



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI CATANIA

DIPARTIMENTO DI GESTIONE DEI SISTEMI AGROALIMENTARI E
AMBIENTALI – SEZIONE MECCANICA

ROBERTA BONSIGNORE

SVILUPPO DI SOLUZIONI INNOVATIVE PER LA MECCANIZZAZIONE DELLA VITICOLTURA MEDITERRANEA

Tesi per il conseguimento del titolo di Dottore di Ricerca

TUTOR:

Chiar.mo prof. GIAMPAOLO SCHILLACI

COORDINATORE:

Chiar.ma prof.ssa CLAUDIA ARCIDIACONO

DOTTORATO DI RICERCA IN INGEGNERIA AGRARIA
XXIII CICLO

“La chiave di tutte le scienze è indiscutibilmente il punto di domanda. Dobbiamo la maggior parte delle grandi scoperte al come? E la saggezza della vita consiste forse nel chiedersi, a qualunque proposito, perché?” Honoré de Balzac (1799-1850)

*A mia mamma e a mio papà,
scomparso recentemente, per avermi
educato al culto della libertà e della
solidarietà, e per avermi insegnato a godere
delle bellezze della natura e del paesaggio*

*In ricordo di Giovanfernando Scudero,
agronomo e persona a me tanto cara*

In memoria del prof. Giacomo Blandini

INDICE

INDICE	1
ABSTRACT.....	5
INTRODUZIONE.....	7
CAPITOLO 1	13
IL CONTESTO PRODUTTIVO	13
1.1 Il comparto e gli orientamenti del mercato	13
1.2 Il contesto produttivo italiano	17
1.3 Il panorama vitivinicolo della Sicilia	19
1.3.1 La Sicilia e le sue macroaree vitate.....	22
1.4 Modelli viticoli tradizionali.....	26
CAPITOLO 2	33
LA GESTIONE DEL VIGNETO E LA MECCANIZZAZIONE	33
2.1 Aspetti generali.....	33
2.2 Obiettivi agronomici e macchine agricole.....	35
2.2.1 Difesa fitosanitaria e distribuzione dei fitofarmaci.....	36
2.2.2 Gestione del terreno	38
2.2.3 Concimazione e fertilizzazione	38
2.2.4 Gestione della chioma.....	39
2.2.5 Vendemmia	41
2.3 Stato dell'arte della meccanizzazione dell'alberello	42
CAPITOLO 3	45
LE ATTIVITÀ SPERIMENTALI	45
3.1 Introduzione	45
CAPITOLO 4	48
INDAGINE SULLA MECCANIZZAZIONE VITICOLA E ASPETTI DELLA SICUREZZA.....	48
4.1 Obiettivi e motivazioni.....	48
4.2. Materiali e metodi	49
4.3 Risultati	50
4.3.1 Aspetti generali	50
4.3.2 Macchine motrici e dispositivi per la trasmissione del moto.....	52

4.4 Meccanizzazione dell'alberello	66
4.5 Discussioni.....	69
4.6 Conclusioni capitolo 4	71
CAPITOLO 5	74
LA POTATURA INVERNALE NELLA SICILIA ORIENTALE	74
5.1 Introduzione.....	74
5.2 Materiali e metodi.....	74
5.2.1 I vigneti.....	75
5.2.2 Macchine potatrici.....	75
5.2.3 Attrezzi manuali e agevolatori.....	78
5.3 Risultati	78
5.3.1 Prepotatura meccanica	79
5.3.1 Rifinitura speroni e successiva stralciatura	80
5.3.2 Potatura manuale tradizionale	82
5.4 Conclusioni capitolo 5	83
CAPITOLO 6	86
ASPETTI CONNESSI ALLA SICUREZZA E AL BENESSERE DELL'OPERATORE.....	86
6.1 Premessa e obiettivi	86
6.2 PRODUZIONE DI POLVERI DI LEGNO E VOC DURANTE LA PREPOTATURA MECCANICA.....	88
6.2.1 Introduzione.....	88
6.2.2 Metodologia	91
6.2.3 Risultati e discussione	94
6.2.4 Conclusioni capitolo 6.2.....	98
6.3 DIFFERENZE TRA CULTIVAR IN TERMINI DI RESISTENZA PERCEPITA AL TAGLIO DAGLI OPERATORI NELLA POTATURA INVERNALE	101
6.3.1 Obiettivi e motivazioni	101
6.3.2 Metodologia	103
6.3.3 Risultati e discussioni.....	105
6.3.4 Conclusioni capitolo 6.3	110
CAPITOLO 7	111
VEICOLO ELETTRICA A DIVERSI GRADI DI AUTONOMIA	111
7.1 Introduzione	111

7.2 Descrizione del veicolo	113
7.3 Modalità di guida	114
7.4 Valutazione	117
7.5 Prospettive	118
7.6 Conclusioni capitolo 7.....	119
CAPITOLO 8.....	121
MACCHINA SPANDILETAME-SPANDICOMPOST AUTOCARICANTE	121
8.1 Premessa	121
8.2 Le macchine spandiletame	122
8.3 Descrizione della macchina spandiletame-spandicompost autocaricante	123
8.4 Azioni svolte durante lo sviluppo della macchina	125
8.4.1 Modifiche e prove	125
8.4.2 I risultati operativi	127
8.5 Discussioni	130
8.6 Conclusioni capitolo 8.....	131
CAPITOLO 9.....	133
PORTALE SCAVALLANTE MULTIFUNZIONE TRAINATO	133
9.1 Premessa	133
9.2 La meccanizzazione dell'alberello	134
9.3 Pre-Prototipo iniziale	134
9.4 Azioni svolte durante lo sviluppo della macchina	136
9.4.1 Prove di funzionalità del pre-prototipo	136
9.4.2 Revisione del pre-prototipo e configurazione attuale	138
9.4.3 Verifiche di funzionalità in campo.....	145
9.5 Conclusioni e prospettive capitolo 9.....	156
CAPITOLO 10.....	159
CONCLUSIONI E PROSPETTIVE	159
BIBLIOGRAFIA	167
APPENDICE A.....	I
Ringraziamenti.....	III

ABSTRACT

The research described in this thesis take the moves from a preliminary survey on mechanization of Etna mountain viticulture (Schillaci et al, 2006), through which it was found that the wine vineyards are inspired by "traditional" models and still shows uncertainty about machines to use and misunderstandings about the techniques used.

During the PhD has explored the theme of mechanization of vineyards conducted with traditional management systems, taking under study the wine-growing areas of Eastern Sicily represented by Etna (Catania) and the South East of the island (Ragusa and Siracusa).

From the results of a survey on mechanization of the wine-growing areas under study it was possible to identify the needs in terms of innovations in agricultural machinery, the organization of work, hygiene and environmental health professionals.

As a result, were planned and carried out activities aimed at the creation and development of innovative machines, as well as actions aimed at assessing the conditions of risk to operators during certain recurring transactions. From observations carried out in the yards of winter pruning, showed the presence of potential risk factors for the health of the worker. In this respect it was an investigation of driver exposure to airborne pollutants produced during the pre-pruning machine, and a study of the forces exerted by the cutting of branches during the manual execution, in the assessment of risks to musculoskeletal in pruner.

The results of experimental observations and interviews with farmers have highlighted the needs in terms of demand in innovation and the need to develop mechanical solutions readily available and commonly used in the production context of reference.

This resulted in the search for innovative solutions that have been developed in different degrees depending on the available resources found for each. In this regard, it has participated in the implementation of a "Multi-function electric vehicle autonomous" [OIGA, 2009], currently under development with different configurations (remote controlled, semi or fully autonomous) who, equipped with useful tools will satisfy needs in the innovation of management of high-density vineyards cultivated on steep slopes of terraced hillsides.

The activities have been devoted also to the improvement of a an innovative machine "Compact manure/compost spreading machine with variable speed distributor" [ENAMA, Innovative machines, 2008]], capable of delivering organic material in vineyards with limited space.

The interest in the goblet vineyards and the lack of equipment and solutions appropriate to the contexts identified by the survey, have stimulated the search for specialized equipment for these vineyards, a search that ended with the completion of

a pre-industrial prototype of multifunctional straddle carrier frame called "Portale scavallante multifunzione" [ENAMA, Innovative machines 2009], for the management of recurrent mechanized farming operations in the goblet vineyards.

In conclusion, the research has been articulated along a path made of experimental investigations, observations, comparisons with growers and manufacturers of agricultural machinery, which culminated in the development of innovative machines. In particular, it was developed in a multifunctional frame driven by a common tractor and still subject to testing and implementation, through which it is believed to have provided a response to strong demand for effective and comprehensive mechanization required by the growing number of supporters of the goblet vineyards.

INTRODUZIONE

Il comparto vitivinicolo rappresenta uno dei settori agricoli più avanzati per la ricerca e la specificità delle soluzioni tecniche adottate e, per tale ragione, offre numerosi argomenti allo studio delle scienze agronomiche, chimiche-enologiche, dell'economia e del diritto, oltre che dell'ingegneria meccanica.

L'Italia, primo Paese produttore di vino nel panorama mondiale (OIV, 2010), si distingue dalle altre nazioni, per alcuni elementi di particolare valenza quali: il patrimonio genetico, inalterato nei secoli, costituito da una significativa presenza di vitigni autoctoni, la riconoscibilità territoriale delle numerose referenze assai differenziate in funzione dei tanti e variegati *terroir*, e per la configurazione produttiva, caratterizzata dalla presenza di tante piccole aziende viticole la cui superficie media si aggira intorno a 1 ettaro.

La storia recente indica che, dagli anni '80, il susseguirsi di processi di espansione e di contrazione, le politiche strutturali, l'esigenza di una efficace meccanizzazione hanno condotto alla semplificazione dei modelli vitivinicoli: le forme di allevamento, veri iconemi del paesaggio, sono per lo più scomparse, le caratteristiche dei vini si sono standardizzate, espressione di complesse tecniche enologiche.

Negli ultimi 15 anni, il rinnovato interesse verso la vitivinicoltura di qualità, l'esigenza delle imprese di diversificare la produzione anche attraverso la valorizzazione delle tradizioni storiche e paesaggistiche del territorio, ha portato le nuove generazioni a ripercorrere la storia vitivinicola e a riportare le tradizioni colturali nell'areale produttivo, ricorrendo però agli strumenti perfezionati dall'innovazione tecnologica.

La Sicilia, la regione più vitata in termini di superficie, è caratterizzata dalla presenza di tante piccole e medie aziende vitivinicole che hanno fatto della riconoscibilità territoriale e della coltivazione con tecniche tradizionali, come ad esempio la conservazione dell'alberello, un punto di forza, associare incrementare aggiungere agli obiettivi della qualità valore aggiunto alle referenze prodotte.

Nel panorama storico ed economico della Sicilia, la vitivinicoltura occupa una posizione di primaria importanza; *“il vino della Sicilia orientale entra nel mito*

contribuendo alla fuga di Odisseo dalla caverna di Polifemo, quello della Sicilia occidentale si procura un posto nella storia sotto forma di quarantamila galloni stivati a bordo dell'ammiraglia di Nelson veleggiante per il Nilo. Forti, zuccherini, usati con poca o nulla gloria per irrobustire succhi d'uva esangui coltivati in regioni fredde, in seguito ai progressi delle tecniche, sia di coltivazione che enologiche, i vini siciliani oggi guadagnano con continuità gli onori della ribalta internazionale" (Schillaci *et al*, 2006).

La Sicilia è un vero e proprio continente viticolo per la sua variabilità orografica, pedoclimatica e la ricca biodiversità.

La base produttiva più specializzata è presente nell'area occidentale, rappresentata dalle province di Palermo, Agrigento e Trapani, da sempre caratterizzata da una forte componente imprenditoriale composta da grandi imprese di produzione e trasformazione oltre che da organismi associativi.

Attualmente, anche nelle aree viticole della Sicilia orientale si sta assistendo ad un forte dinamismo imprenditoriale, con conseguente rafforzamento e ampliamento delle strutture produttive di questi ambienti. Nel comprensorio dell'Etna e nel territorio delle province di Siracusa e Ragusa, si sono insediate, in questi ultimi dieci anni, importanti imprese di produzione italiane e prettamente siciliane, attratte dall'ambiente pedo-climatico e dal paesaggio agrario strettamente legato alle tradizioni e storicità dei luoghi.

Dal confronto, appare evidente che la viticoltura "occidentale" è prevalentemente specializzata e pronta a cogliere le innovazioni tecniche, mentre la viticoltura "orientale", caratterizzata da diversi ambienti culturali che conservano ancora i connotati storici, paesaggistici di un tempo, mostra l'esigenza di tarare i sistemi di coltivazione sui differenti ambienti di riferimento.

In questa realtà, il modello di gestione più diffuso fa riferimento alla conoscenze acquisite dagli imprenditori, sulle singole caratteristiche degli appezzamenti, sui fattori pedologici, climatici, agronomici, nonché alla storicità degli eventi regolarmente registrati. Per valorizzare tali conoscenze gli stessi devono ottimizzare i processi produttivi, adattandoli alle specifiche condizioni del territorio.

La viticoltura si può avvantaggiare dello sviluppo continuo di innovazioni meccaniche, grazie alle tecnologie, sempre più evolute, messe a disposizione dalla

cosiddetta “precision farming”. L’introduzione consistente di tali innovazioni necessita, però, di importanti trasformazioni strutturali e progettuali dell’azienda viticola, oltre che di scelte oculate delle soluzioni tecnologiche più conformi e idonee alle reali esigenze aziendali. La presenza di tecnici in azienda, capaci di impiegare efficientemente le nuove tecnologie e, di strutture di assistenza nel territorio che favoriscono l’implementazione e la gestione di queste risorse, costituiscono altri fattori necessari.

A fronte dei fabbisogni in innovazione, emerge l’esigenza di non discostarsi da una viticoltura da vino che continui ad ispirarsi a modelli “tradizionali” e che fra i vari obiettivi si pone quello di sostenere le attività produttive nel rispetto del contesto ambientale, sociale e paesaggistico.

Da uno studio sulla meccanizzazione della viticoltura presente nell’area dell’Etna (Schillaci *et al*, 2006), si comprende che la moderna viticoltura da vino, ispirata a modelli “tradizionali”, si è sottoposta a profondi rinnovamenti nelle tecniche colturali e in cantina ma mostra ancora delle incertezze sulle macchine operatrici e incomprensioni sulle tecniche d’impiego.

Partendo da questi presupposti nel corso di Dottorato, si è approfondito il tema il tema della meccanizzazione dei sistemi produttivi viticoli tradizionali, intesa come insieme di macchine, tecniche d’impiego e relazione con le innovazioni e gli aspetti della sicurezza, prendendo in considerazione le aree della Sicilia orientale, rappresentate dai comprensori dell’Etna (provincia di Catania) e del Sud Est dell’Isola (province di Ragusa e Siracusa).

Con l’obiettivo di rilevare informazioni utili sulla situazione esistente in termini di macchine e attrezzature correttamente utilizzate, aspetti della sicurezza, modalità d’impiego, punti critici e possibili soluzioni è stata svolta un’indagine conoscitiva sulla meccanizzazione della viticoltura delle aree suddette (**Cap. 4**). La ricerca ha confermato le perplessità legate all’intervento meccanico, dovute in parte alla incompleta conoscenza delle caratteristiche delle macchine disponibili, delle modalità d’impiego, degli aspetti connessi alla qualità del lavoro, oltre che a fattori strutturali che limitano la diffusione della meccanizzazione e delle innovazioni. Inoltre, ha evidenziato che gli aspetti connessi alla sicurezza e alla manutenzione non appaiono sempre soddisfacenti.

Durante lo svolgimento dell'indagine sono emerse le interconnessioni fra la consistenza del parco macchine, la produttività del lavoro (manuale e meccanizzato), taluni aspetti della sicurezza e della salute degli operatori.

Le perplessità legate all'intervento meccanico hanno spinto ad approfondire gli aspetti operativi della potatura invernale (**Cap. 5**), principale operazione colturale del vigneto. Dalle osservazioni condotte sui cantieri di potatura meccanica e potatura manuale sono emersi potenziali fattori di rischio nei confronti dell'operatore. A tale riguardo è stata svolta un'indagine sugli inquinanti aerodispersi prodotti durante la prepotatura meccanica (**Cap. 6.2**) e, uno studio sulle forze esercitate per il taglio di tralci durante l'esecuzione manuale, per valutare fattori in grado di indurre patologie muscolo scheletriche nel potatore (**Cap. 6.3**).

L'indagine sulla meccanizzazione e i colloqui con gli imprenditori hanno favorito, inoltre, la comprensione delle esigenze in termini di fabbisogno in innovazione, con particolare riguardo alla meccanizzazione delle operazioni colturali dell'alberello, forma di allevamento fortemente rappresentata in queste aree.

La ricerca è proseguita, pertanto, con l'obiettivo di individuare ipotesi di intervento utili al miglioramento della meccanizzazione delle operazioni colturali dei vigneti ad alberello e di sviluppare soluzioni meccaniche di piccolo ingombro e innovative.

I presupposti per lo sviluppo e la realizzazione di macchine innovative sono derivati dalle realtà viticole osservate che hanno espresso la necessità di avvantaggiarsi di mezzi meccanici in grado di rispondere positivamente alle esigenze produttive (migliori condizioni di sanità e equilibrio vegeto-produttivo delle piante, contenimento dei costi), e non ultimo, al miglioramento degli aspetti legati alla sicurezza degli operatori e dell'ambiente.

A tale riguardo, si è partecipato alle attività di implementazione di un "*Veicolo multifunzione elettrico autonomo*" [OIGA, 2009], attualmente in fase di sviluppo con configurazioni diverse (a distanza controllata, semi o completamente autonomo) che, equipaggiato con attrezzi utili potrà soddisfare il fabbisogno in innovazione dei vigneti ad alta densità ubicati in terreni terrazzati e/o in pendio alla gestione del vigneto (**Cap. 7**).

La ricerca è dedicata stata dedicata anche alle attività di perfezionamento di una macchina innovativa “*Spandiletame/spandicompost Compatta e autocaricante con Distributore a Velocità Variabile*” [ENAMA, bando macchine innovative 2008], in grado di distribuire materiale organico in vigneti con spazi ridotti (**Cap. 8**).

La ricerca si è conclusa con la realizzazione e messa a punto di un prototipo preindustriale di telaio portattrezzi denominato “*Portale scavallante multifunzione*” [ENAMA, bando macchine innovative 2009], facilmente utilizzabile nei contesti indagati e destinato alla gestione meccanizzata delle operazioni colturali ricorrenti nei vigneti ad alberello (**Cap. 9**)

PARTE I – ASPETTI GENERALI

CAPITOLO 1

IL CONTESTO PRODUTTIVO

1.1 Il comparto e gli orientamenti del mercato

Il comparto vitivinicolo è, dal punto di vista economico, uno dei settori più importanti e complessi dell'agricoltura. Esso presenta profili di particolare interesse per i diversi risvolti che offre allo studio delle scienze agronomiche e chimico-enologiche, oltre che dell'economia e del diritto, occupando una posizione legislativa più avanzata rispetto a tutti gli altri comparti agricoli (Bacarella S., Nicoletti G, 2010).

Tab. 1.1 - Superficie vitata mondiale principali Paesi produttori di vino.

