanismi acquistati o reperiti nei magazzini della ditta, utili per il montaggio sulla struttura della macchina: denti per il dissodamento del terreno, corone dentate per trazione e guida della catena, rinvio angolare della p.d.p., tenditore, supporto per attacco a 3 punti del trattore, piastre di protezione laterali, ecc..

Il telaio portante della macchina è stato realizzato modificando uno chassis di serie normalmente utilizzato dalla FRANDENT per i propri erpici. Su questo sono stati saldati i supporti e gli attacchi particolari per l'erpicatore livellatore perimetrico (Fig 2C).



*Fig. 2 – 2A catena forata “portadenti”; 2B pezzi speciali vari; 2C telaio del prototipo.*

#### *Assemblaggio del prototipo sperimentale*

La costruzione della macchina è iniziata con il montaggio sul telaio dell'erpicatore degli organi dinamici del sistema. Al centro è stato collocato il riduttore angolare che rinvia la rotazione dalla p.d.p. alla corona dentata per la trazione della catena. L'albero di trasmissione è stato inclinato per scendere al livello del rinvio angolare che fa da supporto alla corona orizzontale (Fig 2C). Sul lato opposto è stata inserita la corona dentata contrapposta, folle, dotata di opportuno tirante per la tensione della catena (Fig 3A). L'intervento successivo è stato il montaggio della catenaria secondo un disegno ad anello, allungato teso fra le due corone dentate. In seguito si sono montati i denti dell'erpicatore sulla catena dotata di 26 maglie forate distanziate reciprocamente di 254,8 mm (Fig 3A). I denti sono stati montati inserendo la parte superiore del proprio asse cilindrico, del diametro di 36 mm nel foro, protetti da una boccia di teflon ( $\text{Ø } 40 \times 36 \text{ mm}$ ). per completare il prototipo sono stati montati il supporto per l'attacco a tre punti (Fig 3B), le paratie laterali autolivellanti e il rullo compattatore posteriore, registrabile in altezza per regolare la profondità di lavoro dei denti con la macchina orizzontale. La macchina è così pronta per iniziare la sua sperimentazione di campagna. In questa fase non si sono protetti gli organi lavoranti del prototipo e si è sostituiti-



*Fig. 3 – 3A telaio rovesciato per il montaggio della catena; 3B primo prototipo completato; 3C prototipo allestito per la sperimentazione operativa in campo.*

to il rullo posteriore con due ruote laterali per avere la completa visione del sistema durante la fase operativa (Fig 3C).

#### *Prime prove sperimentali del prototipo*

La sperimentazione si è svolta in due fasi: prime prove di laboratorio, per lo studio della funzionalità e la messa a punto dei meccanismi; successiva sperimentazione di campo. Le immagini 3C e 4A mostra la macchina durante i primi test in un terreno precedentemente lavorato. La regolazione delle velocità del trattore e della catena dentata, sono state scelte sulla base dei risultati dalla ricerca sul modello. In queste prove l'avanzamento del mezzo è stato di 4,5 km orari pressoché uguale alla velocità di scorrimento della catena (1,25 m/1"). Come appare nell'immagine, il terreno lavorato viene ben affinato e livellato. L'angolo di incidenza delle tracce dei denti è circa di 45°, pari ad una doppia lavorazione ortogonale. La precisione della lavorazione aumenta ulteriormente montando sulla macchina il rullo frangizolle (Fig 4B). Il principale problema riscontrato è la difficoltà di approfondire la lavorazione, soprattutto nel tratto centrale del percorso della catena. Infatti, come riscontrato nel modello in scala ridotta, i denti, a causa della spinta contro il terreno, tendono a torcere la catena e a sollevare le punte (Fig 4C). Per ottenere una lavorazione più fonda i denti sono stati infissi nel terreno ad una profondità superiore a 20 cm, ma lo sforzo è stato tale da torcere la catena fino a farla uscire della corona dentata. Questo difetto, più grave del previsto, ha suggerito alcune importanti migliorie da apportare al secondo prototipo. Infatti, per una lavorazione più profonda ed uniforme è indispensabile che i denti dell'erplicatore scorrano perfettamente verticali lungo tutto il percorso della catenaria.

#### *Realizzazione e prova del prototipo definitivo*

##### *Riprogettazione del sistema di movimentazione degli organi lavoranti dell'erplicatore*

I risultati ottenuti hanno dimostrato la corretta scelta della catena. Infatti, i "pioli" fissati in asse con la catena forata evitano la rotazione delle maglie, contrariamente a quanto avviene



*Fig. 4 – 4A prototipo durante le prime prove operative di campo; 4B macchina equipaggiata con rullo frangizolle; 4C particolare della catena torta dai denti che sollevano le punte.*

se il dente è applicato lateralmente come nel modellino. L'imposizione adottata, invece, è sbagliata perché tende a torcere la catena e a sollevare le punte dei denti. Analizzando tutte le forze in gioco (resistenze del terreno al moto dei denti nello scorrimento lungo la catena, nell'avanzamento della macchina e nella penetrazione verticale), si è convenuto che il "piolo" deve essere guidato lungo tutto il suo percorso per evitare flessioni lungo le tre linee ortogonali. Le soluzioni scelte per tali problemi sono:

- per guidare i denti lungo la linea del loro percorso perimetrale verranno sovrapposte, a breve distanza, due catene forate identiche entrambe attraversate dagli assi dei pioli;
- per mantenere verticali i pioli nel senso di marcia del mezzo, le catene sovrapposte, nei tratti rettilinei, dovranno scorrere guidate entro una doppia paratia (trincea);
- per evitare che la catenaria si sollevi a causa della resistenza alla penetrazione nel terreno la testa dei pioli scorrerà su una guida rettilinea sovrastante.

In pratica, la "trincea" chiusa in testa guiderà i pioli per evitarne la torsione longitudinale ed il sollevamenti, mentre la doppia catena salverà i pioli dalle torsioni trasversali.

Queste idee sono state concretizzate nel progetto digitale (autocad 3d), della doppia catenaria dentata, munita di boccole per la conduzione dei pioli entro la guida a "trincea" chiusa in testa. Lo schema è stato integrato nel disegno generale del prototipo (Fig 5 A).



Fig. 5 – 5A progetto autocad 3d di ERPICO con particolari costruttivi; 5B particolare del meccanismo di guida dei pioli montati su doppia catena forata; 5C macchina commerciale

#### Ricostruzione del prototipo di erpicature livellatore perimetrico

I progetti esecutivi sono stati concretizzati nella costruzione della nuova macchina. Anche in questo caso il telaio portante, gli attacchi al trattore, le paratie i supporti dei vari organi, il tenditore, ecc., sono quelli ricavati previo opportune modifiche dalle macchine di serie della ditta FRANDENT. I pezzi speciali, quali catene, pioli, boccole, guide, ecc., sono materiali di serie che sono stati acquistati dai fornitori del costruttore. Questi elementi sono stati adattati alle esigenze del progetto con opportune modifiche aziendali.