	<i>(ha *1000)</i>						
	1990	2001	2006	2007	2008	2009	2010
Spagna	1506	1211	1174	1169	1165	1113	1082
Francia	996	914	887	867	852	837	825
Italia	1063	892	844	838	825	812	798
Portogallo	282	248	249	248	246	244	243
Romania	243	247	213	209	207	206	205
Grecia	160	127	112	117	116	116	115
Germania	102	104	102	102	102	102	102
Turchia	635	564	552	521	518	505	500
Cina	148	363	450	475	480	489	490
USA	329	426	398	397	398	398	398
Argentina	259	205	223	226	226	228	228
Cile	123	181	195	196	198	199	200
Brasile	57	63	83	86	92	92	92
Sud Africa	100	126	134	133	132	132	131
Australia	59	148	169	174	173	176	170

(elaborazione da fonte OIV, 2010)

La superficie vitata nel mondo è di circa 7.586.000 ettari (O.I.V. 2010). La geografia della produzione in questi ultimi venti anni è mutata con l'ingresso di nuovi

importanti paesi il cui ruolo si sta ulteriormente rafforzando (Cesaretti *et al.*, 2006). La Spagna, la Francia e l'Italia si mantengono in testa alle statistiche, anche se annualmente si assiste a una contrazione della superficie vitata (legata in parte all'orientamento dell'OCM Vino), mentre la Cina, gli Stati Uniti, l'Argentina e altri Paesi che, fino a pochi decenni fa, erano considerati solo importatrici di vino ampliano i propri vigneti (Tab.1.1, fonte: OIV).

La produzione mondiale di vino nel 2010 è stata di 263,8 milioni di ettolitri, di cui 152,9 milioni di ettolitri (58%) prodotti nell'Unione Europea (OIV, 2010). Negli ultimi anni nei Paesi dell'Unione Europea si è registrata una situazione quasi stazionaria nelle produzioni di vino, invece in tutte le nazioni, come Sud Africa, Australia, Cile, Argentina e USA, in cui il settore vitivinicolo è considerato al pari del settore industriale, si registra una costante crescita produttiva (Tab. 1.2, fonte: OIV).

Tab. 1.2 - Produzione mondiale di vino principali Paesi.

	<i>(hl *1.000.000)</i>						
	1990	2001	2006	2007	2008	2009	2010
Spagna	33,5	30,5	38,1	34,7	36,2	35,1	34
Francia	64,6	53,3	52,1	45,7	41,6	46,4	46
Italia	65,7	52,3	52	45	46,2	45,5	49
Germania	10	8,9	8,9	10,2	10	9,1	6,9
Portogallo	8,4	7,7	7,5	6	5,6	5,9	7,1
Romania	7,1	5	5	5,3	6,8	6,7	4,9
Grecia	4,2	3,5	3,9	3,5	3,8	3,4	3,1
Cina	2,7	10,8	12	12	12	12	12
USA	18,1	20,3	19,4	19,8	19,3	22	19,6
Argentina	19,9	15,8	15,3	15	14,7	12,1	16,2
Cile	4,1	5,6	8,4	8,2	8,7	10,1	8,8
Brasile	2,9	2,9	2,3	3,5	3,7	2,7	2,4
Sud Africa	7,7	6,5	9,3	9,8	10,2	10	9,2
Australia	4,2	7,4	14,2	9,6	12,4	11,7	11,2

(elaborazione da fonte OIV, 2010)

Sul piano delle esportazioni mondiali il vino occupa un posto importante nel commercio internazionale di prodotti agroalimentari: nel 2010 ha raggiunto i 92,1 milioni di hl (somma delle esportazioni di tutti i paesi). Si tratta di un mercato al quale partecipano molti produttori presenti in varie parti del mondo, anche se il grosso dell'offerta internazionale è piuttosto concentrato, con i primi cinque esportatori che si dividono i tre quarti circa delle vendite mondiali. Nel 2010 l'Italia

ha superato la Francia sia come primo produttore mondiale di vino in volume, 49milioni contro i 46milioni della Francia, sia come Paese esportatore, con un volume dell'esportazioni di oltre 20 milioni di ettolitri e 3,9 miliardi di euro, dato che conferma il vino prima voce dell'export agroalimentare nazionale (fonti: Commissione Europea, ISTAT, 2010).

A livello mondiale il fatturato realizzato dalla vendita di vino (prezzo al consumatore) è stato stimato nel 2009 in 183 miliardi di dollari americani (www.vinexpo.com). A guidare il mercato mondiale del vino sono gli Stati Uniti, Cina e Russia. Secondo uno studio Vinexpo/ISWR, la crescita del fatturato proseguirà nei prossimi anni, coadiuvata dal fatto che è in crescita la preferenza di vini di pregio e quindi più costosi (oltre i 10 dollari a bottiglia) che godono di un autentico innamoramento da parte dei consumatori (studio Vinexpo/ISWR).

Lo scenario attuale vede affacciarsi nuovi consumatori, quali Cina, Giappone, Russia ed altri Paesi, sui mercati internazionali. La mutata geografia della produzione, con l'ingresso di nuove importanti nazioni e l'impatto della riforma dell'OCM vino, che determina nuove regole per la produzione e la commercializzazione del prodotto (Albisinni 2008; Sardone e Pomarici, 2008). Tutti questi fattori debbono fare riflettere quei Paesi, come l'Italia, tradizionalmente e storicamente "vocati" alla produzione di vino che per rimanere competitivi in un mercato come quello che si va prospettando dovranno mettere a punto elementi utili in grado di ridurre la concorrenza.

La competitività di un paese dipende sempre più, oltre che dalla capacità delle imprese di comprimere i costi investendo nella ricerca e nelle nuove tecnologie, anche dalla loro capacità di conferire al vino peculiarità che aumentino il valore aggiunto del bene. La produzione enologica è sempre più legata alla tipicità, al marchio, al contenuto di tecnologia o ad altri fattori che concorrono ad innalzarne le caratteristiche qualitative, al fine accrescere la redditività e le capacità concorrenziali (Carbone A., Henke R., 2010). La storicità del paesaggio, ad esempio, costituisce una importante risorsa economica nel comparto vitivinicolo perché il mercato chiede insieme alla qualità dei prodotti, cultura, bellezza, ospitalità ed eventi. Di fatto, identificare il vino come prodotto tipico (per le caratteristiche storiche, culturali e fisiche radicate nel territorio di origine) rappresenta per il consumatore un bene di

qualità superiore dotato di maggiore valore rispetto ai prodotti non legati ad un territorio. In bibliografia, ad esempio, si evidenzia che le modalità di coltivazione che rispettano le forme di allevamento tradizionali (esempio l'alberello), insieme alle tecniche di vinificazione e al contesto territoriale, rientrano tra i fattori che influiscono nel generare vantaggio competitivo nelle piccole aziende vitivinicole (Cardinali S., Pallonari M., 2010).

Partendo da queste considerazioni non si può negare che la qualificazione delle produzioni vitivinicole si realizza oltre che attraverso l'attuazione di modelli produttivi sostenibili anche attraverso la promozione della multifunzionalità dei sistemi viticoli – fra cui la funzione paesaggistica, ecologico-ambientale e biologica – che si configura quindi come attributo strategico per il miglioramento della competitività del settore e come fattore determinante per garantire la sopravvivenza di realtà produttive presenti in ambienti fisici più difficili o estremi (Fig. 1.1).



Fig. 1.1 – Paesaggi viticoli: Regione del Douro e vigneto alle pendici dell'Etna.

In questo contesto, un fattore appare, fra gli altri, di importanza decisiva e si tratta della meccanizzazione delle attività vitivinicole, intesa come insieme di macchine e strumenti appropriati e di adeguate tecniche d'impiego che come tali comprendano gli aspetti agronomici e quelli connessi alla tutela dei territori e del paesaggio, nonché alla sicurezza degli operatori. In particolare, alla meccanizzazione viene richiesta la riduzione dei tempi di lavoro e il conseguente contenimento di costi di produzione, l'aumento della produttività degli addetti, ma anche il rispetto della tempestività delle operazioni sotto il profilo agronomico, quest'ultima in particolare risulta essere clausola essenziale al conseguimento di un prodotto di qualità. Alla

meccanizzazione vitivinicola, in definitiva, vengono richiesti obiettivi di sostenibilità economica e ambientale e certamente quello di influire positivamente sulla qualità del prodotto, non meno di quanto abbiano fatto fino ad oggi le modalità tradizionali di coltivazione.

1.2 Il contesto produttivo italiano

Il settore vitivinicolo è un settore primario per il nostro Paese, con 13,5 miliardi di euro di fatturato, a cui si aggiungono 2 miliardi di euro di indotto (Istat, 2010).

La superficie vitata è costituita da 632.000 ettari distribuiti su 383.000 unità produttive attive (fonte: ISTAT 2011, dati provvisori 6° Censimento dell'Agricoltura).

La Sicilia, la più grande regione viticola in termini di superficie complessiva, con circa 110.000 ettari copre il 17% del vigneto italiano e, assieme alla Puglia (96.000 ettari), segnala quasi un terzo del patrimonio viticolo. Queste due regioni insieme a Veneto (73.000 ettari), Emilia Romagna, Toscana e Piemonte concentrano più dei due terzi del vigneto del nostro Paese (Tab. 1.3).

Nel dettaglio territoriale il primato, per numero di aziende con superfici vitate, spetta alla Puglia, con oltre 47.000 strutture, seguita dalla Campania, che supera le 41.000 unità. In terza posizione figura la Sicilia con poco più di 40.000 aziende viticole, seguito a sua volta dal Veneto con 37.000 (ISTAT, 2011).

La filiera vitivinicola italiana si presenta con una struttura viticola assai polverizzata e frammentata, con una dimensione media aziendale di circa 1,6 ettari (Istat, 2011). Tuttavia, tenendo conto della conduzione in affitto, dei contratti di integrazione verticale, spesso di lungo periodo, dell'impresa cooperativa, si ritiene che i dati statistici non siano in grado di aiutare a definire la dimensione media d'impresa nella vitivinicoltura italiana.

Se si delimita l'analisi alle sole aziende con vigneti Doc-Docg la classifica regionale assegna la posizione di vertice al Veneto, che conta più di 16.000 aziende, e prosegue con il Piemonte (oltre 15.000) e con il Trentino Alto Adige (12.000). Seguono l'Emilia Romagna, dove l'Istat conta più di 11.000 aziende con vigneti a denominazione d'origine, e la Campania, la prima delle regioni del Sud, con poco meno di 10.000 unità produttive.

Tab. 1.3- Aziende e relative superfici investite a vite (SAU) per Regione (2000 e 2010) (superficie in ha)

REGIONI	vite			
	Aziende		Superficie	
	2010	2000	2010	2000
Piemonte	20.669	40.610	46.710,34	52.905,75
Valle d'Aosta/Vallée d'Aoste	1.362	2.399	431,55	517,09
Lombardia	9.042	15.898	22.292,69	22.070,09
Liguria	3.940	12.544	1.327,50	2.391,24
Trentino-Alto Adige	12.729	15.325	15.323,11	13.864,10
Veneto	37.335	77.191	73.708,68	73.780,79
Friuli-Venezia Giulia	6.644	12.285	19.668,94	17.804,85
Emilia-Romagna	25.313	44.599	55.814,98	60.072,09
Toscana	24.987	53.796	56.587,74	58.504,41
Umbria	11.136	23.950	12.059,45	14.227,09
Marche	13.751	27.630	15.475,22	19.660,40
Lazio	20.485	69.371	16.082,05	29.533,41
Abruzzo	18.675	34.063	30.582,88	34.904,37
Molise	5.960	12.417	4.172,74	5.883,35
Campania	41.624	86.085	21.002,45	29.264,34
Puglia	47.901	83.518	96.750,30	111.290,21
Basilicata	9.775	23.795	5.508,01	8.736,80
Calabria	13.390	34.291	9.075,90	13.825,81
Sicilia	40.611	79.603	110.699,09	121.796,15
Sardegna	18.316	41.721	18.866,39	26.301,44
ITALIA	383.645	791.091	632.140,01	717.333,78

Fonte: Istat, 6° e 5° Censimento generale dell'agricoltura

Il rapporto dell'Osservatorio Ismea-Mipaaf sui prodotti a denominazione d'origine evidenzia che nel 2009, il comparto dei vini Doc, Docg e Igt ha superato le 500 denominazioni riconosciute in Italia. Le aziende interessate sono risultate circa 166 mila per quanto riguarda le Doc-Docg e più di 163 mila per le Igt, con una produzione di quasi 30 milioni di ettolitri nel complesso.

Se da una parte l'offerta vitivinicola italiana si caratterizza per l'elevata numerosità di referenze prodotte assai differenziate in funzione dei tanti e variegati *terroir*, in grado di soddisfare le attese del consumatore, dall'altra, la configurazione produttiva, caratterizzata dalla presenza massiccia di piccole aziende vitivinicole a conduzione familiare isolate e raramente disposte ad una reciproca collaborazione per l'interesse comune, danneggia la competitività in ambito internazionale.

La frammentazione e parcellizzazione aziendale, oltre che la molteplicità di ambienti e di tradizioni colturali, che caratterizzano questo panorama viticolo,

costituiscono, in molti casi, un ostacolo alla diffusione della meccanizzazione aziendale e all'applicazione di soluzioni innovative.

1.3 Il panorama vitivinicolo della Sicilia

La vitivinicoltura occupa una posizione di primaria importanza nel panorama storico ed economico della Sicilia. Come riporta il volume “Sicilia, continente del vino” *“la Sicilia vitivinicola è un vero e proprio continente per la sua variabilità pedoclimatica e la ricca biodiversità”* (IRVV, 2010). L'Isola, con una superficie complessiva di 25.000 km², si estende in latitudine fra 36° e 38° parallelo Nord ed in longitudine fra 12° e 15° meridiano Est, in una fascia climatica dove si riscontrano ottime condizioni di luminosità e temperatura per la coltivazione della vite.

Sotto l'aspetto orografico la regione presenta una notevole variabilità tra la porzione settentrionale, prevalentemente montuosa, quella centromeridionale e sud-occidentale, essenzialmente collinare; quella tipica di altopiano, presente nella zona sud-orientale, e quella vulcanica nella Sicilia orientale. I vigneti si trovano dal livello del mare fino ad oltre 1.100 metri.

Dal punto di vista climatico la Sicilia può essere definita una regione a clima mesotermico umido sub-tropicale, con estate asciutta, temperatura medie del mese più caldo superiori a 22°C e concentrazione delle precipitazioni nel periodo freddo (autunno-invernale) (fonte SIAS). Ampiamente diversificati sono anche i regimi pluviometrici, le precipitazioni totali annue oscillano (valore medio) dai 300 mm delle zone costiere sudorientali (385 mm, Gela), ai 500 mm delle zone collinari interne, fino ai 1.000 mm della zona nordorientale (1192 mm, Zafferana Etnea) (Fonte SIAS 2010, IRVV, 2010).

L'eterogeneità dei suoli costituisce un'altra variabile che caratterizza le aree ad indirizzo viticolo: si ritrovano suoli di origine vulcanica, suoli rossi mediterranei, suoli calcarei e suoli a prevalente matrice argillosa (Regione Siciliana, IRVV, 2010).

La viticoltura regionale è praticata per il 30% su aree di pianura, il 65% su aree di collina e per il restante 5% in zone di montagna.

La superficie vitata ad uva da vino è di 112.733 ettari (tab. 1.4), di cui il 63,8% (71.967 ettari) è occupato da vitigni a bacca bianca ed il 35,9% ad uve nere (40.508 ettari) (fonte: Regione Siciliana, U.O. 30 Interv. OCM vitivinicola, IRVV, 2010).

La Sicilia, secondo i dati provvisori del Censimento generale dell'agricoltura (ISTAT, 2011), conta una presenza di 40.516 aziende dedite alla coltivazione della vite (10,3% del totale nazionale) di cui il 95 % di esse si dedica alla produzione di uva da vino, in calo rispetto alle 79.600 aziende del censimento del 2000.

Sul piano strutturale, il comparto viticolo siciliano presenta un'elevata frammentazione, il 63% delle realtà aziendali hanno un'estensione inferiore a 1 ettaro (Fonte: ISTAT, 2011).

Il maggior numero di aziende vitivinicole risulta concentrato nelle province di Trapani (27%), Agrigento (18,5%) e Palermo (15,6%). Anche per quanto concerne quelle per la produzione dei vini DOC-DOCG, la provincia di Trapani è leader, con il 53% delle aziende totali regionali, seguita da quella di Agrigento (14,4%) e di Catania (10%).

La produzione di vino è di circa 7.000.000 di ettolitri, i vini DOC rappresentano in media il 4-4,5% della produzione regionale mentre i vini IGT circa il 25-30%.

La Sicilia è rappresentata da 22 DOC e 1 DOCG; la maggior parte della produzione siciliana di vini a denominazione d'origine è concentrata nella Sicilia occidentale con la denominazione Marsala, che nel 2008 ha rappresentato il 53% della produzione totale tra i vini DOC. Seguono le denominazioni "Alcamo" con il 16%, "Etna" e "Moscato di Pantelleria" rispettivamente con l'8%, le altre produzioni a denominazione di origine sono quantitativamente trascurabili (in totale 15%), seppure qualitativamente significative (Federdoc 2008).

Il panorama varietale è rappresentato per il 75% da cultivars autoctone e per il 25% da varietà alloctone. La cultivar maggiormente rappresentata a livello regionale è "Cataratto bianco comune" che impegna il 27 % della superficie totale e "Nero d'Avola" (17 %). La restante porzione di superficie regionale (pari a 56%) è interessata da 32 cultivar in cui prevalgono le superfici investite a "Catarratto bianco lucido" (6,5%), "Ansonica o Inzolia" (6,0 %) e "Grillo" (5,4 %), tra le uve bianche e Syrah (4,8%), Merlot (4,1%) e Nerello mascalese (3,3%) tra le uve a bacca nera.

Tab. 1.4 - Superficie vitata e forme di allevamento per provincia

Province	Ettari (ha)	forma di allevamento (%)		
		spalliera	tendone	alberello
Trapani	65.031	92,2	1,1	6,7
Agrigento	19.050	69,8	28,5	1,5
Palermo	15.432	90,1	7,0	2,7
Caltanissetta	5.448	31,4	57,7	10,7
Catania	3.181	40,9	4,6	54,0
Siracusa	1.841	6,0	1,2	62,0
Ragusa	1.537	69,8	12,6	16,5
Messina	885	45,7	1,0	52,2
Enna	329	----	----	----
Totale	112.733			

(elaborazione su dati Regione Siciliana, UO 30 Int. OCM vitivin, 2011, IRVV, 2010)

La viticoltura siciliana ha raggiunto un elevato livello qualitativo delle produzioni riconosciuto a livello internazionale. Dalla fine degli anni '80 il mondo produttivo siciliano ha abbandonato la filosofia quantitativa che era stata messa in atto negli anni '60 e che aveva stravolto il paesaggio viticolo con gli impianti a grande espansione (tendone) e ha riservato maggiore attenzione alla razionalizzazione degli impianti, investendo soprattutto sulla controspalliera e sulle pratiche colturali che incidono sull'equilibrio vegeto-produttivo della pianta, fattore, quest'ultimo, di fondamentale importanza per la qualità (Pastena, .

Oggi la spalliera costituisce il sistema di allevamento più diffuso con 92.404 ha (pari al 82,0 %), sestì d'impianto che prevedono una densità di piante per ettaro medio-alta (4.000-5.000 piante); esso ha soppiantato per motivi qualitativi il tendone, presente ancora con 10.503 ha (9,3%), e per motivi socio-economici il tradizionale alberello, presente con 9.111 ha (pari al 8,1%) (Fonte: U.O. 30 – Int. OCM, Osservatorio Vitivin. IRVV, 2011) (Fig. 1.2).

Nel territorio viticolo dell'Etna e della provincia di Siracusa, la superficie coltivata ad alberello si discosta notevolmente dalla media regionale raggiungendo il 60%, rispetto alle altre forme di allevamento (Regione Siciliana, 2010).

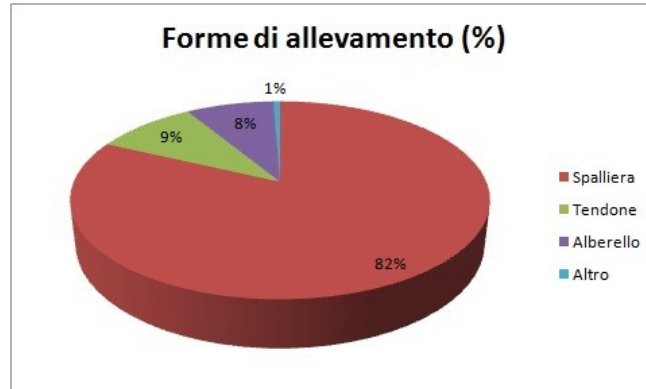


Fig. 1.2 – Distribuzione forme di allevamento vite in Sicilia



Fig. 1.3 - Paesaggi viticoli siciliani

1.3.1 La Sicilia e le sue macroaree vitate

Al fine di caratterizzare il territorio e gli aspetti legati alla variabilità pedoclimatica, varietale e tecnico-agronomica, il territorio viticolo siciliano può essere suddiviso in cinque macro-aree : l'area centro-occidentale, l'area sud-orientale, l'area dell'Etna, l'area nord-orientale, l'area delle isole minori.

L'area centro-occidentale comprende le province di Trapani, Palermo, Agrigento ed in parte la provincia di Caltanissetta; è la zona in cui è allocata l'85% della viticoltura regionale. In questa area la vite si coltiva dalle zone costiere fino ai 700 metri di altitudine nelle zone più interne e vi si riscontrano suoli bruni lisciviati, terre rosse mediterranee e suoli bruni calcarei lungo la fascia costiera, e prevalenza di suoli argillosi nelle sue diverse varianti compositive nell'entroterra collinare. La piovosità media va da 300 a 600 mm/anno (Regione Siciliana, IRVV, 2010)

I vitigni più diffusi sono: Nero d'Avola, Perricone, Nerello cappuccio, Merlot, Syrah, Cabernet sauvignon, Catarratto, Inzolia, Grecanico, Grillo, Chardonnay, ecc.

L'area vitivinicola di Agrigento, Trapani e Palermo si distingue per la forte specializzazione viticola sul territorio, determinata dalla superficie vitata complessivamente investita, dal numero di aziende agricole presenti e dalla dimensione aziendale per superficie. L'area è caratterizzata dalla presenza di importanti imprese di produzione e trasformazione oltre che da organismi associativi (Cantine Sociali, ecc.).

In questa area, caratterizzata da aziende con ampiezza superiore ai 10 ettari, la meccanizzazione risulta una risorsa fondamentale perché consente di ottimizzare i fattori produttivi e di perfezionare ogni fase della coltivazione. Si tratta di una meccanizzazione specializzata, comprendente un'ampia gamma di mezzi e attrezzature. Molto attivo anche il contoterzismo, soprattutto in fase di vendemmia con l'utilizzo di vendemmiatrici meccaniche di varia tipologia.

L'area sud-orientale comprende le province di Ragusa e Siracusa e la parte meridionale della provincia di Catania.

Si rinvengono diverse associazioni di suoli, ma si caratterizza per la prevalenza delle terre rosse mediterranee, soprattutto nella zona di produzione della DOCG Cerasuolo di Vittoria, e per i suoli bianchi a prevalente matrice calcarea nell'area delle DOC Etna, Noto e Moscato di Siracusa (Regione Siciliana, IRVV, 2010).

La viticoltura interessa i territori con altitudini comprese dal livello del mare fino a 300 metri; la piovosità media è 300-400 mm/anno. I vitigni più diffusi sono: il Frappato, il Nero d'Avola ed il Moscato bianco, quest'ultimo soprattutto negli areali di Noto e Siracusa.

La viticoltura esercitata nel territorio di Siracusa, con i suoi 1.876,85 ettari vitati è caratterizzata da una modelli di gestione tradizionali legati alla valorizzazione dei vitigni autoctoni e conservazione delle tecniche colturali. L'alberello rimane la forma di allevamento presente sul 62% della superficie vitata.

L'area viticola di Ragusa, 1.513 ettari è rappresentata da una viticoltura più specializzata, la forma di allevamento prevalente è la spalliera (70%), anche se l'alberello è presente sul 16,5% della superficie vitata.

Anche in questo comprensorio le grandi proprietà possiedono un parco macchine specializzato. Nelle imprese di dimensioni medie la specializzazione nella meccanizzazione agricole è rivolta soprattutto alla gestione della chioma (prepotatrici, cimatrici) e la lavorazione del suolo (interceppo).

L'area dell'Etna. La vitivinicoltura è concentrata, in termini di superfici e produzioni, nei venti Comuni identificati nel disciplinare di produzione del vino a DOC "Etna" (D.P.R. 11 Agosto 1968), principalmente nei territori di Randazzo, Milo, Linguaglossa, Castiglione di Sicilia, Trecastagni, Viagrande, Santa Venerina e Biancavilla. Essa si sviluppa sulla superficie tronco-conica del vulcano in una fascia compresa tra i 400 e i 1000 m slm., e viene ampiamente influenzata dalla giacitura, dalla natura dei suoli, dall'esposizione, dall'altitudine e dalla vicinanza del mare.

La viticoltura, dominata dal massiccio Etno, insiste per l'80% su suoli bruni andici e suoli bruni lisciviati e per il restante 20% su suoli alluvionali e vertisuoli (IRVV 2010). I vigneti sono ubicati fino a 1.100 metri s.l.m. e la piovosità media, nettamente superiore al resto dell'Isola, raggiunge valori di oltre 1.000 mm/anno alle quote più alte e nel versante orientale del massiccio. I vitigni autoctoni più diffusi sono il Nerello mascalese, Nerello Cappuccio ed il Carricante, fra gli internazionali si coltivano il Merlot ed il Syrah. In linea con l'andamento del comparto regionale e nazionale si rileva un'elevata frammentazione strutturale.

La forma di allevamento prevalente nei comuni etnei è quella ad alberello (65% della superficie vitata totale), di cui le maggiori quote di superfici si trovano nelle circoscrizioni di Castiglione di Sicilia, Randazzo, Trecastagni, Linguaglossa e S. Venerina. L'allevamento a spalliera occupa il 27% del totale vitato dell'area etnea e risulta presente, soprattutto, a Randazzo, Castiglione di Sicilia, S. Venerina e

Viagrande, mentre quello a tendone (3,3% della superficie etnea) viene utilizzato prevalentemente a Belpasso, Castiglione di Sicilia e Randazzo.

Quasi i 2/3 delle aziende vinicole hanno superfici inferiori all'ettaro e l'80% non supera i 2 ha. Tra le forme di conduzione delle aziende vitivinicole, quella diretta del coltivatore rimane la più diffusa. Più in dettaglio, i 2/3 delle imprese sono condotte direttamente dal coltivatore con l'ausilio di familiari, marginale risulta il ricorso a manodopera extrafamiliare (8,6%) ed a salariati avventizi (4,9%). Per contro, le aziende che si occupano della produzione di vini DOC, pur mantenendo in misura preponderante la forma di conduzione diretta del coltivatore, mostrano un significativo ricorso sia alla manodopera familiare (29,8% delle imprese), sia a quella extrafamiliare (33% delle aziende) (La Malfa C., 2006).

La viticoltura dell'Etna, oltre a costituire una filiera produttiva, rappresenta anche un sito ad alto valore culturale e paesaggistico; nonostante gli investimenti effettuati i vigneti, in molti casi mantengono inalterati gli elementi caratteristici di un tempo: terrazzamenti e muretti a secco in pietra lavica, viti ad alberello, appezzamenti irregolari, piccoli fabbricati rurali e palmenti in pietra lavica, alberi da frutto e ulivi sparsi nei vigneti.

L'area nord-orientale, caratterizzata dalla viticoltura della provincia di Messina. Nell'area di produzione della DOC Faro e alle quote maggiori dei Nebrodi e dei Peloritani meridionali, si riscontrano suoli bruni leggermente acidi e tendenzialmente compatti, mentre lungo il litorale di Milazzo i suoli sono alluvionali.

In questa area la polverizzazione aziendale, aggravata dalla frammentazione in piccoli corpi aziendali, rende la conduzione dei vigneti particolarmente difficile in termini economici ed organizzativi. L'orografia e le caratteristiche strutturali sono causa di un rallentamento dell'aggiornamento tecnologico e della standardizzazione dei processi produttivi. Tale conformazione dei vigneti ne limita la gestione meccanizzata, che si presenta nel complesso con dotazioni di macchine agricole poco specializzate, rivolte soprattutto alla gestione della chioma e della difesa fitosanitaria.

L'area delle isole minori, Pantelleria e le Eolie, si distingue per la pedogenesi vulcanica e le peculiarità climatiche. A Pantelleria "patria" dello Zibibbo sinonimo del Moscato di Alessandria, i vigneti sono coltivati principalmente ad alberello, nella

variante “pantesco”, e sono ubicati dal livello del mare fino a oltre 500 metri di altitudine; la piovosità media nell’isola si attesta sui 500 mm/anno.

Nell’arcipelago eoliano, la vite è coltivata soprattutto nell’isola di Salina. Fra le varietà coltivate la più diffusa è la Malvasia di Lipari con cui si produce il famoso vino dolce e aromatico “Malvasia delle Lipari”; essa è allevata tradizionalmente a pergola bassa, anche se oggi è presente quasi esclusivamente la spalliera.

1.4 Modelli viticoli tradizionali

Il vigneto ad alberello. L’attenzione al paesaggio nelle sue forme e significati assume oggi un ruolo strategico nella gestione dei sistemi viticoli in quanto una delle sfide contemporanee più importanti si ravvisa proprio nell’individuazione di modelli produttivi in cui la tecnica viticola possa coesistere con l’innovazione tecnologica, la salvaguardia dell’ambiente, delle sue risorse e il rispetto del paesaggio.

Queste azioni rappresentano, inoltre, gli strumenti di attuazione della Convenzione Europea del Paesaggio (Firenze, 2000) documento promosso dal Consiglio d’Europa a salvaguardia del paesaggio, inteso come “spazio percepito dalle popolazioni del luogo nelle sue molteplici forme ed espressioni”.

Il paesaggio coltivato va considerato anche per il suo ruolo di mantenimento di una diversità biologica e ambientale, da intendersi come beni comuni della collettività. Frammentazione, perdita e degradazione degli habitat, spesso conseguenti all’introduzione di nuovi modelli produttivi, sono considerate importanti minacce alla biodiversità, diversità dei paesaggi agrari e naturali e funzionalità degli agro-ecosistemi.

Il panorama viticolo italiano è caratterizzato da un’ampia molteplicità di ambienti e tradizioni di coltivazioni (fig.1.4), l’Italia è il Paese che ha conosciuto il più alto numero di forme di allevamento, visto che ben 36 sono quelle censite dallo Schedario Viticolo Nazionale (Fregoni M., 2005). Ciascuna zona viticola ha una sua forma di allevamento tradizionale o un suo caratteristico modo di interpretare la potatura; tuttavia, le macchine apparse sul mercato nel corso degli anni sono state concepite per l’uso su controspalliera (Spezia et al, 2008) provocando l’impoverimento dei sistemi di allevamento e un appiattimento generalizzato della viticoltura verso modelli unici (Fregoni M., 2005).

Purtroppo solo poche aree viticole continuano a manifestare una singolare complessità paesaggistico agro-ambientale, nell'ultimo secolo la meccanizzazione del vigneto ha modificato la viticoltura specializzata e condizionato le forme di allevamento e il sesto d'impianto (Martinez de Toda F., 2003).

L'alberello resta tuttavia una forma di allevamento ancora presente poiché adatta ad esaltare specifiche doti di qualità di molti vitigni autoctoni e ad essere utilizzata nelle condizioni estreme; per tali ragioni molti enologi e viticoltori riversano nei suoi confronti crescente attenzione e in alcuni contesti produttivi ha già ripreso l'importanza che merita.



Fig. 1.4 - Paesaggi viticoli italiani

È necessario ricordare che la viticoltura siciliana fino a 50 anni fa era caratterizzata principalmente dal sistema ad alberello e che questo fu rapidamente abbandonato a causa delle maggiori produzioni ritraibili dalle forme a tendone e, successivamente, a controspalliera (Rossi, A., 1955). In anni più recenti, un approccio votato più alla qualità che alla quantità ha rivalutato il vigneto ad alberello, anche se la sua diffusione è ostacolata dai limiti connessi ad una meccanizzazione inadeguata o in certi casi, molto costosa.

In Sicilia, l'applicazione delle disposizioni legislative dell'OCM ha inciso sulla fisionomia dei paesaggi della vite. Molte aziende, utilizzando gli incentivi dei piani regionali di ristrutturazione e riconversione dei vigneti (ex Reg. CE n. 1493/99, reg. CE n. 479/2008, reg. n. 555/2008), hanno scelto di impiantare e ristrutturare i propri vigneti mantenendo la tradizionale forma ad alberello, sia per scopi qualitativi sia per l'impatto positivo che reca sul pubblico, nonostante i limiti della meccanizzazione. Si stima che l'alberello sia presente sull'8,1 % della superficie vitata regionale; tale percentuale viene ampiamente superata nel territorio vitato della provincia di Catania e di Siracusa, dove la superficie coltivata ad alberello si discosta notevolmente dalla media regionale, con valori medi pari al 54% rispetto alla forma di allevamento a spalliera (40%), raggiungendo nell'area della DOC Etna anche il 65% (Regione Siciliana, 2010).

L'alberello nel mondo. L'alberello¹ è diffuso in quasi tutte le regioni viticole dove esprime un ruolo diverso a seconda il continente. La forma di allevamento a ridotta espansione è indicata negli ambienti dove il suolo o il clima rappresentano un fattore limitante. È consigliato quindi nelle regioni meridionali particolarmente siccitose, o nelle regioni settentrionali dove vi sono ridotte somme termiche o bassa luminosità nel corso dell'anno e in quelle aree dove il suolo è particolarmente arido o con bassa fertilità.

¹ L'alberello è caratterizzato da uno sviluppo contenuto della pianta, in altezza e in volume, e da un limitato carico di gemme (40-55.000 ad ettaro). La forma contenuta delle piante consente di elevare la densità d'impianto con l'adozione di sesti stretti. Le densità di impianto dei vigneti ad alberello più recenti variano da minimi di 5.000 a massimi di 12.000 ceppi ad ettaro.

L'alberello presenta diverse varianti in relazione alle condizioni ambientali pedoclimatiche e alla tradizione locale. Il criterio di differenziazione si basa sul tipo di potatura che dipende dal numero di gemme lasciate, dal numero di branche, dallo sviluppo in altezza del tronco. Nella tipologia a vaso, il sistema di allevamento prevede la formazione di un tronco di 30-40 cm di altezza, suddiviso alla sommità in 2-4 branche provviste ciascuna di uno o più speroni (2-4 gemme) destinati a produrre germogli che possono essere sostenuti da appositi sostegni o legati assieme alla sommità, in modo da sostenersi l'uno con l'altro. Questi vengono rinnovati ogni anno, tagliandoli in modo da lasciare 1-3 gemme (potatura corta). Negli alberelli alcamese e marsalese il tralcio a frutto viene potato lungo cioè con 6-10 gemme, ovviamente viene rinnovato annualmente (Pastena, B. 1990, Fregoni, M., 2005). Le viti non sono sostenute da una palificazione a fili, oppure si fa ricorso ad un sistema semplice, 1-2 fili, più frequentemente si ricorre a tutori singoli, spesso costituiti da materiale di facile reperimento, come ad esempio canne o paletti di legno.

L'alberello è una forma di allevamento di origine molto antica ed è fortemente associato alla tradizione viticola delle regioni mediterranee (fig. 1.5). In Europa, esso assume il ruolo di iconema, cioè è un elemento identificativo di un territorio e costituisce l'immagine della viticoltura, espressione di scelte compiute da una società attraverso i secoli.

L'alberello si riferisce alla forma di allevamento della vite a ceppo basso sorretta, spesso, da un tutore in legno. L'alberello era già diffuso in epoca greca (IX-VII sec.a.C): nell'Italia meridionale la vegetazione delle piante allevate a ceppo basso veniva sorretta dall'impiego del paletto di legno (*oinotron*), mentre nelle isole del Mediterraneo erano diffuse le viti con vegetazione strisciante, collocate talvolta all'interno di depressioni del terreno (Pantelleria) o foggiate a cesta (Santorini) per proteggere i germogli e l'uva dal vento marino. L'alberello veniva adottato sia dove le disponibilità idriche erano limitate durante il periodo vegetativo, sia per vitigni che necessitavano di una potatura molto severa destinati a produrre uve sovrarmature e vini alcolici o dolci.

In Italia, l'alberello è una forma di allevamento diffusa in particolare nelle regioni meridionali e nelle isole, in vigneti non irrigui, sia in pianura sia in collina. All'inizio degli anni ottanta, i vigneti ad alberello coprivano circa il 20% della superficie nazionale investita a viticoltura, pari a circa 280.000 ha, distribuiti soprattutto nell'Italia meridionale e insulare.

In Europa, l'alberello è presente, oltre che in Italia, anche in Francia (*gobelet*), nelle regioni del Languedoc, Roussillon, Provence, Lot, Bordeaux, Haute Garonne, Beaujolais, Paris, in Spagna (*vid en vaso*) nelle regioni meridionali a clima caldo-arido, in Portogallo (*en taca*), e nelle regioni settentrionali quali Paesi Baschi, Valle del Rodano e Valle del Reno, dove le piante hanno sviluppo limitato e la luce e il freddo costituiscono fattori limitanti.

Nei Paesi con recente tradizione viticola, l'alberello, indicato con il nome di *bush vine*, ha assunto il ruolo di sinonimo di *terroir*, di vini di qualità e di lunga tradizione, attributo che da valore aggiunto al prodotto e che viene evidenziato, nella promozione dei vini, aggiungendo l'appellativo "bush-vines" in etichetta o menzionandolo nei domini web.

In Sud Africa, molti viticoltori che seguono le influenze francesi adottano il sistema ad alberello, diffuso in particolare nella regione Swartland. In Argentina, è presente nei vigneti coltivati negli altipiani. Anche in Australia dove prevale una viticoltura “industriale” costituita da vigneti di ampissime estensioni, è ancora abbastanza presente l'alberello, prima forma di allevamento australiana, specie per il Grenache.

Il vigneto ad alberello e la “sostenibilità”. Una analisi di sostenibilità connessa agli impianti dei vigneti può essere svolta sotto diversi profili e fra gli elementi da prendere in considerazione si possono annoverare gli aspetti del Paesaggio (Schillaci *et al.*, 2008). Molto sommariamente, in relazione al Paesaggio, sinteticamente inteso come “aspetto fenomenico delle attività umane nel territorio”, è legittimo affermare che nelle zone più aride della Sicilia (province di Trapani, Agrigento) l'alberello allevato senza sostegno ha costituito un elemento di grande rilievo. Così come il ricorso a piante sorrette da tutore in palo di castagno, essenza facilmente reperibile sul luogo, ha caratterizzato il paesaggio viticolo dell'Etna.