I pezzi speciali riguardanti principalmente la guida dei pioli (pioli, boccole per lo scorrimento dei denti, paratie e guide di contenimento e scorrimento dei denti), sono state realizzate dai tecnici della ditta costruttrice o ordinati a ditte specializzate del settore.

Le figure 5B mostra un particolare della "trincea" realizzata per la guida delle catenarie dentate. La figura mette perfettamente in mostra il sistema di controllo della posizione dei denti di "ERPICO". I "pioli" dell'erpicatore sono saldamente in-



Fig. 6 – "ERPICO" nel quadriportico delle macchine innovative dall'ENAMA all'EIMA 2008 di BO.

seriti nelle due catenarie sovrapposte a maglie forate per l'allineamento trasversale. Le catenarie sono guidate entro la feritoia creata con le due paratie contrapposte tramite i rulletti in teflon montati sui denti. Nella parte superiore della feritoia, non visibile in questa immagine, è posta la guida per l'allineamento verticale dei denti.

La figura 5C mostra l'erplicatore livellatore perimetrico, ideato dal Sig. Pietro Papalini e ufficialmente denominato "ERPICO", in versione definitiva. La macchina monta posteriormente il rullo frangizolle necessario per la definitiva preparazione del letto di semina e per la regolazione della profondità di lavorazione. Per tale regolazione è importante posizionare in modo perfettamente orizzontale lo strumento, anche in senso longitudinale intervenendo sull'attacco a tre punti, affinché la lavorazione del percorso anteriore della catenaria esegua un lavoro identico, anche se speculare, a quella posteriore.

### *Conclusioni*

Il sistema di erpicatura e livellamento perimetrico del terreno, ideato e brevettato dal Sig. Papalini, ha dimostrato di essere molto valida. Infatti dalle prove preliminari effettuate con un modellino in scala 1/5 si sono ottenuti ottimi risultati anche se perfezionabili.

I materiali commerciali reperiti, ed in particolare la catena forata, hanno mostrato la loro validità anche se inizialmente nella fase di studio e sperimentazione di campo non sono stati utilizzati in modo ottimale. In realtà era ben nota, fin dalle prove del modellino, che le sollecitazioni sulla catena libera, tesa energicamente fra due corone dentate, potevano essere eccessive. Dopo l'acquisizione dei risultati di innumerevoli prove sperimentali si è studiato e progettato con un valido sistema di scorrimento di due catene sovrapposte entro una guida che elimina tutte le sollecitazioni rilevate nel primo prototipo.

Il nuovo progetto è stato concretizzato con la realizzazione della nuova macchina commerciale. La macchina durante le innumerevoli prove sperimentali e la messa a punto di ogni particolare, ha dato ottimi risultati dimostrando di essere una valida alternativa all'uso di altri sistemi per dissodare il terreno e per preparazione del letto di semina.

Il sistema realizzato, di concezione assolutamente nuova, è unico nel suo genere. La macchina è in grado di affinare la superficie del terreno quanto le migliori rotozappatrici, senza creare suola di lavorazione. Il principale pregio del sistema risiede nel livellamento estremamente preciso del letto di semina basilare per la coltivazione di specie pregiate.

In ottobre 2008 "ERPCO" - erpicatore livellatore perimetrico - realizzato dalla ditta FRANDENT di Osasco (TO), è stato definitivamente completato. Il progetto è ultimato con esito positivo per cui la macchina è ormai pronta per essere prodotta industrialmente.

"ERPCO" è stato esposto nel quadriportico delle macchine innovative finanziate dall'E-NAMA, all'EIMA 2008 di Bologna (Fig 6), suscitando un notevole interesse.

## **2.1.8 - Doppio ripuntatore a piede vibrante**

Ditta: O.N.G. – Via Aldo Valdrè, 194 – 48014 Castel Bolognese (RA)  
Referente Scientifico: Dr. Giuliano Colorio dell'ING – C.R.A.

### *Introduzione*

#### *Stato dell'arte, criticità*

Le fasce di terreno di frutteti e vigneti sottoposto al continuo passaggio delle ruote delle macchine motrici ed operatrici subiscono un forte costipamento. Per dissodare tali fasce di terreno asfittico, in alternativa all'aratura, si utilizza la ripuntatura che rompe il suolo solo sul piano verticale senza rovesciare ed interrare lo strato superficiale più fertile. Gli utensili fissi dei tradizionali ripuntatori trainati sollevano il suolo in modo molto limitato. Solo di recente,

per migliorare la disgregazione del terreno, si sono realizzate macchine con palette orizzontali (scarpe) vibranti in senso sussultorio. I ripuntatori vibranti attualmente presenti sul mercato sono adatti a rompere il terreno solo in superficie (profondità 30-40 cm).

#### *Necessità di innovazione*

I terreni compatti che hanno problemi di asfissia radicale, impermeabilità superficiale o saturazione idrica, devono essere lavorati con energia lungo le due corsie precedentemente citate. La macchina innovativa si propone di lavorare in profondità, con un energico effetto dirompente, le due larghe fasce di terreno costipate dai mezzi meccanici di varia larghezza. La lavorazione deve permettere l'arieggiamento del suolo, l'infiltrazione dell'acqua piovana per evitare erosioni superficiali ed il drenaggio nel caso di ristagno idrici profondi.

#### *Principi ispiratori del progetto*

Il progetto vuole realizzare un ripper munito di scarpe vibranti per lavorare in profondità le due linee parallele di terreno nei frutteti e vigneti. La distanza fra gli organi di lavoro sarà regolabile in funzione della carreggiata delle macchine usate. Il progetto è ampliato dall'aggiunta alla macchina di un terzo ripuntatore a scarpa vibrante, centrale, con caratteri identici ai due precedenti. Il ripper triplo servirà a lavorare l'intera superficie del terreno facendo lo scasso per impianti frutticoli e colture ad apparato radicale fittonante.

#### *Realizzazione del prototipo della macchina innovativa*

##### *Prove tecniche preliminari*

Innanzitutto si è completata la sperimentazione del prototipo ad un solo piede vibrante ("ancora") già realizzato. Si sono testate varie soluzioni meccaniche per scegliere forma di dimensione e operatività del sistema. I risultati sono serviti per progettare il prototipo delle seguenti caratteristiche: profondità di lavoro regolabile da 40 a 70 cm; piede vibrante a trapezio, stretto avanti e largo 450 mm dietro; escursione del piede di 70 mm; frequenza delle vibrazioni pari alla p.d.p. (max 540 rpm); distanza fra le ancore da m 1,30 a 2,20 m.

Per lavorazioni più larghe e complete si è ipotizzata anche l'uso di tre ancore.

##### *Progettazione di massima del prototipo*

L'O.N.G., con la consulenza dell'ISMA (ora CRA ING), ha steso un primo progetto basato sui risultati acquisiti. Il progetto ha permesso la scelta dei singoli componenti del prototipo distinti fra materiali di serie, utilizzabili nella costruzione del mezzo e elementi speciali costruiti appositamente sulla base di disegni computerizzati.

##### *Breve descrizione dei componenti appositamente realizzati*

La struttura portante da agganciare all'attacco a tre punti del trattore è stato "ereditato" dal ripuntatore ad una "ancora". Il telaio di supporto degli organi lavoranti ad asse normale all'avanzamento è formato da una verga di acciaio trafilato di sezione quadra di 140 x 140 mm, lunga 2,5 m. La trave, di massa molto elevata che funge anche da zavorra, è imbullonata con staffe sulla struttura portante in posizione ruotata di 45° attorno al proprio asse. Altre staffe fissano alla trave portante le basi delle ancore e gli altri meccanismi propulsori. Le staffe scorrevoli consentono la regolazione dell'interasse delle ancore che vengono bloccate, pur mantenendo una certa elasticità. Un rinvio angolare a quattro vie posto al centro della trave trasmette il moto rotatorio p.d.p. alle ancore. Tre cardani collegano la p.d.p. alle due ancore a piede vibrante laterali. Un quarto cardano posteriore trasmette il moto all'eventuale terza ancora centrale posteriore. Sopra le ancore sono posti i meccanismi per il moto sussultorio delle scarpe vibranti: eccentrici, bielle, leve e perni montati su cuscinetti a sfera. Il cor-

po verticale dell'ancora analogo a quello del ripper singolo, è di maggiori dimensioni per resistere a rotture, flessioni e abrasioni. La piastra vibrante (scarpa) è incernierata nella parte anteriore bassa dell'ancora fissa e si solleva ad intermittenza nella parte posteriore. Il moto lineare alternato delle piastre è trasmesso da aste verticali che scorrono dietro le ancore, protette dal contatto con il terreno. L'estremità inferiore dell'asta è incernierata nella parte posteriore delle scarpe che vengono sollevate ad intermittenza. Due rulli a gabbia sono montati su un apposito telaio nella parte posteriore della macchina. I rulli hanno forma e struttura studiata sia per frangere le zolle del terreno lavorato, sia per l'appoggio a terra della parte posteriore del prototipo.

#### *Realizzazione del primo prototipo*

La figura 1 rappresenta il prototipo assemblato per eseguire le prove meccaniche in laboratorio, mentre le figure 2 e 3 mostra la macchina durante le prime prove di campo.

Le immagini mostrano i particolari costruttivi del prototipo: la struttura portante da agganciare all'attacco a 3 punti di varie tipologie di trattori; il telaio di supporto delle "ancore"; i ripuntatori dotati di scarpe vibranti; la trasmissione del moto dalla p.d.p. ai comandi delle scarpe vibranti (rinvio angolare a 4 vie, cardani, albero di trasmissione esagonale per gli eccentrici laterali e p.d.p. centrale per la terza ancora); i meccanismi per sollevare la scarpa (eccentrico per alternare il moto e biella per trasmettere le oscillazioni).

Le figure mostrano infine il collegamento fra telaio principale e telaio di supporto dei rulli frangizolle posteriori regolabili per il controllo della profondità di lavoro.



*Fig. 1, 2 e 3 – Particolari del prototipo durante le prove di laboratorio e di campo.*

#### *Prove funzionali del prototipo per perfezionare la macchina commerciale*

La costruzione del prototipo è stata ultimata nel dicembre del 2007. Nel 2008, dopo la rifinitura del mezzo, si è provveduto ad avviare la sperimentazione ripartita in tre fasi:

- prove preliminari tecnico-meccaniche di laboratorio;
- progettazione e realizzazione di una serie di piccole modifiche e messa a punto;
- prime sperimentazioni operative della macchina sul terreno.

#### *Prove preliminari tecnico-meccaniche di laboratorio*

Le prove fuori suolo sono state eseguite collegando il prototipo ad un motore elettrico con variatore continuo di velocità. I risultati ottenuti sono serviti per individuare i pregi del sistema, ma soprattutto i difetti da eliminare nelle successive fasi di messa a punto.

#### *Progettazione e realizzazione di piccole modifiche e messa a punto del sistema*

Si sono studiati e realizzati nuovi attacchi degli organi lavoranti e più efficienti meccanismi per la loro movimentazione fuori asse. Le modifiche progettate sono state immediatamente realizzate per poter passare alle successive prove operative di campo.

#### *Prime sperimentazioni operative della macchina sul terreno (figure 2 e 3)*

Il prototipo completato e messo a punto, è stato testato nella lavorazioni di un terreno nudo, piuttosto sciolto, per evitare eccessivi stress agli organi di lavoro. I primi risultati sono più

che soddisfacenti, anche se poco significative per le condizioni del suolo soffice ed umido, anziché asciutto e costipato. I risultati hanno evidenziato alcune funzioni ancora non perfettamente conformi alle aspettative: la corsa verticale delle scarpe ancora è parsa troppo breve per il sollevamento ideale del terreno; le piastre vibranti sono parse troppo strette per sollevare una fascia di terreno di sufficiente larghezza; si sono verificati leggeri spostamenti delle ancore sul telaio per l'elasticità delle staffe regolabili di bloccaggio; le oscillazioni hanno lievemente flesso l'albero esagonale di trasmissione agli eccentrici, flessioni che tendono a creare una rapida usura degli organi con il rischio di rotture.

#### *Costruzione della versione definitiva della macchina*

Le esperienze acquisite nel realizzare e sperimentare il prototipo hanno fornito tutti gli elementi tecnici per progettare e realizzare la macchina commerciale in versione definitiva. La macchina è stata ricostruita sulla scorta di un nuovo progetto computerizzato.

#### *Progetto esecutivo e costruzione della macchina*

Il progetto computerizzato ha ottimizzato il sistema di costruzione della macchina apportando le modifiche d'anzì riscontrate: escursione della scarpa del ripper estesa da 50 a 70 mm; piede vibrante allargato da 35 cm a 45 cm con piastra sovrapposta intercambiabile; albero esagonale di trasmissione agli eccentrici sostituito da due piccoli cardani estensibili per regolare la larghezza di lavoro; sostituzione del tirante a vite doppia con un martinetto idraulico per regolare la profondità di lavoro.



*Fig. 4 – Modifiche al prototipo.*

La macchina commerciale è molto simile al prototipo precedente. Infatti sono stati sostituiti solo pochi elementi al precedente prototipo per creare la macchina a due e tre ancore in forma definitiva pronte per la commercializzazione (Fig 5 e 6).