La valenza paesaggistica dell'alberello è ampiamente riconosciuta, se si tiene conto che aziende che hanno provveduto a impiantare a controspalliera hanno comunque mantenuto appezzamenti con impianti ad alberello.

Una analisi di sostenibilità deve anche tenere conto dei costi di impianto, della quantità di materiali utilizzati, degli aspetti connessi al riuso e allo smaltimento a fine ciclo. Sotto questo profilo, i vigneti ad alberello riducono fortemente i costi economici ed energetici connessi all'impiego degli elementi costitutivi delle controspalliera (pali, fili di ferro, ancoraggi, tiranti, basi di appoggio, ecc), ma anche i costi di impianto, di estirpazione e di smaltimento dei materiali a fine ciclo. Gli impianti ad alberello necessitano di movimenti di terra ridotti, fattore che insieme all'elevata densità d'impianto, costituisce un ulteriore vantaggio per le numerose piccole proprietà fondiarie che caratterizzano il vigneto italiano.

In molte aree e per diversi vitigni si ritiene sia la migliore forma di allevamento in quanto consente la massima intercettazione dell'energia luminosa, elevate densità di impianto (anche 10.000-12.000 piante/ha), maggiore resistenza alla siccità. La dimensione contenuta delle piante e la competizione radicale genera un rapporto

radici/foglie molto più alto rispetto alle altre forme di allevamento che, abbinato alla bassa resa per pianta, consente la produzione di uva di pregiata qualità.



Fig. 1.5 – Vigneti ad alberello: In alto sx Spagna (foto da Wikipedia), dx Etna, sotto sx Siracusa, dx Marsala

La sostenibilità dell'alberello è legata anche al sistema di potatura che assicura longevità alle piante, grazie a potature sul legno giovane (fino ai 2 anni di età). I tagli su legno giovane si cicatrizzano facilmente, di conseguenza la pianta resiste meglio alle malattie; al contrario il taglio su legno vecchio (> di 3 anni) lascia ferite che compromettono la vascolarizzazione della pianta favorendo il probabile ingresso di funghi responsabili delle malattie del legno.

I limiti dell'alberello sono legati alla potatura corta non , che non si adatta a varietà con bassa fertilità basale o molto vigorose, e alla chioma ricadente, ostacolo alla meccanizzazione delle operazioni colturali.

Prospettive di diffusione. Il tenace attaccamento dei viticoltori a questa forma di allevamento ha indotto i più intraprendenti ad effettuare modifiche prima all'impianto e poi anche al portamento della pianta, tutte finalizzate all'impiego di macchine,

convenzionali alcune, a più alta tecnologia altre. Pertanto, si riscontrano vigneti impiantati ad alberello con filari ravvicinati come da tradizione, ma coltivati con macchine semoventi scavallanti non convenzionali e con alti costi di acquisto. Di converso, nelle zone della viticoltura più mediterranea, si diffondono appezzamenti con interfile idonee al transito di comuni motrici a carreggiata stretta, equipaggiate con macchine operatrici di facile reperimento commerciale. Ne risulta, con una certa chiarezza, un interesse forte e crescente nei confronti dell'alberello e, dall'altra, la necessità di sviluppare una meccanizzazione flessibile negli impieghi e quanto più sostenibile nei costi.

CAPITOLO 2

LA GESTIONE DEL VIGNETO E LA MECCANIZZAZIONE

2.1 Aspetti generali

Gli studi e le ricerche in viticoltura sono sempre più orientate a definire e a valutare modelli colturali che sostengono la riduzione degli apporti di input energetici e di CO₂, nel rispetto, comunque, di raggiungere i principali obiettivi agronomici: favorire l'equilibrio vegeto-produttivo delle piante e a creare le migliori condizioni microclimatiche a livello del grappolo (Di Lorenzo R., 2011).

La razionalizzazione delle risorse impiegate e del miglioramento delle produzioni, si avvantaggia, oggi, di strumenti innovativi per la caratterizzazione del vigneto e dell'ambiente messi a disposizione dalla "viticoltura di precisione". Le nuove tecnologie, in grado di evidenziare la risposta spettrale della vegetazione e definire le caratteristiche produttive e vegetative dell'appezzamento, forniscono le conoscenze utili per intervenire con tecniche colturali appropriate e calibrate, con il duplice obiettivo del risparmio delle risorse e degli input aziendali e del mantenimento delle caratteristiche di un vigneto agronomicamente efficiente. Esse, vengono utilizzate nella difesa fitosanitaria e per realizzare modelli per la gestione della nutrizione minerale, che consentono una scelta razionale dei formulati, delle epoche di intervento e, grazie all'uso di attrezzatura a "ratio variabile", di ponderare gli apporti. Con lo stesso principio, l'uso di strumenti in grado di misurare le condizioni di stress da carenza idrica presenti nel vigneto, l'evapotraspirazione del sistema suolo-pianta e lo stato idrico delle viti, permette di calcolare volumi e turni idonei per un "irrigazione fisiologica" e di scegliere il sistema irriguo più idoneo.

Per la caratterizzazione degli ambienti e della qualità delle uve, a fianco delle metodologie innovative, si aggiungono gli studi pedologici, quelli climatologici e climatici per la modellizzazione delle risposte fenologiche della vite in funzione delle variabili topoclimatiche (Di Lorenzo R., 2011).

In questo contesto il ricorso alla meccanizzazione, intesa come studio delle influenze espresse in forma reciproca fra ambiente, coltura, sistemi di allevamento, macchine e tecniche di impiego (rispettose degli operatori e dell'ambiente), è finalizzato all'aumento della produttività e alla trasformazione e al contenimento dei costi di produzione, oltre che al raggiungimento di standard qualitativi più elevati.

L'innovazione tecnologica nella meccanizzazione, negli ultimi 15 anni, è stata rivolta a garantire la sicurezza e l'ecocompatibilità delle attività agricole, la realizzazione di processi di qualità e di controllo del rischio derivante dall'uso delle macchine e dei fitofarmaci, fino all'adozione di sistemi informativi per la gestione dei dati di campo e di sistemi di controllo e di regolazione delle macchine operatrici per gestire le fasi e i fattori legati al processo di produzione dell'uva.

Nel concetto di viticoltura razionale assumono grande importanza l'integrazione dei diversi fattori produttivi, la componente strumentale e quella strutturale (gli impianti, i materiali della struttura, la logistica dei servizi); nell'agricoltura di precisione si aggiungono altri fattori fondamentali: la geometria perfetta della pianta e la superficie regolare del vigneto, l'ottimizzazione dei percorsi, degli spazi di manovra e delle pendenze (Vieri M., 2004).

Oggi, l'attenzione verso le nuove tecnologie è rivolta all'aumento delle capacità operative e della precisione nella esecuzione delle operazioni (con o senza sensoristica e sistemi di georeferenziazione), all'adeguamento delle macchine motrici e dei sistemi di controllo di operatrici sempre più precise e veloci, alla realizzazione di impianti efficienti e compatibili con le esigenze paesaggistiche ed ambientali, adeguate alla gestione meccanizzata del vigneto, al controllo della qualità igienico-ambientale nelle operazioni di difesa antiparassitaria; al controllo della qualità di prodotto nelle fasi di raccolta (Vieri M., Giancarlo Spezia G., Pagni P.P., 2010).

La meccanizzazione avanzata del vigneto è conveniente per una parte importante della viticoltura professionale, grazie alla semplificazione della gestione della manodopera, alla maggiore rapidità e tempestività di esecuzione delle operazioni e alle migliori condizioni di lavoro del personale. L'accesso a livelli elevati di meccanizzazione può essere, però, ostacolato dalle condizioni strutturali e ambientali dell'azienda e/o dalla necessaria immobilizzazione dei capitali (Galletto,

2006). In questo ultimo caso, la meccanizzazione delle operazioni può essere realizzata ricorrendo al contoterzismo.

2.2 Obiettivi agronomici e macchine agricole

La tendenza attuale è quella di migliorare ogni momento della tecnica colturale (tab. 2.1), privilegiando l'impiego di macchine che col proprio lavoro meglio si integrano con i nuovi obiettivi agronomici. È però importante ricordare che la validità tecnica, agronomica ed economica delle macchine scaturisce sempre da una scelta adeguata alle caratteristiche aziendali e agli obiettivi culturali e, soprattutto, da un loro corretto e razionale impiego (Pezzi F., 2005).

Un'analisi condotta sull'introduzione di differenti modelli di meccanizzazione viticola, caratterizzati da tipologie di macchine e costi di inserimento diversi, ha individuato le superfici per le quali sussiste la convenienza economica alla loro adozione. I risultati evidenziano che l'introduzione di macchine per la gestione integrale della chioma (spollonatrice, cimatrice, legatrice, prepotatrice, sfogliatrice, forbici elettriche) è conveniente già in aziende con superficie di 8 ha, consentendo una riduzione percentuale del costo della gestione della chioma pari a circa il 27% (Pomarici *et. al.*, 2006). Nelle aziende di 20 ha, la convenienza è ovviamente maggiore e trova ragionevole applicazione anche l'uso della vendemmiatrice semovente. Tale ricerca dimostra che anche in aziende di piccole e medie dimensioni la meccanizzazione consente notevolissime economie; naturalmente l'ottimizzazione dell'uso del parco macchine e soprattutto la gestione dei problemi legati ad avarie e malfunzionamenti è più agevole nelle aziende di grandi dimensioni (Pomarici *et. al.*, 2006, Tani, 1986; Romagnoli, 1996).

Generalmente, nell'azienda vitivinicola sono presenti macchine comunemente diffuse in frutticoltura, come lo spandiconcime, le macchine per la lavorazione del terreno, dotate più o meno di interceppo, e macchine specializzate come le cimatrici, le legatrici, le spollonatrici, le defogliatrici, sino alle vendemmiatrici. Discorso a parte meritano le attrezzature per la difesa, ambito nel quale possono trovarsi sia macchine fortemente specializzate, come le semoventi scavallatrici, sia del tutto generiche, come le irroratrici comunemente impiegate in frutticoltura. Dalla bibliografia si evince che la dotazione minima del parco macchine aziendale è

costituita da una trattrice, macchine per la difesa, trinciatrice o fresatrice. A queste, nelle aziende più meccanizzate, si aggiungono gli attrezzi interceppo, l'irroratrice per il diserbo, altri attrezzi per la lavorazione del terreno, cimatrice, spandiconcime, carro conferimento uva. Inoltre, possono essere presenti altre macchine specializzate come la legatrice, la sfogliatrice, la prepotatrice e, dove necessario, la vendemmiatrice.

Tab. 2.1 - Gestione culturale del vigneto – operazioni principali

Potatura invernale	Prepotatura, taglio manuale, stralciatura
Gestione del terreno	Trinciatura sarmenti, diserbo chimico, trinciatura erbe, diserbo meccanico con decespugliatore, vangatura, erpicatura, scalzatura, zappettatura manuale
Potatura verde	spollonatura, cimatura, eliminazione germogli, sfogliatura
Palizzamento	palizzamento, legatura
Diradamento grappoli	diradamento grappoli
Difesa fitosanitaria	trattamenti con prodotti liquidi e solidi
Altre operazioni	fertilizzazione, reimpianto fallanze, eliminazione ceppi malati, irrigazione soccorso
Vendemmia	vendemmia, carico, trasporto e scarico uva cantina

2.2.1 Difesa fitosanitaria e distribuzione dei fitofarmaci

Oggi l'obiettivo della difesa fitosanitaria non è limitato solo alla salvaguardia della coltura e della produzione, alla riduzione dei tempi e dei costi dell'operazione, ma, anche al maggiore rispetto dell'ambiente e a garantire la migliore esecuzione e sicurezza dell'intervento.

Poiché, fra i punti critici degli interventi fitosanitari si annoverano l'elevata tempestività e la ripetitività dei trattamenti, ne consegue la necessità di macchine ad alta produttività, efficienza ed efficacia. L'efficienza è volta alla riduzione degli sprechi e ad aumentare la superficie di vigneto trattata per unità di soluzione irrorata, l'efficacia, ha l'obiettivo di contenere l'infestazione e/o ridurre il numero dei trattamenti. L'aumento della produttività, consisterà non soltanto nel contenimento dei costi della manodopera e di quelli correlati, ma anche, e soprattutto, nel rispetto del periodo utile di ogni trattamento (la capacità del cantiere di lavoro di intervenire nell'ambito di quel periodo prima del quale e dopo del quale il trattamento potrà essere inutile, dannoso e dunque fonte di costi improduttivi).

Quanto sopra rende ragione dello sviluppo di macchine con caratteristiche adeguate alle specifiche esigenze della viticoltura moderna (fig. 2.1), e del crescente impiego delle tecniche di “precision farming”.

Le irroratrici possono essere dotate di dispositivi che, abbinati a sistemi di georeferenziazione, permettono di variare la dose, le caratteristiche di irrorazione o l'applicazione stessa, per mezzo del riconoscimento di forma, con sistemi di “imaging”, o con sofisticati sensori NIR (Near Infrared Radiation), per poter proporzionare il quantitativo di miscela antiparassitaria applicata alla dimensione della massa vegetale o al livello di infestazione, con l'obiettivo di ridurre la deriva e concentrare i depositi esclusivamente sul bersaglio.



Fig. 2.1 – Alcune tipologie di irroratrici .

La riduzione della deriva e l'aumento delle superfici trattate per unità di miscela irrorata sono obiettivi che possono essere raggiunti anche con macchine non equipaggiate con sensori elettronici, bensì con pannelli captanti contrapposti ai quali è affidato il compito di recuperare la miscela irrorata fuori bersaglio. Le soluzioni costruttive prevedono macchine irroratrici specializzate, costituite da uno o due tunnel in polietilene o vetroresina di dimensioni variabili. I pannelli hanno funzione di intercettazione delle gocce che, trasportate dall'aria, oltrepassano la vegetazione (Ade et al., 2005; 2007, Planas et al., 2002; Baldoin et al., 2004; 2005; Ilker H. C. et al., 2009).

2.2.2 Gestione del terreno

La gestione del terreno è eseguita nell'ottica della "salvaguardia della risorsa pedologica", con l'introduzione di attrezzature ad uso della minima lavorazione, della salvaguardia del rischio erosivo e della gestione dell'inerbimento, volte a preservare la fertilità agronomica, le caratteristiche microbiologiche e la stabilità strutturale dei suoli.

Le attrezzature utilizzate possono essere assimilate a quelle di uso comune nella frutticoltura, dove operatrici come erpici, ripuntatori, coltivatori e zappatrici sono adibite alla lavorazione periodica dell'interfila. La lavorazione della fila può avvenire con macchine munite di dispositivi idonei alla salvaguardia del ceppo (fig. 2.2.).

Con particolare riferimento alla viticoltura mediterranea, contraddistinta da minori distanze delle piante sulla fila, le lavorazioni interceppo possono presentare criticità non ancora risolte efficacemente, specie nei vigneti ad alberello, dove il ceppo talvolta inclinato e le branche a ridotta distanza dal suolo, possono ostacolare grandemente il corretto funzionamento dei tastatori e il rientro degli utensili che questi comandano.



Figura 2.2 – Esempi di macchine per la lavorazione del terreno

2.2.3 Concimazione e fertilizzazione

La concimazione di produzione è sicuramente quella pratica agronomica che, insieme alla scelta varietale e ai portainnesti, negli ultimi 10 anni ha subito profondi cambiamenti tecnico-operativi.

La distribuzione periodica dei concimi minerali, sia in superficie che interrata, viene effettuata ricorrendo a spandiconcime di uso assai comune. Per quanto attiene alla distribuzione di fertilizzanti organici e ammendanti, le operatrici attualmente disponibili sono di notevoli dimensioni, soggette a blocchi di funzionamento e richiedono la presenza di una macchina caricatrice che resterà inoperosa per la maggior parte del turno di lavoro. A fronte della sempre minore disponibilità di letame, si accresce quella del compost, materiale non sempre trattabile dalle attuali macchine spandiletame.

2.2.4 Gestione della chioma

Potatura verde

Le tecniche di gestione della chioma comprendono la potatura invernale, il palizzamento e gli interventi di potatura verde, quali spollonatura, cimatura, sfogliatura e il diradamento dei germogli e dei grappoli. Tranne queste ultime, sono tutte operazioni comunemente meccanizzabili nelle forme a contropalliera (fig. 2.4).

La spollonatura può essere effettuata con mezzi meccanici (testate rotanti con flagelli) o chimici (ugelli per la distribuzione localizzata). Nel primo caso si deve porre molta attenzione nella selezione della velocità di avanzamento, correlandola alla velocità periferica dei flagelli. Le spollonatrici chimiche richiedono attrici di minore potenza e massa e operano in genere a velocità maggiori, sino a 6 km/h.

Per l'esecuzione della cimatura meccanica le tecnologie presenti sul mercato, ormai piuttosto consolidate ed ampiamente collaudate, sono essenzialmente tre: taglio rettilineo a riscontro, taglio rotativo a riscontro, taglio rotativo senza riscontro. Con le operatrici a barre falcianti particolare cura dovrà essere posta alla scelta della velocità di avanzamento per ridurre l'inconveniente rappresentato dai tagli sfilacciati dovuti al trascinarsi della vegetazione; principalmente per questa ragione la velocità di avanzamento rimane contenuta fra i 2 e i 5 km/h.

Con le cimatrici a lame rotanti si raggiungono velocità di avanzamento più elevate (sino a 10 km/h), tuttavia anche per queste operatrici la qualità del taglio può rappresentare un problema che viene attenuato o eliminato intervenendo con frequenza sulla parte più giovane dei germogli. In ogni caso, dal punto di vista

agronomico occorrerà fare in modo che sul tralcio cimato rimanga un numero di foglie sufficiente.

All'occorrenza possono essere installati dispositivi “convogliatori” che ruotando verso l'interfila sollevano i tralci verso gli organi di taglio.

La sfogliatura è una operazione che ha obiettivi diversi a seconda dell'epoca di esecuzione. In ogni caso essa si avvantaggia dell'uso di defogliatrici ad aspirazione, termiche e a strappo. La velocità di avanzamento raramente supera i 4 km/h e dipende da fattori connessi alle caratteristiche dell'impianto e alla fase fenologica della pianta, oltre che alla tipologia di macchina.



Fig. 2.4 – Spollonatrice chimica, cimatrice, legatrice e sfogliatrice.

Le legatrici (palizzatrici) transitano a cavallo del filare e solitamente sono ad applicazione frontale su trattori. La tipologia più diffusa è costituita da due coclee che ruotano in senso contrario al senso di marcia e sollevano delicatamente la vegetazione ponendola in posizione verticale. Contemporaneamente la macchina

stende una coppia di fili uno per ciascun lato della controspalliera, racchiudendo la vegetazione. La velocità di lavoro è di 3-4 km/h.

Potatura invernale

La potatura invernale – o potatura secca - necessita di un elevato fabbisogno di manodopera, pertanto, l'impiego di attrezzature e macchine in grado di agevolare e velocizzare questa operazione costituisce un importante obiettivo. La meccanizzazione integrale è subordinata alla forma di allevamento; nella situazione italiana è comunemente diffuso l'intervento di prepotatura, mediante il quale effettuare il taglio dei tralci e la stralciatura, a cui segue la rifinitura manuale per definire la lunghezza e il diradamento degli speroni.

I tipi di potatrice oggi diffusi sono due: potatrici a barre falcianti e potatrici a dischi rotativi (fig. 2.5).

Con la maggior parte dei modelli oggi disponibili è necessario impiegare trattrici non ingombranti, ma di massa elevata e questo, in diversi casi, significa dover ricorrere a motrici non recentissime in quanto caratterizzate da un rapporto massa / potenza più elevato rispetto a quelle attuali. Non risultano potatrici trainate.



Fig. 2.5 – Potatrici a dischi e potatrice a barre orizzontali

2.2.5 Vendemmia

In Italia la vendemmia meccanica incontra molti punti di criticità che ne condizionano la diffusione: la frammentazione e la piccola dimensione delle aziende, la variabilità delle forme d'allevamento, non sempre predisposte agli interventi

meccanici, la diffusione dei vigneti in zone declivi. Nella maggior parte dei casi l'ostacolo maggiore è costituito, comunque, dal timore di influire negativamente sulla qualità del prodotto.

Nella vendemmia meccanica, le tecnologie per salvaguardare le uve da raccogliere si sono affinate: i sistemi impiegati hanno raggiunto un elevato livello tecnologico con organi di vibrazione controllati automaticamente, in sinergia con la struttura tutore del filare, per avere un distacco ottimale del frutto attraverso la modulazione della frequenza, dell'ampiezza e del tipo di accelerazione, monitorate dall'operatore e dai sistemi di rilievo. Le tipologie di vendemmiatrici più attuali (fig. 2.6), trainate o semoventi, possiedono un sistema di scuotimento orizzontale controllato elettronicamente direttamente dalla tastiera dal posto di guida, con cui è possibile regolare in modo indipendente e immediato i 4 parametri di scuotimento: ampiezza, frequenza, apertura e accelerazione. Lo scuotimento automatico è proporzionale all'avanzamento, inoltre, sono presenti un dispositivo di auto allineamento costante sul filare e un correttore automatico dell'altezza di lavoro da terra. Il sistema di trazione automatico permette di lavorare sia in salita che in discesa anche in condizioni molto difficili.



Fig. 2.6 – Esempio di vendemmiatrice

2.3 Stato dell'arte della meccanizzazione dell'alberello

Un discorso a parte merita la gestione colturale dei vigneti coltivati con forma di allevamento ad alberello.

Sebbene la meccanizzazione sia fondamentale per garantire una maggiore tempestività e precisione nell'esecuzione delle operazioni colturali, attualmente, risultano disponibili un numero assai ridotto di macchine specializzate che possono operare in questi vigneti.

I maggiori ostacoli alla meccanizzazione della vite ad alberello sono legati alla forma in volume, alla difficoltà di palizzare la chioma ricadente verso terra, alla distanza delle piante tra le file e sulla fila.

Alcuni esempi di macchine operatrici compatte e trainate vengono usate in Spagna per la prepotatura della vite "en vaso" senza tutore (Martínez de Toda, Tardáguila, 2003), ma la tecnologia è ancora modesta.

In alcuni areali, per favorire la meccanizzazione, la soluzione con un tutore per pianta è stata modificata "appoggiando" la vegetazione su una spalliera di ridotte dimensioni: in questi casi l'alberello è stato trasformato in una forma a parete con la formazione di due branche parallele al filare. Questi vigneti vengono gestiti ricorrendo ad automotrici scavallanti a conduzione centrale (Bobard, GRV-Caval, Gregoire group, ecc.) dotate di diversi utensili e attrezzi. Gli svantaggi di queste macchine sono legati all'elevato costo e all'ingombro(fig. 2.7).

Nei vigneti ad alberello, anche a chioma espansa, con larghezza dell'interfila di almeno 1,80 m, è possibile intervenire con un comune trattore a carreggiata stretta equipaggiato con operatrici trainate o portate (Schillaci et al, 2009).



Fig. 2.7 – Macchina semovente Bobard

PARTE II – LA SPERIMENTAZIONE

CAPITOLO 3

LE ATTIVITÀ SPERIMENTALI

3.1 Introduzione

Le sperimentazioni descritte in questa II parte della tesi prendono le mosse da una indagine preliminare sulla meccanizzazione (Schillaci *et al*, 2006) della viticoltura presente nell'area dell'Etna, tramite la quale si è potuto constatare che la viticoltura da vino, si ispira a modelli “tradizionali” e mostra ancora incertezze sulle macchine operatrici da utilizzare ed incomprensioni sulle tecniche di impiego. Lo studio ha mostrato che ai miglioramenti della tecnica agronomica ed enologica non ha fatto pari seguito l'adozione di macchine per la viticoltura specializzata e, inoltre, gli aspetti connessi alla sicurezza e alla manutenzione delle attrezzature non appaiono sempre soddisfacenti.

Partendo da queste considerazioni, è stata svolta un'ulteriore indagine conoscitiva sulla meccanizzazione delle realtà viticole di particolare pregio ubicate nell'areale dell'Etna e della provincia di Ragusa e Siracusa, al fine di rilevare informazioni utili sulla situazione esistente in termini di macchine e attrezzature correttamente utilizzate, aspetti della sicurezza, modalità d'impiego, punti critici e possibili soluzioni (**Cap. 4**).

Dalla ricerca sono state confermate alcune criticità che riguardano la meccanizzazione delle tecniche colturali, con particolare riguardo agli interventi di gestione della chioma, alla lavorazione sulla fila, alla distribuzione di fertilizzanti organici al terreno, alla difesa fitosanitaria. Inoltre, molti operatori hanno lamentato la nota carenza di operatrici adeguate al sistema di coltivazione ad alberello.

Durante questa indagine sono emerse in tutta evidenza le interconnessioni fra la consistenza del parco macchine, la produttività del lavoro (manuale e meccanizzato), taluni aspetti della sicurezza e della salute degli operatori.

Le perplessità legate all'intervento meccanico, dovute in parte alla incompleta conoscenza di alcune caratteristiche delle macchine disponibili e delle modalità di impiego, hanno spinto ad approfondire gli aspetti operativi della potatura invernale (**Cap. 5**).

Dalle osservazioni svolte nei cantieri di potatura invernale, è emersa la presenza di potenziali fattori di rischio per la salute del lavoratore, connessi alle macchine e alle attività, ancora poco discussa in bibliografia. A tale riguardo è stata svolta un'indagine in merito all'esposizione da parte del conducente a inquinanti aerodispersi prodotti durante la prepotatura meccanica (**Cap. 6.2**), e uno studio sulle forze esercitate per il taglio di tralci durante l'esecuzione manuale, per valutare fattori in grado di indurre patologie muscolo scheletriche nel potatore, con riferimento alla specificità dei vitigni coinvolti nell'indagine (**Cap. 6.3**).

I risultati dell'indagine conoscitiva e i colloqui con gli agricoltori hanno evidenziato le esigenze in termini di fabbisogno in innovazione e la necessità di sviluppare soluzioni tecniche di facile reperibilità e di comune impiego nel contesto produttivo di riferimento.

La ricerca, pertanto, si è posta l'obiettivo di individuare soluzioni volte ad affrontare situazioni specifiche legate alla meccanizzazione delle operazioni colturali per arrivare ad un'attività agricola quanto più integrata con il territorio di appartenenza.

I presupposti per lo sviluppo di macchine innovative sono derivati dalle realtà osservate dove gli stessi viticoltori sono stati messi in collegamento con le ditte costruttrici di macchine agricole, invitando quest'ultime a presentare proposte di innovazione. Ne è conseguita la ricerca di soluzioni innovative che sono state sviluppate in grado diverso a seconda delle risorse disponibili reperite per ciascuna.

Si è partecipato all'implementazione di un "*Veicolo multifunzione elettrico autonomo*" [OIGA, 2009], attualmente in fase di sviluppo con configurazioni diverse (a distanza controllata, semi o completamente autonomo) che, equipaggiato con

attrezzi utili potrà soddisfare il fabbisogno in innovazione dei vigneti ad alta densità ubicati in terreni terrazzati e/o in pendio alla gestione del vigneto, (**Cap. 7**).

Per risolvere i problemi della nutrizione organica, è stata perfezionata una macchina innovativa “*Spandiletame/spandicompost Compatto Autocaricante con Distributore a Velocità Variabile*” [ENAMA, bando macchine innovative 2008], in grado di distribuire materiale organico in vigneti con spazi ridotti, superando così gli svantaggi connessi alle tradizionali macchine spandiletame (**Cap. 8**).

L’interesse verso i vigneti ad alberello e la carenza di macchine e soluzioni adeguate ai contesti produttivi rilevati dall’indagine, hanno stimolato la ricerca di macchine specializzate per tali vigneti, ricerca che si è conclusa con la realizzazione di un prototipo preindustriale denominato “*Portale scavallante multifunzione*” [ENAMA, bando macchine innovative 2009], facilmente utilizzabile nei contesti indagati e destinato alla gestione meccanizzata delle operazioni colturali ricorrenti nei vigneti ad alberello (**Cap. 9**).

L’attività di ricerca svolta nel corso di dottorato si è snodata, pertanto, lungo un percorso sperimentale fatto di indagini, osservazioni, confronti con viticoltori e costruttori di macchine agricole, ed è culminata con lo sviluppo e la messa a punto di macchine innovative, come il “*Veicolo versatile multifunzione elettrico autonomo*, ancora in corso di sviluppo, il perfezionamento della macchina “*Spandiletame-spandicompost Compatta Autocaricante con Distributore a Velocità Variabile*” e la realizzazione del “*Portale scavallante multifunzione*” per l’alberello”.

CAPITOLO 4

INDAGINE SULLA MECCANIZZAZIONE VITICOLA E ASPETTI CONNESSI ALLA SICUREZZA

4.1 Obiettivi e motivazioni

L'indagine sulla meccanizzazione riferita alle realtà viticole dell'Etna e delle province di Ragusa e Siracusa, trova le sue ragioni nella carenza di informazioni a riguardo. Si tratta di due contesti viticoli di particolare pregio per variabilità genotipica e colturale oltre che per il legame con il paesaggio, il panorama sociale e culturale dei luoghi. Si è inteso, pertanto, rilevare la situazione esistente in termini di macchine e attrezzature, modalità d'impiego, punti critici, nonché le relazioni con gli aspetti della sicurezza.

Le osservazioni in campo, i colloqui con gli imprenditori e con gli addetti ai lavori hanno costituito la base per cercare e, in qualche caso, trovare risposte alle seguenti domande:

Le aziende vitivinicole sono dotate di macchine specializzate?

Quale è l'effetto della attuale meccanizzazione sulla sicurezza e sul benessere dei lavoratori?

Ed ancora: è possibile favorire l'introduzione di una meccanizzazione specializzata, senza dover pesantemente intervenire sulle strutture, giaciture e sulle forme di allevamento attuali?

Infine: L'indagine effettuata ha consentito di evidenziare fabbisogni in termini di macchine innovative?

L'indagine ha voluto accertare se e in che misura la moderna viticoltura da vino presente nell'area indagata, oltre ad essersi sottoposta a profondi rinnovamenti sia nelle tecniche colturali che in cantina, ha ritenuto di volersi dotare di un parco macchine moderno, specializzato, in grado di affrontare i vincoli posti dalla tempestività delle operazioni in un quadro di costi crescenti e di sempre minore

disponibilità di manodopera specializzata, mantenendo alto il rispetto delle condizioni di salute e di benessere degli operatori.

Come si vedrà, l'indagine ha consentito di evidenziare alcune importanti esigenze volte sia ad un miglior uso delle macchine esistenti che all'introduzione di macchine tipiche o specializzate per la viticoltura. Infine, è stato delineato con sufficiente precisione il fabbisogno in macchine innovative per la viticoltura specializzata.

4.2. Materiali e metodi

Mediante osservazioni in campo, interviste agli operatori e compilazione di schede sono stati rilevati il parco macchine, le modalità di impiego e gli aspetti della sicurezza connessi all'uso delle macchine agricole, di un campione rappresentativo di aziende viticole ubicate nell'area altamente vocata del comprensorio dell'Etna e della Sicilia sud-orientale.

Ai fini della valutazione della sicurezza di ciascuna macchina sono stati rilevati i parametri imposti dal Decreto legislativo 27 gennaio 2010 n. 17² (ex D.P.R. 459/96) e dal D. Lgs. 81/2008, ovvero, marca e modello, presenza della targhetta d'identificazione con la marcature CE, età, data di prima commercializzazione,

² In Italia, il Decreto legislativo 27 gennaio 2010 n. 17, che sostituisce il D.P.R. n. 459/96, ha recepito la Direttiva Macchine (2006/42/CE), e individua i requisiti essenziali che le macchine devono possedere per poter essere giudicate sicure. Ai requisiti di carattere generale si aggiungono i requisiti specifici riportati nelle norme tecniche di sicurezza dettagliate per le varie macchine.

Relativamente all'immissione sul mercato della macchine, non vi sono rilevanti differenze rispetto al DPR 459/96. Per quanto riguarda gli aspetti prettamente meccanici è noto che le macchine devono essere corrispondenti a degli standard tecnici, devono essere corredate di una dichiarazione di conformità e di un libretto d'istruzione all'uso e manutenzione. Affinché siano identificabili devono possedere una targhetta sulla quale risulta la ragione sociale della fabbricante e l'indirizzo, il marchio CE, il modello, il tipo e il numero di serie, il numero di matricola del telaio, l'anno di costruzione, e dove necessario deve essere indicata la massa. L'acquirente è tenuto a richiedere la seguente documentazione, a corredo della macchina sia se acquistata nuova o usata, immessa sul mercato in Italia dopo il 21 Settembre 1996: **Dichiarazione di conformità**, che identifica: la macchina, a quali norme e leggi è conforme, identificante, il costruttore e la sua sede, le definizioni di responsabilità, la data di prima immissione sul mercato. **Marcatura CE di conformità** riportante il simbolo grafico apposto in modo visibile, leggibile e duraturo su specifica targhetta riportante: nome del costruttore, genere serie e tipo della macchina, numero di matricola o telaio, anno di fabbricazione, eventuali altri dati specifici per tipi di macchine. **Manuale istruzioni/uso e manutenzione**, in dotazione con la macchina, redatto nella lingua del costruttore e dell'utilizzatore a cui la macchina è destinata, nel quale devono essere riportate tutte le operazioni di manutenzione ordinaria e straordinaria. **Pittogrammi di sicurezza**. Dovranno essere presenti sulla macchina appositi pittogrammi di sicurezza indicanti nelle zone specifiche di pericolo il tipo di rischio e la soluzione adottata di carattere procedurale o tecnica.

presenza del manuale di uso e manutenzione. Inoltre, è stata riportata la presenza dei pittogrammi di sicurezza relativi ai rischi residui attinenti al tipo di lavoro; la presenza dei carter di protezione dove previsti.

Il parco macchine è stato dettagliato mediante la compilazione di apposite schede; sono state esaminate le motrici e macchine operatrici impiegate nelle operazioni colturali, valutato il livello di meccanizzazione, le esigenze aziendali e la rispondenza delle macchine alle norme vigenti sulla sicurezza.

Occorre sottolineare che l'interesse verso la sicurezza si deve alla convinzione che questo importante aspetto, costituisca in generale un indicatore in grado di rivelare l'attitudine alla meccanizzazione da parte dell'impresa agricola.

4.3 Risultati

4.3.1 Aspetti generali

La gestione colturale della viticoltura del comprensorio dell'Etna e del Sud-Est è influenzata da condizioni strutturali, orografiche e agronomiche, nonché dalle scelte imprenditoriali, spesso assai diversificate tra un'azienda e l'altra.

L'indagine è stata svolta su un campione di 13 aziende contraddistinte da elementi di particolare interesse: superfici vitate comprese tra 5 e 50 ha, localizzazione in zone di pregio, presenza di cantina con gli stabilimenti per la trasformazione e l'imbottigliamento, produzione di vini VQPRD, presenza di competenze qualificate, vitalità imprenditoriale (testimoniata da investimenti su nuove superfici e rinnovo di quelle esistenti) (fig.4.1).

Nell'ambiente etneo le pendenze sono corrette, solitamente, da terrazze, sorrette da muretti in pietre laviche. Nell'area del sud-est la sistemazione è usualmente a rittochino, dopo piogge molto intense, autunnali e invernali, sono comuni i problemi di erosione.

Nel campione di aziende indagato il sistema di allevamento più diffuso è la forma a spalliera con potatura a cordone speronato, il sistema di allevamento tradizionale ad alberello è ben rappresentato in tre aziende.

La densità di impianto è di oltre 5.000 piante/ettaro con un sesto d'impianto di 0,80-0,90 m sulla fila e di 2,00-2,20 m sull'interfila. Si differenzia un'azienda con un vigneto di 6 ha con densità di impianto di oltre 12.000 piante/ha

La produzione media di uva si può stimare, in annate favorevoli, in circa 6 t/ha. Tranne alcune eccezioni, i vigneti sono privi di impianto fisso di irrigazione.



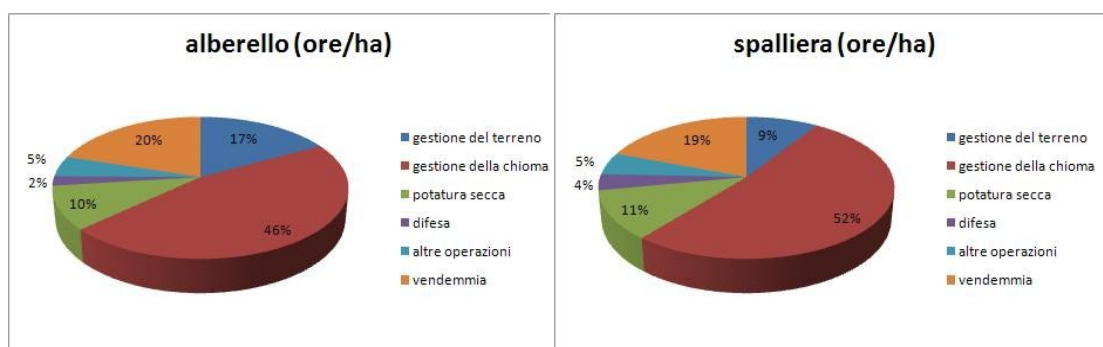
Fig. 4.1 - Immagini di 4 aziende indagate

Dall'analisi delle situazioni osservate si evidenzia che l'ordinaria gestione colturale di un vigneto adulto nell'area etnea richiede un fabbisogno di manodopera che va dalle 450 alle 600 h/ha, raggiungendo anche le 800 h/ha nelle situazioni più estreme (forti pendenze o cattiva organizzazione del lavoro). Nella Sicilia sud-orientale tale fabbisogno è pari a circa 400-450 h/ha (tab. 4.1, fig. 4.1). Le macchine motrici ed operatrici si presentano nel complesso in buone condizioni a testimoniare un certo riguardo verso la meccanizzazione.

L'indagine ha messo in evidenza il livello di sicurezza delle macchine e delle attrezzature agricole in funzione dell'applicazione della disciplina legislativa e l'effettiva valenza riconosciuta alla sicurezza nella gestione aziendale.