La figura 5 mostra la versione base del ripper a doppia scarpa vibrante dotato di rulli frangizolle ad altezza regolabile che poggiando a terra fa variare la profondità di lavorazione. La macchina in esposizione nella figura 6 è la versione a 3 piedi vibranti. Il sistema proviene dalla combinazione di due attrezzature utilizzate a cantieri riuniti: un ripper a doppia scarpa vibrante al quale è agganciato, in posizione posteriore centrale, un secondo ripper a piede vibrante unico. In questo caso, come si può notare dall'immagine, la regolazione della profondità di lavorazione è dovuta al livello dalle due ruote metalliche laterali. Sia i rulli frangizolle che le ruote metalliche laterali hanno il compito di bloccare le oscillazioni e le vibrazioni verticali trasmesse dai piedi vibranti.

#### *Prove sperimentali di campo delle macchine*

La macchina così perfezionata è stata sottoposta a severe prove sperimentali per valutarne la funzionalità e la durata nelle condizioni operative previste dal progetto.



*Fig. 5 e 6 – La macchina definitiva nelle versioni a doppia e tripla scarpa vibrante.*

La sperimentazione è stata più volte ripetuta nell'agro faentino, ai piedi dell'Appennino, dalla fine dell'inverno all'inizio della primavera. Il terreno scelto era piuttosto pesante (di granulometria argilloso-limosa) asciutto e particolarmente costipato in seguito a ripetuti passaggi dei pneumatici dei trattori per più anni, senza effettuare lavorazioni profonde. Le prove si sono svolte sia su terreno lavorato superficialmente sia su terreno inerbato.

Lo studio sull'efficienza del sistema nella lavorazione del terreno si è realizzato filmando l'effetto della rippatura a partire da una sezione libera verticale del suolo (Fig 7). Come appare nella sequenza della figura 10 si è iniziata la prova di lavorazione con il ripper posto alla profondità desiderata in un fossato scavato in testa al filare. La sequenza fotografica mostra la penetrazione nel terreno della scarpa vibrante del ripper. Il terreno sovrastante la piastra vibrante si rompe in grosse zolle che si sollevano generando una serie di fessurazioni che vanno allargandosi dalla suola di lavorazione verso la superficie. Scavando il terreno smosso si è rilevata una sezione trapezoidale delle seguenti misure:

profondità 45 cm – larghezza in profondità = 35 cm – larghezza in superficie = 60 cm

profondità 60 cm – larghezza in profondità = 45 cm – larghezza in superficie = 90 cm

La lavorazione solleva il terreno in superficie creando un profilo a doppia andana (alta circa 10 cm), ai lati di un piccolo solco centrale provocato dallo scorrimento dell'ancora. I rulli frangizolle spianano solo in parte le prode formate da zolle molto grosse tenaci.

*Prove di lavorazione del terreno con il prototipo a due ancore*

Le figure 8, 9 e 10 rappresentano alcune prove di ripuntatura in vigneto. Il ripper doppio è stato provato utilizzando sia la scarpa vibrante stretta, sia quella allargata dalla piastra sovrapposta (35 e 45 cm). La macchina è stata provata a due profondità di lavoro (45 e 60 cm). La profondità è stata regolata dai rulli frangizolle appoggiati a terra in modo fisso (regolazione meccanica) o variabile (regolazione oleodinamica). Le prove sono state eseguite a due velocità di avanzamento (2,2 e 3,4 km/h). I rilievi hanno riguardato: la potenza necessaria per la



*Fig. 7 – Ingresso del ripper in un terreno compatto: è chiaro l'effetto del sollevamento alternato della scarpa vibrante che rompe il suolo sovrastante in grosse zolle e crea il foro di drenaggio.*



*Figg. 8, 9 e 10 – Prove del ripper a 2 ancore in vigneto con terreno costipato dalle ruote del trattore: partenza dalla capezzagna; vista posteriore in fase di rippatura e frangitura delle zolle in terreno lavorato; risultato della lavorazione lungo un filare del vigneto inerbato.*

trazione e per la movimentazione della scarpa vibrante, oltre allo slittamento del trattore. I risultati raggiunti sono riportati nelle tabelle 1 e 2.

Tab. 1 – Risultati delle prove del ripuntatore a doppia scarpa vibrante larga 45 cm.

Profondità	Avanzamento trattore 2,2 km/h			Avanzamento trattore 3,4 km/h		
	Potenza x trazione kW	Potenza x alla p.d.p. kW	Slittamento %	Potenza trazione kW	Potenza alla p.d.p. kW	Slittamento %
45 cm	33,2	6,1	20,2	43,6	3,7	17,5
60 cm	40,6	8,4	21,8	51,2	5,0	19,9

Appare evidente che lo sforzo maggiore è richiesto dalla trazione del ripper. Per lo sforzo richiesto alla motrice è necessario utilizzare un trattore della potenza nominale di 90 cv. La potenza assorbita alla p.d.p. dal sistema di movimentazione dei piedi vibranti è assai modesta. Lo slittamento degli pneumatici, anche se larghi e a bassa pressione, è risultato molto accentuato, per cui sarebbe più indicato l'utilizzo di una trattoria cingolata.

Tab. 2 – Risultati delle prove del ripuntatore a doppia scarpa vibrante larga 35 cm.

Profondità	Avanzamento trattore 2,2 km/h			Avanzamento trattore 3,4 km/h		
	Potenza x trazione kW	Potenza x alla p.d.p. kW	Slittamento %	Potenza trazione kW	Potenza alla p.d.p. kW	Slittamento %
45 cm	29,8	4,9	16,8	38,7	2,7	15,3
60 cm	35,7	6,6	18,4	47,9	4,1,0	17,8

In entrambi i casi si è registrato che la potenza dissipata per lo slittamento del trattore è inferiore a 0,8 kW. Non sono state rilevate differenze di potenza per la lavorazione del terreno inerbito rispetto a quello lavorato. Naturalmente, come prevedibile, nel caso di “pratino” bagnato lo slittamento degli pneumatici aumenta notevolmente.

#### *Prove di lavorazione del terreno con il prototipo a tre ancore*

Il progetto originale è stato ampliato realizzando e sperimentando un prototipo di ripper a tre scarpe vibranti. Le prove sono documentate dalla figura 11.



*Fig. 11 – Macchina con 3 ripper a scarpa vibrante: questa soluzione è indicata per le lavorazioni e lo scasso di superfici più ampie ma non per gli interfilari.*

Regolando a 80 cm la distanza fra le ancore, ha creato una fascia di terreno lavorato larga circa 2,5 m. Tale soluzione può essere adatta per la ripuntatura di tutta la superficie del terreno per un'aratura media o uno scasso profondo senza il rovesciamento del terreno.

### **Conclusioni**

Il ripuntatore a doppio piede vibrante completato e sperimentato nel 2008, è risultato perfettamente corrispondente alle aspettative iniziali. Il ripuntatore appare molto interessante per la lavorazione degli interfilari di frutteti e vigneti per rompere le due fasce di terreno compattato dai ripetuti passaggi delle macchine motrici ed operatrici. La lavorazione permette l'arieggiamento del suolo, l'infiltrazione dell'acqua piovana per evitare erosioni superficiali ed il drenaggio nel caso di ristagni idrici profondi.