Tab. 4.1 – Tempi di lavoro unitari (h/ha) delle operazioni colturali nei vigneti indagati (dati medi)

Operazioni colturali	<i>alberello</i>	<i>spalliera</i>
gestione del terreno	70	46
gestione della chioma	190	250
potatura secca	45	58
difesa	9	18
altre operazioni	20	25
vendemmia	85	95
totale	419	490

**Fig. 4.2** – Fabbisogno manodopera operazioni colturali per forma di allevamento (%)

4.3.2 Macchine motrici e dispositivi per la trasmissione del moto

Trattrici

Il parco trattoristico esaminato (tab. 4.2) è costituito trattrici tenute in buone condizioni, con potenza media di 48 kW. Le trattrici a ruote rappresentano l'86% del campione, sono in massima parte della tipologia "vigneto" o "frutteto", con carreggiata stretta, ridotto raggio di sterzata (fig. 4.2). In una azienda con vigneto ad altissima densità (12.000 piante/ha) è stato rilevato un semovente scavallatore (4RM, 60 kW) specializzato per vigneto (Bobard).

La potenza totale media installata per azienda risulta pari a circa 110 kW. Ogni trattore si trova a dominare, mediamente, una superficie di estensione pari a 8,9 ha di

vigneto e la potenza media installata per unità di superficie colturale risulta pari a 5,3 kW/ha, 6,8 kW/ha con le altre macchine motorizzate. Una ripartizione per classi di età vede che il 60% delle trattrici è stato acquistato dopo l'entrata in vigore del D.P.R. 459/96, circa il 40% ha un età superiore ai 15 anni.



Fig. 4.3 - Alcune motrici rilevate

Tab. 4.2. Parco macchine e potenza totale rilevata nelle aziende osservate

<i>Aziende</i>	<i>SAU</i>	<i>Trattrici</i>	<i>Potenza totale trattrici</i>	<i>Macchine motorizzate</i>	<i>Potenza totale m. motoriz.</i>	<i>Potenza totale</i>	<i>Potenza Installata</i>
	<i>ha</i>	<i>N°</i>	<i>kW</i>	<i>N°</i>	<i>kW</i>	<i>kW</i>	<i>kW/ha</i>
1	8	1	40	1	8	48	6,0
2	40	6	220	-	0	220	5,5
3	12	2	112	4	23	135	11,3
4	50	5	267	-	0	267	5,3
5	10	2	96	2	22	118	11,8
6	15	2	70	-	0	70	4,7
7	18	2	78	3	33	111	6,2
8	8	1	60	2	10	70	8,8
9	18	2	68	4	28	96	5,3
10	24	2	101	-	29	130	5,4
11	12	Semov.	60	3	30	90	7,5
12	21	2	107	1	10	117	5,6
13	40	3	183	3	30	213	5,3
Totale	276	31	1462	23	223	1685	6,8

Sicurezza trattrici. La trattrice agricola è regolata da norme specifiche di sicurezza. Le osservazioni hanno mostrato roll-bar sempre tenuti in efficienza (tab.

4.3). È stato rilevato il tipo di trazione, la presenza o meno della cabina; cinture di sicurezza, la presenza dei dispositivi di protezione del conducente in caso di ribaltamento (ROPS)³,

Tab. 4.3 Parco trattoristico esaminato ai fini della sicurezza

<i>Trattrice</i>	<i>Anno</i>	<i>Tipo di trazione</i>	<i>Potenza kW</i>	<i>Cabinata</i>	<i>ROPS</i>	<i>Cinture</i>
1	2006	4RM iso	37	no	si	si
2	1973	Cingolata	40	no	no	no
3	1973	Cingolata	40	no	no	no
4	1990	Cingolata	51	no	no	no
5	1995	4RM iso	40	no	si	no
6	2005	4RM iso	44	no	si	no
7	1991	4RM	44	no	si	no
8	1990	Cingolata	44	no	no	no
9	2006	4 RM	62	si	integrato	si
10	2006	4RM	62	si	integrato	si
11	1995	4RM	40	no	si	-
12	2000	Cingolata	40	no	si	-
13	2004	4RM	55	no	si	-
14	2001	4 RM	55	si	integrato	-
15	1998	4RM	52	no	si	-
16	1997	4RM	52	no	si	no
17	2003	4RM	55	no	si	-
18	1989	4RM	44	no	si	no
19	2006	4RM	53	si	integrato	si
20	2005	Cingolata	54	no	si	-
21	2000	4RM	66	si	integrato	si
22	2008	4RM	66	si	integrato	si
23	2006	Cingolata	51	no	si	si

³ Per limitare il rischio di ribaltamento tutte le trattrici devono essere equipaggiate con una struttura di protezione (ROPS) di tipo approvato o omologato. Le trattrici immesse sul mercato dopo del 1° gennaio 1974 devono essere dotate di telaio contro il ribaltamento.. Il telaio deve essere conforme alla circolare del Ministero del Lavoro n. 49/81 e deve essere installato dalla Ditta competente che rilasci il Certificato di installazione. Per le trattrici utilizzate in vigneti, frutteti o altra situazione dove, per ragioni operative, è impossibile adottare la struttura fissa contro il ribaltamento, deve essere adottato un telaio abbattibile e dove ciò non sia possibile devono essere fornite all'operatore tutte le informazioni in merito al rischio ed alle soluzioni alternative predisposte dal datore di lavoro.

Alberi cardanici

Sono state esaminate le protezioni degli alberi cardanici rinvenuti collegati alle macchine operatrici.

Sicurezza alberi cardanici. La valutazione degli alberi cardanici ha riguardato solamente gli alberi trovati collegati alle macchine prese in esame. In tutto sono stati controllati 35 alberi cardanici, 12 dei quali sono risultati sprovvisti delle protezioni previste dalle normative (fig. 4.4). Dei 23 alberi cardanici provvisti di protezione, in 6 casi la protezione non era integra o gli alberi erano solo parzialmente protetti.



Fig. 4.4 - Alberi cardanici

4.3.3 Macchine operatrici e tecniche d'impiego

Nel campione di aziende visitato risultano poco presenti le macchine tipiche per il vigneto e ancora meno presenti quelle specializzate (tab 4.4)

Tab. 4.4 – Le macchine operatrici censite

Interventi	attrezzature	N°
Lavorazione del terreno	Coltivatore	14
	Vibrocoltivatori	5
	Rotoripper	2
	Motocoltivatore	5
	Motozappa	10
	Zappatrice	14
	Erpice a dischi	4
	Erpice a denti	4
	Erpice interceppo	3
	Diserbo meccanico	Decespugliatore
Trinciaerba		3
Gestione della chioma	Forbice elettrica	6
	Prepotatrice	2
	Cimatrice	3
	Trinciasarmenti	8
	Spollonatrice	1
	Legatrice	1
	Defogliatrice	1
Concimazione	Spandiletame	1
	Spandiconcime	7
Difesa	Impolveratrici	4
	Irroratrici	19
	Irroratrici a spalla	16
Raccolta	Ribaltabile semovente	5
	<i>Rimorchio</i>	16

Gestione del terreno

Nell'aree indagate l'obiettivo fondamentale della gestione del terreno è costituito dal contenimento delle infestanti con macchine per lavorazioni superficiali (tab. 4.4, fig. 4.5). Le tecniche d'impiego più comuni si possono schematizzare come segue.

Appezamenti pianeggianti. Nelle aziende di ridotte dimensione si esegue il controllo delle infestanti sulla fila mediante l'impiego della piccola meccanizzazione, come decespugliatori spallabili o motozappe. Successivamente, dopo la distribuzione di concime (aprile), si esegue una lavorazione nell'interfila, spesso effettuata con erpici a bracci fissi, talvolta con zappatrici. Il periodo agronomicamente utile per le

lavorazioni primaverili ricade all'incirca nel mese di aprile (circa 20 giorni). Successivamente, sul terreno, povero di infestanti, si eseguono 3-4 interventi estivi, utilizzando il coltivatore a denti elastici.

Nelle aziende di maggiori dimensioni il controllo delle infestanti sulla fila è eseguito mediante erpice munito di dispositivo "interceppo". Nelle condizioni reali, le inclinazioni assunte dai ceppi obbligano al disinserimento del dispositivo tastatore e all'azionamento manuale dell'operatrice da parte di conducenti particolarmente esperti. L'intervento viene eseguito in primavera (marzo – aprile) e richiede notevole tempestività in quanto deve essere completato prima che le infestanti abbiano superato il ceppo in altezza. Successivamente alla lavorazione sulla fila vengono eseguite una o più lavorazioni (3 o 4) nell'interfilare, con erpici o zappatrici. Poco frequente l'utilizzo dell'erpice frangizolle a dischi.

Nei terreni in pendenza, la gestione della fila avviene avvalendosi di decespugliatori spallabili e nell'interfila si interviene con zappatrice: la trattrice procede all'indietro con l'attrezzo sollevato, per poi ridiscendere lavorando. Occorre sottolineare che la sistemazione dei filari viene effettuata quanto più possibile lungo la linea di massima pendenza, talvolta superando valori del 20%; in queste circostanze la lavorazione avviene a rittochino e il rischio di scivolamento laterale della trattrice è contenuto.

Nei terreni sistemati con terrazze strette e negli impianti ad alberello ad alta densità, subito dopo il risveglio primaverile, si interviene con una prima lavorazione, effettuata con motozappa. Gli interventi si possono ripetere 3-4 volte in un anno. Quando le chiome delle piante impediscono l'impiego di altre macchine, gli interventi contro le infestanti, vengono eseguiti con decespugliatori spallabili. Con una motozappa occorrono circa 55 h ha⁻¹; mentre, con un decespugliatore si raggiungono le 40 h ha⁻¹.

Gli interventi di diserbo chimico sono poco frequenti e riservati al diserbo sulla fila.

Gli attrezzi scavallatori (interceppo) per la lavorazione sulla fila sono poco diffusi poiché il loro utilizzo richiede molta cautela nei vigneti con ceppi non perpendicolari al terreno, poco allineati nei filari o molto ravvicinati sulla fila. In questi casi, le soluzioni meccaniche si sono rivelate poco efficaci con qualsiasi tipo di

organo lavorante, per la difficoltà a seguire correttamente l'allineamento del filare senza recare danni alle piante. Nella maggior parte dei casi, il meccanismo automatico di rientro viene disattivato e viene utilizzato il comando manuale, mettendo con ciò alla prova la capacità dei conducenti.



Figura 4.5 Macchine e attrezzi per la lavorazione terreno

La velocità di avanzamento è contenuta (2,2-2,5 km/h) e a causa delle frequenti interruzioni del lavoro dovute all'esigenza di allineare la macchina al filare, i tempi operativi sono piuttosto lunghi (10 h/ha) con conseguente bassa capacità di lavoro.

Sicurezza. Sotto l'aspetto della sicurezza i coltivatori e gli erpici presentano rischi minimi per la sicurezza e salute dell'operatore, di conseguenza anche i pittogrammi presenti sulla macchina sono pochi (tab. 4.5). Le macchine acquistate di recente presentano il telaio e le ancore di lavoro in buone condizioni, al contrario quelle più vecchie mostrano i segni del tempo soprattutto perché riposte all'aperto. Le zappatrici mostrano dei difetti in merito al carter di protezione e alla cuffia di protezione della p.d.p. che nell'80% era del tutto assente o rotta.

Gestione dei residui colturali

Lo smaltimento dei sarmenti di potatura viene effettuata con due modalità diverse: 1) liberare gli spazi intrafilari da residui organici decomponibili mediante trinciatura e deposito in loco del prodotto trinciato; 2) lottare le fitopatologie mediante raccolta dei sarmenti, allontanamento dai filari e smaltimento dei residui, che in quanto "rifiuti" non possono essere eliminati per combustione in campo (D. Lgs. n. 205/2010).

Per lo smaltimento dei sarmenti sono diffusi i trinciasarmenti, mentre non è presente la cultura del recupero per produzione di biomasse per utilizzo energetico, che richiederebbe trinciatrici appositamente equipaggiate. L'eliminazione con trinciatura richiede circa 3 h/ha.

Sicurezza. Le trinciasarmenti rilevate presentano tutte la protezione per la presa di potenza e il carter integro (tab. 4.6).

Concimazione

La distribuzione di concimi chimici granulari o organici pellettati sul terreno viene effettuata con macchine spandiconcime. La concimazione viene effettuata anche per via fogliare, talvolta al posto della concimazione di produzione somministrata al terreno.

La fertilizzazione con letame è una operazione favorevolmente accolta dai viticoltori, specialmente nei vigneti su suoli sciolti o coltivati con metodi

dell'agricoltura biologica, ma viene eseguita raramente sia per la carenza di materia prima che di macchine adeguate al contesto produttivo.

L'impiego di carri spandiletame è poco diffuso ed in realtà poco tollerato dagli stessi contoterzisti per via dei frequenti blocchi nel funzionamento del gruppo distributore, causati da materiale organico in circolazione non sempre di buona qualità (inquinato da materiale estraneo grossolano).

La pluralità delle macchine spandiletame/spandicompost in commercio non consente di operare in piccoli ambienti, a causa delle modalità d'impiego e capacità d'ingombro. Dunque, i vigneti con sesti molto ravvicinati, capezzagne poco ampie, presenza di terrazze, per avvantaggiarsi dei benefici della fertilizzazione organica devono ricorrere all'intervento manuale. In questi casi si avverte il fabbisogno di macchine di piccole dimensioni e compatte.

Sicurezza. Nessuna macchina spandiconcime rilevata presenta la cuffia di protezione per la presa di potenza (tab. 4.6).

Tab. 4.5 - Aspetti della sicurezza delle operatrici non azionate dalla pdp.

Macchine operatrici non azionate dalla presa di potenza		Numero delle macchine osservate			totale
		5 Carrelli	11 Coltivatori	8 Erpici	
Commercializzazione rispetto a D.P.R. 459/96 (21/09/96)	ante	3	4	4	11 (46%)
	post	2	7	4	13 (54%)
Marcatura CE		2	6	4	12
Targhetta		2	6	4	13
Pittogrammi		0	0	4	4

Tab. 4.6 - Aspetti della sicurezza delle operatrici azionate dalla pdp

Macchine operatrici azionate dalla presa di potenza		Numero delle macchine osservate				totale
		14 zappatr.	8 trinciasar.	6 spandic.	18 irroratr.	
Commercializzazione rispetto a D.P.R. 459/96 (21/09/96)	ante	2	1	1	3	7 (15,5%)
	post	12	7	5	15	39 (84,5%)
Marcatura CE		11	5	5	10	31
Targhetta		3	5	5	10	23
Pittogrammi		9	5	5	3	22
Marca		12	5	5	11	33
Protezione p.d.p.		6	6	0	11	23

Difesa fitosanitaria e distribuzione degli fitofarmaci

Delle irroratrici rilevate (fig. 4.6) il 50% è di tipo portato dalla trattrice, con barra ad arco e getto proiettato e portato grazie alla polverizzazione idraulica a medio – alta pressione e ventilatore assiale; la restante parte è equamente suddivisa tra irroratrici portate **con polverizzazione idraulica** (senza ventilatore) e **irroratrici trainate a polverizzazione pneumatica** (ventilatore radiale) con erogatore a torretta. Nelle aziende dove sono presenti appezzamenti caratterizzati da eccessiva pendenza e/o sesti ridotti, la distribuzione della miscela fitoiatrica viene effettuata con **pompe irroratrici a spalla**, per lo più a polverizzazione pneumatica del liquido.



Figura 4.6 – Alcune tipologie di macchine irroratrici rilevate

Per la lotta all'oidio, la patologia più diffusa nell'areale indagato, vengono utilizzate anche le **impolveratrici**; nelle piccole aziende, per gli interventi da effettuare nei primissimi stadi vegetativi, è tipico l'impiego di attrezzature molto semplici, definite "saliera" (fig. 4.7).

Le velocità di avanzamento delle macchine irroratrici nel complesso sono piuttosto omogenee e comprese tra 4-5 km/h, così come i tempi unitari di lavoro (1,4-1,6 h/ha). I volumi di distribuzione (700-1000 l/ha) e le pressioni di esercizio (mediamente 20 bar) sono spesso elevate rispetto alle reali esigenze.



Fig. 4.7 Saliera

Per quanto riguarda l'impiego delle macchine irroratrici, occorre sottolineare la mancata partecipazione a programmi periodici di controllo funzionale (oggi imposti dalla normativa). Inoltre, i parametri operativi adottati (pressioni di esercizio, volumi di distribuzione, portate alla barra, velocità di avanzamento e infine, adeguamento dell'apparato distributore in funzione della geometria delle chiome) non sempre risultano tarati alla coltura, né al suo stadio fenologico, ma seguono le regole dettate dalla tradizione. Il ventilatore è spesso in eccesso d'aria.

Sicurezza. Sotto l'aspetto della sicurezza dell'operatore e della salvaguardia dell'ambiente, le macchine risultano estremamente carenti: solo 4 delle macchine esaminate sono dotate di serbatoio ausiliario per il lavaggio delle mani dell'operatore e di filtri all'aspirazione smontabili a serbatoio pieno.

Gestione della chioma

Potatura verde. La potatura verde richiede il maggior impiego di manodopera e risulta una pratica culturale molto onerosa per la coltivazione del vigneto, richiedendo, quando esclusivamente manuale, oltre 200 ore/ettaro.

La **spollonatura** meccanica con spazzole o flagelli non è da tutti vista di buon occhio, e nonostante l'ampia disponibilità di spollonatrici, viene ancora eseguita

manualmente con notevole dispendio di manodopera (fino a 30 h/ha con densità di impianto di 5.000 ceppi/ha).

E' stato rilevato uno spollonature a flagelli in dotazione alla macchina semovente Bobard. La spollonatura meccanica eseguita in un impianto ad altissima densità (12.000 piante/ha) è stata eseguita con una velocità di avanzamento di 1,3 km/h e ha richiesto, nel caso specifico, 9 h/ha.

La **cimatura** viene eseguita non tanto per il ruolo che svolge sull'equilibrio vegeto-produttivo delle piante, ma perché agevola il passaggio dei mezzi meccanici nel filare e favorisce gli interventi di difesa fitosanitaria.

Nonostante l'ampia disponibilità di cimatrici questo intervento non è ancora ampiamente meccanizzato, la cimatura manuale viene svolta in media con due interventi e richiede 20-30 h/ha. Sono state censite solo 3 cimatrici, a barre di taglio rettilineo a riscontro.

La cimatura meccanizzata riduce anche del 70% il tempo impiegato rispetto a quella interamente manuale, e favorisce una migliore esecuzione dell'operazione, grazie alla tempestività dell'intervento. Un intervento di cimatura meccanica, svolta da un solo addetto, ha richiesto un tempo di lavoro di circa 1,5 h/ha (tempo effettivo e voltata) con velocità di avanzamento di 4,5 km/h, e di 3 h/ha, con velocità di 2,5 km/h.

La **palizzata** costituisce un'altra fase critica tra le operazioni colturali in quanto viene effettuata manualmente e richiede in media 45 h/ha. Sebbene si tratti di un'operazione semplice richiede tempestività e di conseguenza un elevato fabbisogno di manodopera.

Il lavoro di palizzata meccanica con legatrice, rilevato in una sola azienda, viene svolto da due persone (trattorista e secondo addetto che fissa lo spago all'armatura del filare). Esso ammonta in media a 7 h/ha di lavoro effettivo della macchina (alla velocità di avanzamento di 1 km/h), che passa a 10 h/ha considerando anche i tempi morti e quelli di voltata.