La macchina è interessante anche perché compie lavorazioni medie e medio-profonde del terreno senza rovesciarlo, sistema che permette di mantenere inalterata la struttura e la fertilità nello strato superficiale che rimane nella sua posizione iniziale. La ripuntatura per dissodare tali fasce di terreno rappresenta quindi una valida alternativa alla tradizionale aratura. Gli utensili fissi dei tradizionali ripuntatori trainati sollevano e rompono il suolo in modo molto limitato solo sul piano verticale senza lasciare un efficace solco drenante, anche con l'utilizzo il cono-talpa.

Il progetto mette a disposizione di frutticoltori e viticoltori l'unica macchina che può effettuare una lavorazione medio-profonda su due file a distanza regolabile senza limiti. Le prospettive per la commercializzazione della macchina sono quindi molto promettenti.

Anche la soluzione a tre ancore è interessante per la lavorazione di ampie superfici di terreno nudo o per lo scasso pre-impianto di frutteti senza ribaltamento del terreno.

L'uso del ripuntatore a scarpa vibrante è conveniente anche per la modesta potenza richiesta per il suo utilizzo. Maggiore potenza, ma soprattutto aderenza, è richiesta per la trazione in relazione alla profondità massima di lavoro. Per questo è utilizzabile in aziende frutticole e viticole soprattutto se sono dotate di trattori cingolati di modesta potenza.

L'ultimo esemplare è stato costruito secondo il progetto definitivo del mezzo per cui la macchina commerciale ormai può essere realizzata in piccole serie.

#### **2.1.9 - Realizzazione di un dispositivo per l'ottimizzazione del flusso d'aria prodotto dai ventilatori assiali utilizzati sulle irroratrici per le colture arboree**

Ditta: Nobili S.p.A. Costruzioni Meccaniche per l'Agricoltura Via Circonvallazione Sud, 46 – 40062 Molinella (BO)

Referente Scientifico: Prof. Paolo Balsari e Dr. Mario Tamagnone dell'DEIAFA dell'Università degli Studi di Torino

### **Introduzione**

La distribuzione dei fitofarmaci alle colture arboree viene, generalmente, effettuata impiegando macchine irroratrici in grado di erogare una corrente di aria e di liquido. La corrente d'aria ha la funzione di trasportare le goccioline di liquido sul bersaglio e di garantirne la loro penetrazione all'interno della massa fogliare. Le irroratrici attualmente più diffuse sono dotate di un ventilatore assiale collocato nella parte posteriore della macchina. Il difetto più importante di tale tipo ventilatore è quello di generare una corrente d'aria in prossimità della vegetazione con velocità differenti in funzione della quota. In pratica, aumentando la quota di rilievo si assiste ad una riduzione della velocità dell'aria pari anche al 50%. Ciò è sicuramente negativo quando si devono trattare colture caratterizzate da una massa vegetativa che si sviluppa in maniera omogenea sulla parete verticale. In tale situazione vegetativa, che sicuramente è la più

diffusa in Italia, diventa difficile per l'agricoltore regolare la macchina per ottenere una velocità dell'aria ottimale.

Le tecnologie attualmente esistenti per ottenere un flusso d'aria costante, indipendentemente dalla quota, si basano sull'uso di ventilatori tangenziali alti come la parete da trattare o centrifughi dotati di sistemi di convogliamento dell'aria in prossimità della parete. Si tratta, tuttavia, di soluzioni costruttive oggi poco applicabili a seguito della diffusione della copertura dei frutteti con reti antigrandine che ha notevolmente limitato l'altezza delle macchine irroratrici impiegate e, pertanto, c'è stato un ritorno verso sistemi di distribuzione tradizionali con ventilatori assiali.

La ricerca svolta aveva l'obiettivo di definire la quantità di aria necessaria per ottenere una buona copertura del bersaglio e, successivamente, sviluppare un ventilatore assiale in grado di generare un flusso d'aria con velocità costante a tutte le quote.

#### *L'attività sperimentale condotta*

In laboratorio sono state effettuate una serie di prove per caratterizzare la corrente d'aria prodotta da diversi tipi di ventilatori al fine di ottenere flussi con differenti velocità, mentre in campo sono state confrontate le prestazioni delle differenti soluzioni messe a punto.

In particolare, le prove sperimentali per la messa a punto dei ventilatori oggetto della sperimentazione sono state svolte presso il laboratorio "Crop Protection Technology" del DEIA-FA dell'Università di Torino, mentre la valutazione in frutteto della qualità della distribuzione è stata effettuata presso l'azienda "Paolo Brunetti" di Verzuolo (CN) in pescheti caratterizzati da differenti età e sviluppo vegetativo.

La misura della velocità dell'aria erogata dall'irroratrice è stata effettuata su un piano verticale posto ad una distanza di 2.0 m rispetto all'asse longitudinale della macchina impiegando un anemometro sonico. Per garantire il corretto posizionamento del sistema di misura è stato impiegato un banco prova costituito da un dispositivo di sollevamento e traslazione idraulico con controllo elettronico.

La valutazione della qualità della distribuzione è stata effettuata distribuendo una miscela di acqua + tracciante colorato (Tartrazina). In particolare, dopo ciascuna distribuzione si è proceduto al campionamento delle foglie. Per ogni punto di rilievo sono state prelevate 5 foglie che sono state inserite in singoli barattoli di plastica per la successiva analisi spettrofotometrica in laboratorio.

#### *Determinazione velocità ottimale dell'aria*

Al fine di definire la velocità dell'aria necessaria per ottenere una corretta copertura del bersaglio oggetto del trattamento è stato realizzato un apposito prototipo di gruppo di distribuzione in grado di fornire un flusso di aria orizzontale con 6 velocità comprese fra 3.7 e 23.0 m/s. È stato utilizzato un gruppo di distribuzione a bocchette orientabili Nobili-Oktopus 45-1000T opportunamente modificato. Dopo la messa a punto della macchina irroratrice in laboratorio, si è proceduto all'esecuzione delle prove di distribuzione in campo. Si è operato nella seconda metà di giugno in 2 differenti pescheti: uno al 3° anno dall'impianto (piante piccole) e l'altro in pieno sviluppo al 6° anno dall'impianto (piante grandi). Entrambe gli impianti erano caratterizzati da un'interfila di 4.3 m.

La qualità della distribuzione è stata valutata con le 6 velocità dell'aria impiegando una velocità di avanzamento di 6.5 km/h, un regime di rotazione della pdp pari a 500 giri/min e un volume di distribuzione di 400 l/ha.

Per ognuna delle tesi confrontate è stata effettuata la distribuzione sui 2 lati del filare su una parcella lunga 40 m. I campioni di foglie sono stati prelevati al centro della fascia interessata dalla distribuzione. Per ogni tesi confrontata sono stati effettuati 5 campionamenti ognuno dei quali in 2 posizioni: esterno della parete vegetativa e interno della stessa, in prossimità del tronco.

### *Ottimizzazione del ventilatore assiale*

I ventilatori assiali utilizzati sulle macchine irroratrici sono, generalmente, in grado di erogare una corrente d'aria con velocità costante lungo tutta la bocca di uscita. Tale uniformità di uscita dell'aria dal ventilatore si traduce, però, in una notevole differenziazione della velocità con la quale l'aria giunge in prossimità della parete vegetativa. In particolare, alle quote basse (fino a 1.2 m) la distanza fra bocca di uscita dell'aria e vegetazione è limitata e, quindi, sulla parete si rilevano velocità dell'aria molto elevate. Aumentando la quota di rilievo si ha un incremento della distanza fra bersaglio e ventilatore che genera una progressiva riduzione della velocità con la quale l'aria giunge sul bersaglio. Tali velocità sono state misurate in laboratorio utilizzando un gruppo di distribuzione Geo 90S, di normale produzione, caratterizzato da un ventilatore assiale con diametro di 900 mm e da una bocca di uscita suddivisa in 2 sezioni. All'interno della sezione posteriore sono inseriti gli ugelli per l'erogazione del liquido dotati di aletta per la regolazione del flusso d'aria, mentre la sezione anteriore è priva di sistemi di regolazione. Il ventilatore è azionato mediante un gruppo moltiplicatore con 2 rapporti di trasmissione (1:3.5, 1:4.0).

Per rendere omogeneo a tutte le quote il flusso di aria si è agito in 2 direzioni: riduzione della velocità dell'aria a quote inferiori a 1.5 m e aumento nella zona superiore. In particolare, per la riduzione alle quote basse è stata chiusa una parte della sezione di uscita anteriore in maniera da limitare la quantità di aria erogata. Tale chiusura ha generato un incremento della velocità dell'aria nella fascia superiore. È stato necessario inserire una serie di alette anche nella sezione anteriore al fine di indirizzare correttamente il flusso d'aria. Il profilo desiderato è stato ottenuto a seguito della determinazione della velocità dell'aria sulla parete verticale con differenti regolazioni dei particolari aggiunti al ventilatore.

Sono state svolte una serie di verifiche in frutteto con ventilatore modificato. È stata confrontata la qualità della distribuzione ottenuta con i seguenti gruppi distribuzione:

- Geo 90S in configurazione standard;
- Geo 90S modificato a seguito delle prove di laboratorio;
- Oktopus con 7 bocchette, regolate per ottenere un flusso d'aria con velocità omogenea lungo tutta la parete vegetativa.

Si è operato nel frutteto in pieno sviluppo con un volume di distribuzione di 400 l/ha e velocità di avanzamento di 6.5 km/h.

Dopo la distribuzione effettuata sui 2 lati dello stesso filare è stato effettuato il campionamento delle foglie in 5 diversi punti: basso (1.1-1.3 m) esterno, medio (2.5-2.8 m) esterno ed interno e alto (3.7-4.0 m) esterno ed interno. Per ogni punto di campionamento sono state effettuate 5 ripetizioni.

### *Risultati ottenuti*

#### *Determinazione velocità ottimale dell'aria*

Sulle piante grandi il deposito fogliare è risultato influenzato dalla posizione di campionamento (esterno o interno) e dai parametri operativi utilizzati nel corso della distribuzione. La media dei valori registrati sull'esterno della parete vegetativa è pari a 0.76  $\mu\text{l}/\text{cm}^2$ , mentre all'interno della pianta sono stati rilevati 0.43  $\mu\text{l}/\text{cm}^2$ , con una riduzione pari al 43%. Dall'analisi dei valori medi dei depositi ottenuti con le differenti velocità dell'aria in prossimità della parete vegetativa si può affermare che la velocità dell'aria che consente di ottenere il miglior deposito è compresa fra 12 e 16 m/s (Fig. 1). Riducendo la velocità dell'aria si assiste ad un progressivo aumento del deposito sulle foglie esterne e ad una riduzione su quelle interne. Con velocità dell'aria superiori a 16 m/s si ha una riduzione del deposito in entrambe le posizioni di campionamento (foglie interne ed esterne).

Dall'analisi dei risultati ottenuti dalle prove effettuate sul frutteto giovane è emersa un'influenza dei parametri operativi impiegati nella distribuzione analoga a quella riscontrata ope-

rando su piante di dimensioni maggiori. I valori medi del deposito sulla parete esterna sono risultati pressoché uguali a quelli rilevati sulle piante grandi (0.74  $\mu\text{l}/\text{cm}^2$ ), mentre sulle foglie interne il deposito è risultato inferiore del 34% (0.49  $\mu\text{l}/\text{cm}^2$ ) rispetto a quello rilevato sulle foglie esterne. Su queste ultime, l'aumento della velocità dell'aria utilizzata per la distribuzione ha causato una progressiva riduzione del deposito, mentre sulle foglie interne è stato confermato il trend rilevato sulle piante grandi, ma si è assistito ad uno spostamento del valore massimo del deposito in corrispondenza di velocità dell'aria inferiori (7-10 m/s). Considerando il valore medio dei depositi, nel caso di distribuzione su piante caratterizzate da uno sviluppo limitato, per ottenere la maggior uniformità è necessario operare con velocità dell'aria comprese fra 6 e 10 m/s (Fig. 1).

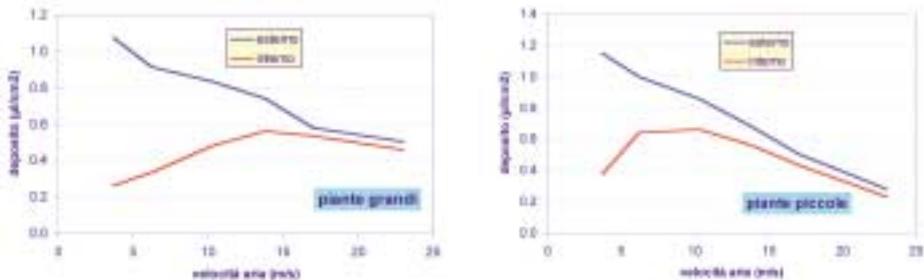


Fig. 1 – Variazione del deposito fogliare in funzione della velocità dell'aria e della posizione di campionamento.

#### Ottimizzazione ventilatore assiale

La velocità dell'aria misurata sulla parete verticale a 2.0 m di distanza dall'asse longitudinale del ventilatore per il gruppo di distribuzione Geo 90S di normale produzione da parte della ditta Nobili è risultata variabile in funzione della quota di rilievo. In particolare fino alla quota di 1 m la velocità è risultata pari a 13 m/s. All'aumentare della quota di rilievo è stata registrata una progressiva riduzione della velocità dell'aria fino a raggiungere il valore di 5.2 m/s a 3.9 m da terra (Fig. 2). La differenza fra il valore massimo e quello minimo è risultata pari a 7.8 m/s. I rilievi eseguiti durante la messa a punto del prototipo hanno evidenziato la possibilità di modificare in modo sostanziale il profilo di distribuzione verticale dell'aria. Ottimizzando la disposizione dei deflettori presenti all'interno del carter della ventola è stato possibile ottenere un profilo caratterizzato da velocità dell'aria praticamente costanti (differenza fra massimo e minimo pari a 1.9 m/s) a tutte le quote di rilievo (Fig. 2).