La legatura dei germogli è uno dei limiti dell'impianto ad alberello a causa della chioma espansa e vegetazione ricadente verso terra. Nei vigneti del sud-est allevati ad alberello una pratica molto diffusa è la legatura delle cime dei germogli - denominata "ammazzonatura" - eseguita per contenere la chioma delle piante. I

germogli nella parte terminale vengono raccolti e annodati, l'operazione richiede circa 40 h/ha.

La **sfogliatura** è una pratica frequente che segue la tradizione più che le regole agronomiche, viene eseguita di solito a fine invaiatura o prima della vendemmia.

E' stata rilevata una macchina sfogliatrice termica, utilizzata in fase di chiusura grappolo. L'intervento con la sfogliatrice ha impegnato 1 addetto e un tempo effettivo di lavoro di 3 h/ha, notevolmente inferiore rispetto all'intervento manuale (35 h/ha).

Diradamento germogli e diradamento grappoli sono interventi esclusivamente manuali, non eseguiti di regola da tutte le aziende.

Rischi. La zona vegetativa che richiede il maggior numero di interventi è localizzata soprattutto nella parte bassa della pianta di vite (80-100 cm dal suolo) e ciò richiede di dover lavorare chinati verso terra, con una postura scorretta. In questi casi l'operatore assume posizioni lavorative disagiati e le mantiene nel tempo; questo può comportare carichi funzionali, di grado elevato, per l'apparato osteo-articolare.



Fig. 4.8 - Cimatrice e prepotatrice

Potatura invernale. La potatura invernale richiede da 45 a 80 h/ha.anno di manodopera specializzata e rappresenta la seconda operazione agronomica per impegno di manodopera. I cantieri più diffusi sono costituiti da potatori che operano con cesoie e forbici ad azionamento manuale, in pochi casi si è riscontrata la presenza in azienda di forbici elettriche. La prepotatura meccanica è un'operazione poco rappresentata nel territorio indagato, dove i fattori quali l'estensione della superficie aziendale, la pendenza dei terreni, la variabilità delle forme di allevamento, ne ostacolano la diffusione.

Sono state rilevate 2 macchine prepotatrici, 1 a dischi e 1 a barre orizzontali. Nei cantieri meccanizzati un addetto alla macchina prepotatrice esegue la prepotatura e stralciatura della spalliera, le squadre di operatori, in successione, completano la stralciatura e effettuano la rifinitura degli speroni.

L'introduzione della prepotatrice non è ancora accettata, anche, a causa delle incertezze diffuse sulla modalità d'impiego e sulla convenienza in termini di produttività del lavoro.

Nel confronto tra le prepotatrici osservate, si evidenzia che le macchine a dischi, rispetto alla prepotatrice a barre, richiedono motrici con massa elevata, corrispondenti a modelli non più recenti, con il grave inconveniente della minore manovrabilità alle capezzagne.

L'uso della prepotatrice viene giustificato dalle aziende soprattutto per il vantaggio che genera nel ridurre i tempi della stralciatura. L'operazione di stralciatura manuale eseguita dopo la prepotatura è molto veloce e registra un incremento di produttività del lavoro del 45% rispetto alla stralciatura eseguita dopo la potatura manuale. Dal confronto tra i tempi unitari di lavoro complessivi (Schillaci, 2009) si è evidenziato che un cantiere con prepotatura consente un risparmio di tempo di circa 25 h/ha rispetto al cantiere di potatura e stralciatura interamente manuale, pari al 37% del tempo complessivo.

Le osservazioni evidenziano che le principali cause che rallentano il lavoro della prepotatrice consistono nelle palizzate non accurate o fili non sufficientemente tesi.

Rischi. Nei cantieri di potatura manuale si è rilevato che le operazioni di taglio eseguite dall'operatore sono contraddistinte da elevata frequenza e stereotipia a carico degli arti superiori e possono provocare rischi all'apparato muscolo scheletrico. I colloqui con i potatori hanno confermato che gli stessi nel periodo della potatura, accusano dolori soprattutto alla spalla e alla mano dell'arto che esegue il taglio.

Nei cantieri di pre-potatura, si è osservato che la prepotatrice in azione produce evidenti quantità di polveri di legno mista a trucioli che si depositano sulla trattrice. I conducenti della trattrice hanno confermato che le polveri costituiscono un problema, poiché quando si utilizza la prepotatrice, si ha la necessità di sostituire frequentemente il filtro dell'aria della trattrice. Questa problematica può costituire un

potenziale rischio per la salute del lavoratore, che può essere esposto a polveri di legno prodotte dal taglio dei tralci e ad inquinanti contenuti nei gas di scarico prodotti dalle macchine in azione.

Vendemmia

La vendemmia è usualmente manuale sia nell'area dell'Etna sia nelle aziende del Sud-Est; anche se qualche contoterzista a proporre la vendemmia meccanica.

Sono presenti in tutte le aziende i rimorchi per il trasporto del prodotto, alcuni ribaltabili, utili per il recapito delle uve vendemmiate in cantina.

Rischi. Durante la vendemmia si è osservato che le operazioni di raccolta impongono al lavoratore di raccogliere i grappoli con la schiena chinata a causa della forma d'allevamento, usualmente a ceppo basso. Questa postura scorretta, viene aggravata dalla movimentazione manuale delle cassette che, cariche d'uva, vengono trasportate a fine o al centro del filare per essere poi depositate sul carro rimorchio.

4.4 Meccanizzazione dell'alberello

Particolare attenzione deve essere dedicata al mantenimento e al potenziamento del sistema di allevamento ad alberello. Dalle stime, si evidenzia, che nei territori dell'Etna e di Siracusa, l'alberello costituisce la forma di allevamento principale, presente in oltre il 60% della superficie vitata. Si tratta però, di coltivazioni quasi interamente obsolete; mentre nell'areale indagato, la superficie ad alberello, rappresenta il 25% della superficie vitata rilevata, ma riguarda quasi per intero impianti recenti e razionali.

L'alberello viene scelto anche per la sostenibilità dell'impianto ed è l'unico sistema di allevamento che non necessita di armature e fili di sostegno, tranne nella forma "appoggiata", e per tale motivo ha bassi costi d'impianto (tab. 4.5).

La meccanizzazione risulta nel complesso assai carente per le difficoltà strutturali legate agli impianti, appezzamenti irregolari o fortemente terrazzati.

Per risolvere alcuni di questi inconvenienti taluni hanno adottato una forma a parete denominato "alberello appoggiato" (bidimensionale) allevando due branche

parallele al filare e appoggiandole su un filo sostenuto da corti pali di sostegno. In questo caso l'alberello può essere gestito come una spalliera, ma la vicinanza dei ceppi sulla fila, non sempre allineati, le branche vicine al terreno, non consentono l'utilizzo di macchine operatrici tradizionali.

Nell'area dell'Etna è stata rilevata la presenza una sola macchina semovente scavallante a conduzione centrale (*Bobard*) specializzata per gli impianti ad altissima densità equipaggiata con attrezzature adeguate per la cimatura, la spollonatura e la distribuzione dei fitofarmaci. Gli svantaggi di queste macchine sono legati all'elevato costo e all'ingombro.

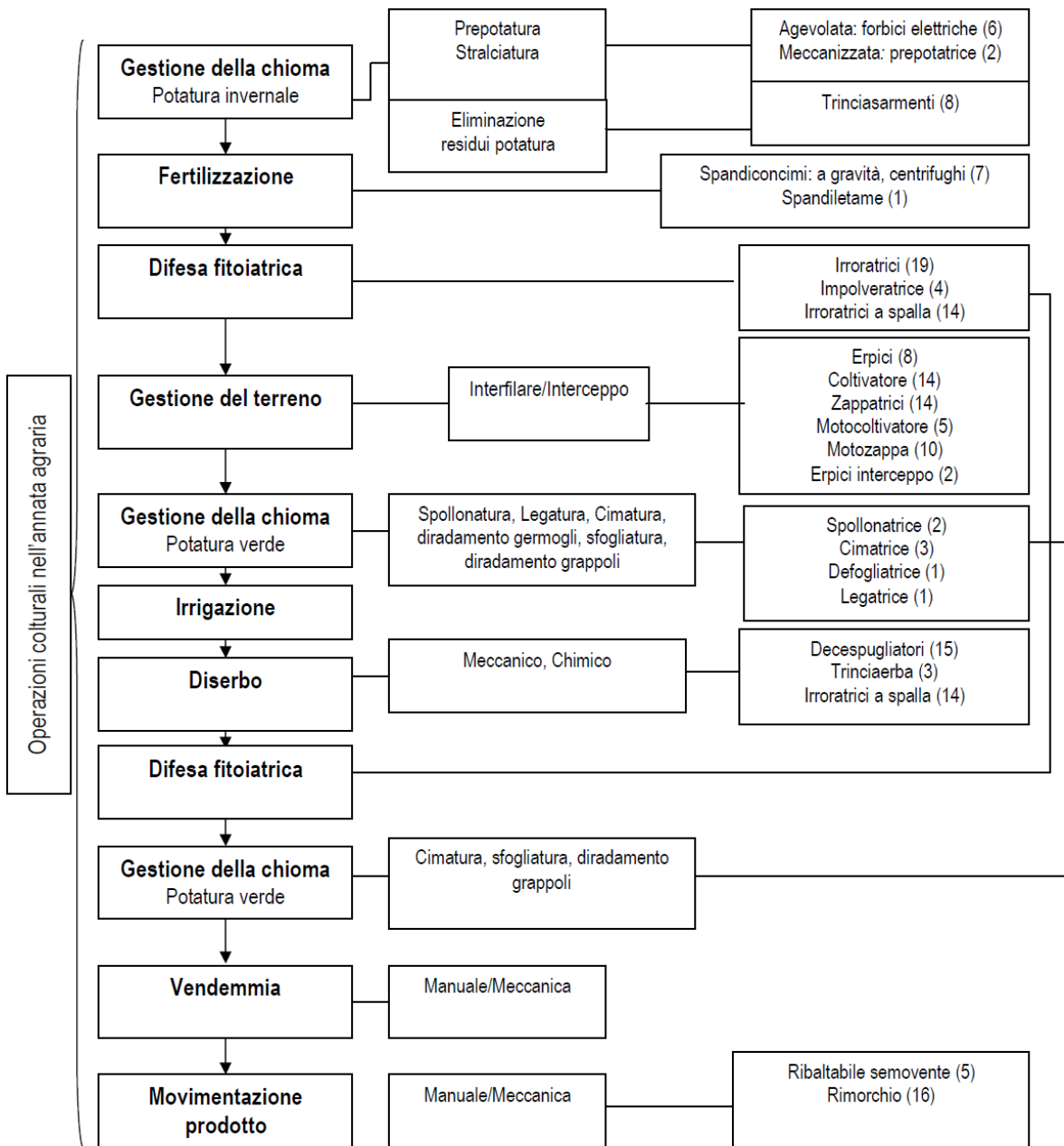
Nella Sicilia sud-orientale le viti ad alberello vengono mantenute nella forma tradizionale a chioma espansa, ma l'interfila è di 2 metri e la meccanizzazione delle operazioni colturali viene pertanto effettuata ricorrendo a comuni trattrici da vigneto attrezzate con operatrici di facile reperimento commerciale (Schillaci *et al*, 2009). La lavorazione sulla fila viene effettuata con l'ausilio di decespugliatori spalleggiati o motozappe, mentre potatura invernale, legatura e cimature sono effettuate manualmente.

Tab. 4.5 – Confronto tra materiale per struttura vigneti contropalliera e alberello

<i>Vigneto (10.000 m²)</i>	<i>Descrizione</i>	<i>n. elementi</i>	<i>Costo €</i>
contropalliera potatura a cordone speronato sesto 0,90x 2,50 densità impianto 4.500 piante/ha	Smaltimento palerie		500
	Distribuzione pali e ancore	880	500
	Posa pali testata + ancore	80+80	400
	Posa profilati metallici	800	560
	Stesura e fissaggio fili	4.500	1.500
	Posa tutori	4.500	1.360
	Profilati metallici	800	2.800
	Pali testata in legno + ancore	80+80	800
	Tutori	4.500	1.600
	Fermagli Tutori	4.500	180
	Fili e accessori		1.300
		TOTALE €/ha	
alberello (sesto 0,90 x 2,50) densità impianto 4500 piante/ha	Posa tutori	4.500	1.360
	tutori	4.500	1.600
	TOTALE		2.960

**Indagine meccanizzazione viticola: Etna e Sicilia sud-orientale
(Flow chart delle operazioni in campo - attrezzature)**

N. aziende rilevate	13
Superficie vitata indagata(ha)	276
N. trattori	31
N. operatrici	150
Sistema di coltivazione	Alberello: 70 ha (25%)
	Spalliera: 206 ha (75%)



4.5 Discussioni

L'indagine ha fornito alcune risposte alle domande poste in premessa. *Le aziende vitivinicole sono dotate di macchine specializzate?*

Tra le aziende esaminate solo due svolgono la prepotatura meccanica. Altre operazioni tipiche della viticoltura risultano poco o nulla meccanizzate (cimatura, sfogliatura e altri interventi di potatura verde)

La gestione del terreno e i trattamenti alle chiome risultano eseguiti con macchine di uso corrente nella frutticoltura. Una certa diffusione si riscontra per le attrezzature destinate alla lavorazione del filare (interceppo); tuttavia il dispositivo tastatore automatico viene regolarmente disattivato dai conducenti che si sottopongono pertanto ad un lavoro stressante ed impreciso.

Le macchine irroratrici sono anch'esse derivate dalla frutticoltura e non risultano particolarmente idonee ad operare nel vigneto.

In definitiva, le macchine tipiche o specializzate sono poco diffuse e quelle più comuni non sempre tarate sulle esigenze delle colture.

Quale è l'effetto della attuale meccanizzazione sulla sicurezza e sul benessere dei lavoratori?

Le condizioni in cui versano i doppi giunti cardanici, l'assenza di carter posti a copertura delle componenti rotanti, l'obsolescenza delle macchine per la difesa, dimostrano che gli aspetti connessi alla sicurezza non sono sempre tenuti in adeguata considerazione.

Si sottolinea che tra le macchine operatrici non azionate dalla presa di potenza il 46% è risultato commercializzato per la prima volta in epoca antecedente all'entrata in vigore del D.P.R. 459/96. Più recenti (86%) sono le operatrici azionate dalla pdp (trinciasarmenti, irroratrici, spandiconcime, prepotatrice, cimatrice, defogliatrice, ecc.).

Le osservazioni sulla potatura invernale e i colloqui con gli addetti ai lavori, hanno fatto rilevare due problematiche che espongono il lavoratore a potenziali rischi per la salute: gli inquinanti aerodispersi, prodotti durante la prepotatura dalle macchine in azione e i disturbi muscolo-scheletrici, causati dai lavori ripetitivi e frequenti eseguiti durante la potatura manuale.

Nei vigneti fortemente terrazzati o in pendenza, si è rilevato, infine, che le operazioni di distribuzione di prodotti fitosanitari, di gestione della chioma e di movimentazione delle cassette durante la vendemmia, usualmente effettuate a mano, possono esporre l'operatore a rischi per la sua salute.

E' possibile favorire l'introduzione di una meccanizzazione specializzata, senza dover pesantemente intervenire sulle strutture, giaciture e sulle forme di allevamento attuali?

Questo studio dimostra che, tranne in condizioni particolarmente svantaggiate e tutto sommato non particolarmente frequenti, le macchine specializzate per le operazioni colturali in viticoltura, possono essere adottate con successo. Prepotatrici, defogliatrici, cimatrici ed altre ancora, possono certamente operare in buona parte dei vigneti del campione.

Certamente più complessa è l'introduzione di grandi macchine semoventi occorrenti per la vendemmia meccanica per quanto riguarda i vigneti impiantati nell'area etnea.

L'indagine effettuata ha consentito di evidenziare fabbisogni in termini di macchine innovative?

Dalla ricerca è emerso che le operazioni più esigenti sotto il profilo della qualità del lavoro e della tempestività delle operazioni sono quelle relative alle lavorazioni sulla fila, gli interventi di potatura verde, la distribuzione dei fitofarmaci e la raccolta.

La gestione della chioma e la raccolta intercettano ancora elevate quote di manodopera.

Alcuni interventi essenziali appaiono bisognevoli di apporti innovativi e fra questi la distribuzione di fertilizzanti e ammendanti organici sul terreno, l'esecuzione delle operazioni colturali in appezzamenti a forte pendenza o comunque rischiosi per gli operatori, la distribuzione di fitofarmaci. Per quanto riguarda il vigneto ad alberello con filari posti a distanza di 2 metri risultano disponibili e adeguate soltanto gli attrezzi per la lavorazione del terreno sull'interfila, mentre le lavorazioni sul filare e gli interventi sulla pianta (dalle potature alle irrorazioni) risultano ampiamente scoperti e denunciano pertanto un elevato fabbisogno di soluzioni innovative.

4.6 Conclusioni capitolo 4

I risultati dell'indagine evidenziano incertezze sulle attrezzature e sulle tecniche di impiego. Le condizioni del comprensorio e le caratteristiche delle aziende hanno mostrato una diffusa sottostima degli effetti delle macchine sull'economia aziendale e del loro impatto sull'igiene ambientale e, più in generale, sulla sicurezza.

Le criticità emerse dello studio e i colloqui con gli imprenditori, confermano la necessità di risolvere le situazioni specifiche legate alla meccanizzazione delle operazioni colturali, con particolare riguardo alla lavorazione sulla fila, alla distribuzione di fertilizzanti organici al terreno, alla difesa fitosanitaria, agli interventi di gestione della chioma, per arrivare ad un'attività agricola quanto più integrata con il territorio di appartenenza.

La potatura invernale, operazione fondamentale nel vigneto, molto studiata in diversi ambienti viticoli dal punto di vista della produttività e dell'influenza macchina-pianta, risulta poco indagata nei contesti produttivi oggetto d'indagine, sia per gli aspetti operativi del lavoro sia dal punto di vista della sicurezza e prevenzione. Un'indagine sperimentale sulla produzione di inquinanti aerodispersi emessi dalle macchine in azione durante la prepotatura della vite, può contribuire a verificare l'esistenza di potenziali fattori di rischio per la salute del l'operatore coinvolto nella conduzione del mezzo. Allo stesso modo, la valutazione dei rischi da esposizione a movimenti ripetitivi degli arti superiori nella potatura manuale del vigneto, è un aspetto che coinvolge la meccanizzazione agricola che, grazie alla ricerca, può individuare le cause determinanti e trovare, ai fini della sicurezza, le soluzioni operative per correggere le azioni.

Dalle interviste effettuate è emersa la necessità di sviluppare soluzioni tecniche di facile reperibilità e utilizzo nel contesto produttivo, rivolte in particolare alle realtà produttive che hanno investito nella conservazione della vite ad alberello, forma di allevamento fortemente rappresentata nelle aree indagate.

L'introduzione ragionata di macchine di ingombro ridotto e concezione innovativa sembra possibile sin d'ora, con benefici sull'organizzazione del lavoro e sulla sicurezza degli operatori. Il completamento e la verifica di una macchina spandiletame e spandicompost innovativa in grado di distribuire tale materiale organico in vigneti di ridotte dimensioni e ad alta densità d'impianto, può far superare

gli svantaggi connessi alle macchine tradizionali. Così come lo sviluppo di un veicolo versatile multifunzione elettrico in grado di operare nei vigneti ad alta densità e in pendenza, può permettere di risolvere i problemi legati a molte operazioni usualmente effettuate a mano, che possono esporre l'operatore a rischi per la sua salute.