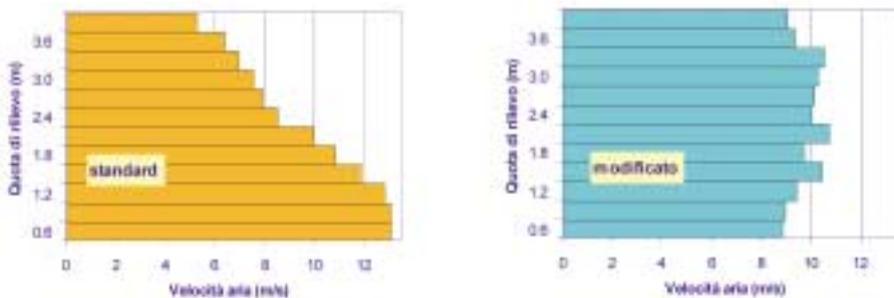


Fig. 2 – Profilo di distribuzione dell'aria del gruppo di distribuzione standard.

I risultati relativi alle prove di distribuzione in frutteto hanno evidenziato sostanziali differenze fra le prestazioni del gruppo di distribuzione standard e quello modificato a seguito delle sperimentazioni effettuate in laboratorio. La versione standard ha fatto registrare un deposito elevato in posizione esterno-medio (3.3  $\mu\text{l}/\text{cm}^2$ ) e ridotto nella parte alta della pianta (0.6  $\mu\text{l}/\text{cm}^2$  esterno-alto e 0.3  $\mu\text{l}/\text{cm}^2$  interno-alto). Con il gruppo di distribuzione modificato sono stati registrati depositi fogliari compresi fra 1.1  $\mu\text{l}/\text{cm}^2$  e 2.5  $\mu\text{l}/\text{cm}^2$  (Fig. 3).

La modifica della sezione di uscita del ventilatore è risultata in grado di migliorare la qualità della distribuzione sul bersaglio. Le differenze maggiori si evidenziano nella parte alta parete vegetativa, più sensibile agli attacchi degli insetti, dove sono stati registrati incrementi del deposito pari al 184% all'esterno e 293% per quanto riguarda le foglie interne (Fig. 4). Alle quote inferiori, il contenimento del deposito nella fascia media consente di limitare i fenomeni di perdita per gocciolamento.

I risultati ottenuti con i gruppi di distribuzione a bocchette orientabili (Oktopus), analoghi a quelli descritti per il gruppo con ventilatore assiale modificato, evidenziano che l'entità del deposito non dipende dalla tipologia del gruppo di distribuzione impiegato bensì dalla velocità con la quale l'aria giunge sul bersaglio.

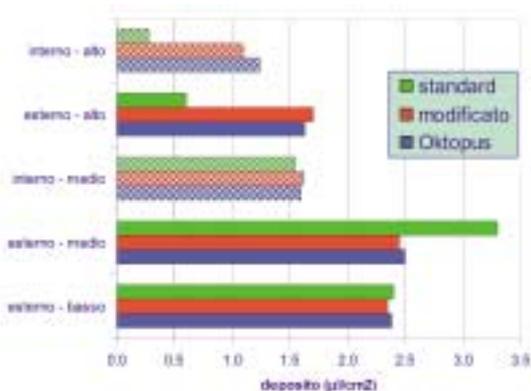


Fig. 3 – Deposito fogliare in funzione della posizione di rilievo.

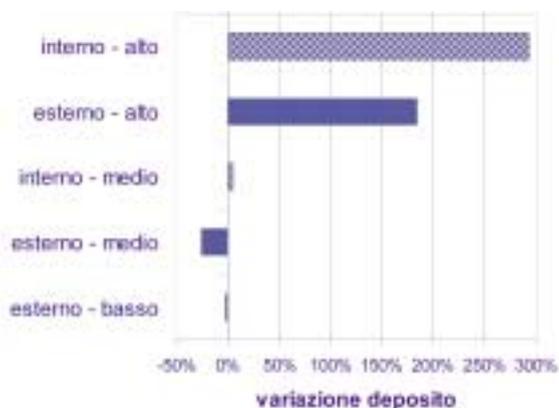


Fig. 4 – Variazione del deposito fogliare a seguito della modifica del profilo di distribuzione dell'aria in funzione della posizione di rilievo.

## Conclusioni

Per ottenere una buona omogeneità del deposito fogliare è necessario che la velocità con la quale la corrente d'aria deve giungere in prossimità della parete vegetativa sia adeguata alla massa vegetativa oggetto del trattamento. In particolare, su piante di limitato sviluppo è sufficiente una velocità dell'aria di 6-10 m/s, mentre in presenza di piante più sviluppate è necessario incrementare l'entità del flusso d'aria fino ad ottenere velocità di 12-16 m/s. In tutte le tipologie di frutteto velocità dell'aria eccessive generano una riduzione del deposito fogliare che va a scapito dell'efficacia biologica del trattamento.

Grazie al nuovo ventilatore assiale sviluppato è stato possibile incrementare il deposito medio sulla vegetazione del 14%, ridurre la disformità dello stesso alle diverse altezze della vegetazione e contenere le perdite di prodotto a terra.

## 3. Conclusioni sul secondo programma “macchine innovative”

Con il presente programma l'ENAMA ha contribuito a fornire risposte concrete in settori dell'agricoltura che necessitano sempre più di innovazioni in grado di far fronte a impellenti e impegnative problematiche legate alla continua evoluzione normativa e delle tecniche colturali. In risposta a tali cambiamenti l'industria agromeccanica è chiamata ad aggiornare e innovare le soluzioni fornite assicurando agli operatori dei mezzi e delle attrezzature un utilizzo corretto e sicuro delle macchine agricole in funzione sia del rispetto ambientale sia della sicurezza degli operatori stessi che la qualità dei prodotti.

Grazie alla natura sociale dell'ENAMA stesso, che rappresenta tutti i soggetti del mondo meccanico agrario oltre che le Regioni ed il Mipaaf, è stato possibile selezionare in modo opportuno le migliori scelte per ottemperare le suddette necessità, avendo come preciso obiettivo lo sviluppo di soluzioni di rapida applicazione e di concreta efficacia.

Facendo riferimento alle linee di intervento prescelte e volendo riassumere in estrema sintesi i risultati ottenuti con la realizzazione del programma biennale di sperimentazione, le conclusioni da trarre sono le seguenti.

Per il **miglioramento delle tecniche di raccolta della frutta e dell'uva**, è stata selezionata la ditta Eredi Bagioni Alfiero di Forlì che ha realizzato una agevolatrice per la raccolta dell'uva da tavola in vigneti a tendone (Sub progetto n.3). I principali pregi dimostrati dalla macchina agevolatrice si possono sintetizzare come segue:

- generale risparmio di manodopera;
- confortevole condizione di lavoro degli addetti al confezionatori del raccolto, seduti comodamente sul mezzo;
- notevole risparmio di energie, mancanza di rumori e vibrazioni e scarsa necessità di manutenzione, essendo un mezzo a trazione elettrica.

Per quanto attiene all'**incremento dell'efficienza nell'irrigazione**, la ditta Ditta Comer Industries di Reggio (Sub progetto n. 5) ha realizzato e sperimentato un sistema mecatronico per la gestione pluviometrica degli irrigatori a naspo. L'obiettivo alla base del progetto è stato volutamente quello di consentire un risparmio di acqua irrigua non tanto per rispondere alla logica dell'emergenza idrica, che si presenta periodicamente con sempre maggiore frequenza senza consentire di impostare strategie durature, ma in vista dell'utilizzo ottimizzato e sostenibile di questa risorsa. Obiettivo che diventa perseguibile con questa automazione spinta degli irrigatori a naspo e fornendo una risposta concreta alla richiesta sempre più pressante di una maggiore sostenibilità dal punto di vista ambientale della pratica dell'irrigazione e della gestione in generale della risorsa idrica.

In risposta alla domanda di **migliore conservazione del terreno nel rispetto dell'ecompatibilità** si deve sottolineare come la capacità di innovare dell'industria agromeccanica italiana sia stata in grado di migliorare attrezzature tradizionali quali erpici e ripuntatori con adattamenti e solu-

zioni meccaniche innovative, anche di difficile realizzazione, in grado di aumentare l'eco-compatibilità delle lavorazioni del terreno tradizionali. In particolare la ditta Frandent di Osasco (Sub progetto n.7) con l'“Erpicatore livellatore perimetrico” ha realizzato una macchina per la lavorazione del terreno in grado di compiere contemporaneamente due lavorazioni successive ortogonali che, oltre a migliorare l'affinamento dello strato superficiale del suolo, ha la tendenza a livellarlo.

La ditta O.N.G. di Castel Bolognese (Sub progetto n.8) con il “Doppio ripuntatore a piede vibrante” ha realizzato una macchina in grado di effettuare le lavorazioni medie e medio-profonda del terreno senza il suo rovesciamento. In questo modo si fornisce uno strumento valido per mantenere inalterata la struttura e la fertilità del suolo nello strato superficiale che rimane nella sua posizione iniziale e ridurre la perdita sostanza organica.

Inoltre il terreno lavorato mantiene un ottimo grado di porosità che facilita sia l'infiltrazione e il drenaggio dell'acqua nella stagione periodi autunno-invernale, sia la risalita idrica nei periodi siccitosi.

Ultimo, non certo per importanza, l'**aumento dell'efficienza nell'applicazione dei prodotti chimici** è stato il tema maggiormente studiato e che ha avuto come riscontro il maggior numero di macchine e attrezzature innovative. È il caso di macchine complete per la protezione delle colture, ripensate con particolari innovazioni specifiche per il vigneto e il frutteto, quale ad esempio la “Macchina irroratrice ad aeroconvezione per vigneto” della ditta Agricolmeccanica S.r.l. di Torviscosa (sub progetto n.1), o dell'“Irroratrice a tunnel con distribuzione assistita” della ditta Caffini S.p.A. di Palù (sub progetto n.4), entrambe, attraverso particolari dispositivi, in grado di intercettare e recuperare la soluzione di fitofarmaco erogato in eccesso. Altre innovazioni come la “macchina combinata interra sassi-rullo-irroratrice” della ditta Forigo Roteritalia di Salizzole (sub progetto n.6) forniscono una risposta alla crescente necessità di disporre di macchine a cantieri riuniti (risparmio di tempo nell'esecuzione delle operazioni culturali), soprattutto nella vivaistica e nell'orticoltura di macchine in grado di aumentare l'efficacia dei fitofarmaci (con la diretta incorporazione) di ridurre l'impatto ambientale (con la riduzione della volatilizzazione o dilavamento superficiale), e contenerne le dosi per ettaro (distribuzione a bande).

Infine, sempre per quanto attiene la tematica della riduzione dell'impatto ambientale derivante dall'impiego dei fitofarmaci, bisogna segnalare il “sistema per l'ottimizzazione dell'agitazione della miscela fitoiatrica nei serbatoi delle macchine irroratrici” della ditta Arag di Rubiera (sub progetto n.2) che risponde in pieno alla necessità di disporre di macchine per la distribuzione dei prodotti per la protezione delle colture sempre più efficaci e precise. Bisogna sottolineare come il progetto medesimo e le soluzioni innovative ideate scaturiscano dalla volontà di rispettare criteri di performance ambientali delle irroratrici sempre più severi e che l'analisi delle sperimentazioni sia stata condotta nel rispetto degli standard internazionali relativi all'agitazione della miscela fitoiatrica all'interno dei serbatoi delle irroratrici (norma ISO 5682-3).

Anche il “dispositivo per l'ottimizzazione del flusso d'aria prodotto dai ventilatori assiali utilizzati sulle irroratrici per le colture arboree” della ditta Nobili di Molinella (sub progetto n.9), scaturisce da una necessità reale, espressa dai frutticoltori e operatori in genere più sensibili all'impatto ambientale dei trattamenti delle colture, di regolare la velocità dell'aria in funzione della tipologia di vegetazione da trattare al fine di ottimizzare il deposito di miscela sulle foglie.

Al termine di questo rapido riassunto delle innovazioni prodotte dal programma, è doveroso sottolineare come esse siano anche merito del supporto tecnico scientifico prestato dal CRA-ING, dal Dipartimento TESAF dell'Università di Padova, dal laboratorio “Crop Protection Technology” del DEIAFA dell'Università di Torino e dal C.N.R. – Imamoter di Torino.

Infine è utile ricordare che il coordinamento ENAMA non si esaurisce con il termine del programma ma continuerà grazie anche all'azione che ENAMA svolge come coordinatore dell'**ENTAM (European Network for Testing of Agricultural Machines)**. Grazie all'ENAMA, i costruttori che fossero interessati alla certificazione delle performance delle macchine innovative sopra descritte e al loro riconoscimento da parte dei membri del network ENTAM, troveranno un servizio aggiuntivo che dia un significativo riscontro anche in termini commerciali al successo delle innovazioni proposte.



**ENTE NAZIONALE PER LA MECCANIZZAZIONE AGRICOLA**

00159 Roma - Via Venafro, 5  
Tel. +39 06 40860030-27 - Fax +39 06 4076264  
Internet: [www.enama.it](http://www.enama.it) - E-mail: [info@enama.it](mailto:info@enama.it)