CAPITOLO 5

LA POTATURA INVERNALE NELLA SICILIA ORIENTALE

5.1 Introduzione

Dall'indagine conoscitiva svolta nei distretti produttivi della Sicilia orientale è emerso che sono poche le aziende che eseguono la prepotatura meccanica; la potatura invernale viene infatti eseguita con intervento manuale con squadre di addetti dedicate alla potatura e alla stralciatura.

Le aziende mostrano diverse perplessità legate all'intervento meccanico per lo più dovute alla conoscenza non sempre soddisfacente delle caratteristiche delle macchine disponibili, alle modalità di impiego, agli aspetti connessi alla qualità dei tagli. Inoltre, la mancata predisposizione degli appezzamenti, con riferimento alle strutture e alla conduzione della chioma, esalta le difficoltà e le diffidenze all'impiego della macchina.

Al fine di ottenere le indicazioni sugli aspetti operativi del lavoro, l'attività di ricerca ha interessato uno studio sulle modalità di potatura invernale, esaminando cantieri di prepotatura meccanica, e la successiva integrazione manuale, nonché cantieri di potatura integralmente manuale.

L'obiettivo della ricerca è stato quello di verificare le prestazioni dei cantieri di potatura meccanica, prendendo in considerazione la specificità di vitigni autoctoni, con il fine di individuare le ragioni della mancata diffusione di tali macchine negli areali oggetto di indagine.

5.2 Materiali e metodi

In ciascuna prova di prepotatura meccanica e di potatura manuale sono state rilevati: il numero di piante interessate all'operazione, le fasi ed i tempi ricorrendo ai criteri indicati dal CIOSTA e le raccomandazioni AIGR, le unità lavorative, il numero e la qualità dei tagli. Sono state inoltre seguite le operazioni di stralciatura manuale eseguita dopo la prepotatura, nonché quella successiva alla potatura

manuale. La qualità del lavoro è stata verificata in relazione agli speroni scosciati e a tagli sfibrati o incompleti.

5.2.1 I vigneti

Le osservazioni sono condotte in 13 vigneti (Tab. 5.1) allevati a cordone speronato, a Guyot (M) e alberello (N), prendendo nota delle tecniche colturali adottate e delle modalità di impiego delle macchine.

Tab. 5.1- Principali caratteristiche dei vigneti

Vigneti	Varietà	Anno impianto	Sistema di potatura	Sesto (m)	Densità (piante/ha)	Filari Lunghezza (m)	Capozzagn e (m)
A*	Nero d'Avola	2001	cordone speronato	2,1x0,9	5.000	78	3
B*	Inzolia	2004	cordone speronato	2,1x0,9	5.000	78	3
C*	Nero d'Avola	2002	cordone speronato	2,2x1,0	4.545	243	5
D*	Syrah	2002	cordone speronato	2,5x0,8	5.000	152	5
E*	Syrah	2003	cordone speronato	2,5x0,8	5.000	152	5
F*	Nero d'Avola	2002	cordone speronato	2,2x0,8	5.682	107	5
G*	Cabernet sauvignon	2004	cordone speronato	2,2x0,8	5.682	107	5
H**	Petit verdot	1997	cordone speronato	2,3x0,8	5.435	274	5
I**	Merlot	1997	cordone speronato	2,2x0,8	5.682	158	5
K**	Cabernet franc	1999	cordone speronato	2,3x0,8	5.435	158	5
L**	Nerello cappuccio	1992	cordone speronato	2,0x0,9	5.556	112	3
M**	Chardonnay	2002	Guyot	2,0x0,9	5.556	112	3
N**	Nerello mascalese	2003	alberello	1,1x0,8	11.364	82	3

(*) – Vigneti ubicati in provincia di Siracusa e Ragusa.

(**) – Vigneti ubicati in provincia di Catania, nel territorio della DOC Etna

5.2.2 Macchine potatrici

Sono state esaminate 3 potatrici (con organi di taglio rotanti e a barra falciante (tab. 4.2). Le prepotatrici con lame a disco di taglio (fig. 5.1) sono costituite da un telaio scavallante provvisto di due alberi verticali controrotanti azionati da motori idraulici. In fase di potatura ciascun albero si colloca su un lato del filare; l'operatore, tramite sistema idraulico, allontana le due colonne in corrispondenza dei pali e le riavvicina subito dopo avere passato l'ostacolo. La regolazione in altezza ed in

larghezza, così come l'apertura delle due colonne avviene tramite un sistema oleodinamico comandato da elettrovalvole e centralina idraulica indipendente. In corrispondenza delle palificazioni della struttura le due colonne si aprono, richiudendosi appena superato l'ostacolo; l'apertura/chiusura normalmente viene azionata da tastatori scansapalo meccanici o ottici. I fili metallici della struttura non vengono recisi se ben tesi, in caso contrario si possono curvare e insinuarsi tra le anse delle gabbie di convogliamento ed essere troncati. Tutte le macchine prepotatrici sono portate, in posizione frontale, da trattrici a doppia trazione da 51-55 kW di notevole massa (circa 2500 kg) di modello non recente.

Tab. 5.2 - Cantieri di prepotatura

Apprezzamento	Prepotatrice	Anno	Massa (kg)	Motrice
A	DO (5)	2003	460	FIAT 7076, 4 RM, 51 kW
C	PM (9)	2003	550	FIAT DT 7286, 4 RM, 55 kW
D				
F	FA (3 barre)	2008	250	SAME F 70, 4 RM, 51 kW
H	PE (9)	2004	605	FIAT DT 7286, 4 RM, 55 kW
I				

Nella macchina "DO", di costruzione nazionale, su ciascun albero sono calettati in pila 5 dischi dentati costituiti da lame circolari inserite in una gabbie di convogliamento che funge da protezione. Tali utensili preposti al taglio, ruotando in senso opposto l'una rispetto all'altra, convogliano i tralci verso il loro interno, mentre le lame, protette dalla gabbia, operano in senso inverso, eseguono il taglio dei tralci. La velocità periferica è simile a quella di avanzamento.

Nelle prepotatrici "PE" e "PM" su ciascun albero sono calettati in pila 9 organi di taglio costituiti da gabbie di convogliamento in acciaio (dette margherite) tra le quali sono interposte lame circolari a denti fisse, che ruotano solidalmente ad essi. Gli organi di taglio ruotano in senso fra loro contrapposto e convogliano i tralci verso l'interno.

La prepotatrice "PM" viene impiegata da una impresa che effettua lavori conto terzi. Si tratta della stessa marca della macchina precedente, ma i rotori con i dischi possono ruotare a velocità maggiore rispetto a "PE" grazie al gruppo pompa e serbatoio dell'olio supplementare montato dallo stesso contoterzista; la regolazione

avviene agendo su una centralina idraulica indipendente applicata al sollevatore idraulico posteriore ed innestata direttamente alla presa di potenza (portata 40 L/min, doppia pompa, da 16 L e da 38 L, radiatore dell'olio, capacità serbatoio circa 55 L, con 2 pompe e moltiplicatore). Alla trattrice è stato aggiunto un serbatoio supplementare per il gasolio.

La potatrice "FA" è a barre falcianti (fig. 5.2), larghe ciascuna 0,80 m. Il funzionamento della macchina è completamente idraulico. In fase di potatura il telaio con le barre viene avvicinato al filare. Dal posto di guida è possibile comandare i movimenti della macchina tramite un joystick con 4 leve, con il compito di azionare i settori di taglio, lo spostamento in altezza, lo spostamento laterale, l'inclinazione trasversale rispetto all'avanzamento del settore di taglio, nonché i movimenti necessari per scansare i palo e per rientrare nella vegetazione.



Fig. 5.1 - Prepotatrice a dischi.



Fig. 5.2 - Prepotatrice a barre

5.2.3 Attrezzi manuali e agevolatori

Per le operazioni di rifinitura e potatura manuale sono state utilizzate cesoie e forbici tradizionali; nei vigneti D, E, H, I, K oltre alle forbici sono state utilizzate anche cesoie a manico lungo, mentre per la potatura a guyot è stato utilizzato anche il seghetto. Solo nei vigneti B e G sono state utilizzate forbici elettriche alimentate a batteria, che in G sono state utilizzate insieme a forbici ad azionamento manuale.

Tab. 5.3 - Operazioni rilevate

OPERAZIONI		VIGNETI						
		A	B	C	D	E	F	G
Prepotatura meccanica		X		X	X		X	
Rifinitura speroni	attrezzi manuali				X			
	forbici elettroniche							X
Stralciatura manuale dopo rifinitura sper.					X			X
Rifinitura sper. e stralciatura	attrezzi manuali				X			
	forbici elettroniche		X					
Potatura manuale tradizionale						X		
Stralciatura dopo potatura manuale						X		
OPERAZIONI		H	I	K	L	M	N	
Prepotatura meccanica		X	X					
Rifinitura speroni		X	X					
Stralciatura manuale dopo rifinitura sper.			X					
Rifinitura sper. e stralciatura								
Potatura manuale tradizionale					X	X	X	
Stralciatura dopo potatura manuale					X			

5.3 Risultati

La prepotatura meccanica è stata osservata in 6 vigneti (A, C, D, F, H, I). Sono state rilevate le operazioni di rifinitura degli speroni (2 gemme/sperone, 3-5 speroni/ceppo) e di stralciatura manuale eseguita contemporaneamente (B e D) e successivamente (D, I, G) alla potatura (tab. 5.3).

Le operazioni di potatura manuale tradizionale sono state osservate in 4 vigneti, potati a cordone speronato (E, L), a guyot (M) e ad alberello (N). In E e L sono state rilevate le operazioni di stralciatura successivamente alla potatura.

5.3.1 Prepotatura meccanica

Le macchine hanno operato recidendo i tralci che si dipartono verticalmente dal cordone, a circa 30 centimetri da esso, e contemporaneamente hanno effettuato il taglio in piccoli pezzi dei tralci sovrastanti e la stralciatura. Nei casi di contropalliere non ben palizzate (es. con tralci soprannumerari inseriti lateralmente al cordone) o nel caso di fili poco tesi sono state rilevate pause che hanno rallentato il lavoro, causate da arresti delle margherite con porzioni di tralci o di filo reciso.

Nella tabella 5.4 sono evidenziati i punti critici che hanno causato i rallentamenti del lavoro. Il valore assunto dal rapporto V_e/V_o , per ogni appezzamento di prepotatura, indica che le interruzioni dal lavoro divengono eccessive quanto più il risultato, sempre > 1 , si discosta dall'unità (tab. 5.5).

In A, dove la macchina interveniva per la prima volta su un vigoroso Nero d'Avola, l'influenza negativa della non corretta palizzazione ha rallentato fortemente il lavoro. In C e in D si evidenzia l'importanza di regolare la velocità di avanzamento in relazione alle situazioni del campo; infatti, una velocità elevata, tenuta dal contoterzista, dà luogo a frequenti interruzioni del lavoro (in C le interruzioni hanno raggiunto il 34% del tempo di lavoro ed anche in D si sono verificate numerose rotture dei fili della struttura); i tempi di lavoro sono stati comunque inferiori che negli altri campi. In F, ancora su Nero d'Avola, la potatrice a barre (FA) ha operato a basse velocità, ma solo con il 3% di soste per pulizie e inconvenienti; interessante sottolineare che essa, grazie alle 3 lame, ha intercettato anche i tralci orizzontali. In H ed I le velocità medie di avanzamento e i tempi di lavoro unitari sono molto simili, ma il tempo di voltata avrebbe potuto essere sensibilmente inferiore se il conducente, per la prima volta alle prese con la prepotatrice, non avesse ritenuto di operare su filari adiacenti, cosa che ha comportato notevoli manovre. In tutti gli appezzamenti, ad esclusione del vigneto F (con potatrice a barre) l'impiego di antiquate motrici a ruote è stato imposto dalla massa necessaria al supporto della potatrice; gli elevati raggi di voltata hanno determinato cospicui rallentamenti alle capezzagne.

Tab. 5.4 - Punti critici osservati per ciascun cantiere

Appezamento	Tesatura fili	Posizione fili	Capezzagne strette	Capezzagne ingombre	Manovra di voltata	Palizzata	Ve eccessiva	Tralci non potati vicino ai pali	Qualità lavoro	Adeguamento
A			X	X		X				X
C	X	X				X	X			
D							X			
F										
H					X	X		X		
I					X					

Tab. 5.5 – Risultati osservazioni cantieri prepotatura meccanica

Appezamento	Fase fenologica (BBCH-identification)	Ve (m/s)	Vo (m/s)	Ve/Vo	Ce (ha/h)	TAVm (s)	Co (ha/h)	Tu (h/ha)
A – Nero d’A.	95	0,58	0,39	1,49	0,44	59	0,30	3,36
C – Nero d’A.	95	1,58	1,14	1,36	1,25	31	0,90	1,11
D - Syrah	97	1,35	1,04	1,3	1,21	23	0,93	1,07
F – Nero d’A.	97	0,53	0,47	1,13	0,42	24	0,37	2,71
H – Petit V.	97	0,70	0,62	1,13	0,58	37	0,51	1,95
I - Merlot	97	0,71	0,59	1,19	0,56	35	0,47	2,14

5.3.1 Rifinitura speroni e successiva stralciatura

La rifinitura degli speroni eseguita da una squadra di addetti ad essa dedicata (D, I, G), costituisce l’organizzazione del lavoro preferita dalle aziende quando possono disporre di adeguata manodopera.

Nelle prove osservate (D, I, G) il tempo di lavoro richiesto per rifinire gli speroni è stato compreso tra 31,9 (I) e 45,8 (G) h/ha. Nel vigneto G, sebbene agevolato da forbice elettrica, si è registrata una bassa produttività (124 piante/h per operaio) perché l’operatore utilizzava alternativamente la forbice elettrica e la forbice ad azionamento manuale a seconda la posizione del tralcio o dello sperone. Si è osservato, infatti, che la forbice elettrica a causa del suo corpo ingombrante non riesce a penetrare tra gli speroni o i tralci quando questi sono molto ravvicinati. Nel vigneto I si è registrato un alto valore di produttività (172 piante/h op.), dovuto probabilmente alla esecuzione del diradamento dei germogli in primavera; pertanto,

anche le piante più vigorose, al momento della rifinitura, presentavano solo due tralci per sperone.

Tab. 5.6 - Completamento prepotatura (rifinitura speroni e stralciatura)

Operazioni manuali dopo la prepotatura	VIGNETO	Fase fenologica (BBCH) (entification)	Gemme/ha	Produttività (Piante/h op)	Tempo unitario (h/ha)
Rifinitura speroni	D	97	50.000	150	33,6
	I	97	45.454	172	31,9
	G	97	56.820	124	45,8
Stralciatura	D	97	50.000	642	7,8
	I	97	45.454	500	11,3
	G	97	56.820	510	11,1
Rifinitura speroni e contemporanea stralciatura	B	95	50.000	120	41,7
	H	97	43.480	122	44,4
	K	97	43.480	110	48,9

Nota: i vigneti G e B sono stati potati manualmente con forbici elettriche

Le aziende preferiscono far eseguire la stralciatura da operai comuni che intervengono dopo la rifinitura manuale. Le operazioni di stralciatura (D, I, G) hanno inciso per il 18-25 % sul tempo totale di lavoro. Dai rilievi non appaiono differenze fra i tempi unitari in relazione al tipo di prepotatura, se non in D (7,8 h/ha), da attribuire probabilmente sia al buon lavoro di stralciatura eseguito dalla macchina potatrice che alla scarsa vegetazione delle piante, dovuta all'età e all'intervento di diradamento dei germogli (come indicato precedentemente).

Nei vigneti B, H, K la rifinitura degli speroni e la stralciatura sono state eseguite contemporaneamente (cantiere meno usuale) e hanno richiesto dalle 41,7 (B) alle (K) 48,8 h/ha. Nel cantiere dove sono state usate le forbici elettriche (B) è stata rilevata una lieve riduzione dei tempi di lavoro.

Il tempo di lavoro complessivo rilevato per la prepotatura e il completamento con gli interventi manuali di rifinitura degli speroni e di stralciatura ha fatto rilevare valori compresi 42,5 h/ha e 50,9 h/ha. Nella prova con prepotatrice a barre (FA) si è

riscontrato un tempo unitario di lavoro di 59,6 h/ha, superiore a quello rilevato nelle altre prove con potatrice a dischi, in cui ha inciso principalmente la ridotta velocità di avanzamento con cui ha operato la macchina.

Dalle osservazioni effettuate si rileva, inoltre, che la prepotatrice a dischi lascia sul terreno porzioni di tralcio di circa 10 cm, mentre la prepotatrice a barre porzioni di tralcio di circa 30 cm.

5.3.2 Potatura manuale tradizionale

Nei cantieri di potatura manuale del cordone speronato (E e L), sono state rilevate (tab. 5.7) complessivamente per la potatura e la stralciatura 67,8 e 75,8 h/ha anno. In E il mancato intervento primaverile di diradamento dei germogli ha inciso sul tempo impiegato per la potatura manuale degli speroni (53,6 h/ha). Nel vigneto L, la produttività del lavoro (114 piante/h op.) è stata condizionata dalle difficoltà incontrata dalla manodopera nelle operazioni di taglio; infatti, il legno del Nerello cappuccio richiede uno sforzo di taglio elevato (*Schillaci et al*, 2009).

Tab. 5.7 - Operazioni eseguite nei cantieri di potatura manuale

Operazione	Appezzamento	Fase fenologica (BBCH-identification)	Gemme/ha	Attrezzi	Produttività (p./h op)	Tempo unitario (h/ha)
Potatura C. speronato	E	97	45.450	Forbice + cesoia a due braccia	94	53,6
	L	97	44.488	cesoia	114	48,9
Stralciatura dopo potatura	E	forbice	352	14,2
	L	forbice	230	26,9
Potatura Guyot	M	97	44.488	cesoia + seghetto	85	64,8
Potatura alberello	N	97	45.455 (11.364 p./ha)	cesoia	128	88,5

La minore produttività (85 piante/h op.) rilevata nella potatura a guyot (M) è attribuibile alla complessità dell'intervento (pendenza del campo, potatura più laboriosa). Con riferimento al vigneto ad alberello (N), la produttività del lavoro (128 p./h op.) e il tempo unitario di lavoro, pari a 88,5 h/ha, sono stati condizionati dalla

elevata densità d'impianto (11.364 piante/ha), dal disagio connesso alla pendenza dell'appezzamento (superiore al 20%). Le osservazioni effettuate durante l'operazione di stralciatura manuale nel vigneto di Nerello cappuccio (L), hanno evidenziato che la vigoria delle piante e la presenza di numerosi tralci soprannumerari nella spalliera hanno ridotto la produttività (230 p./h op.), con un'incidenza sul tempo complessivo di lavoro del 35%.

5.4 Conclusioni capitolo 5

Le prestazioni dei cantieri indagati sono influenzate dalla cultivar, dalle condizioni dei vigneti e dalle strutture portanti (specie nel caso di recente introduzione della macchina). Dal confronto tra i tempi unitari di lavoro complessivi si evidenzia che il cantiere prepotatura (D) ha consentito un risparmio di tempo di circa 25 h/ha rispetto al cantiere potatura manuale (E), pari al 37% del tempo complessivo. La stralciatura manuale eseguita dopo la prepotatura è molto veloce e registra un incremento di produttività del lavoro del 45% rispetto alla stralciatura eseguita dopo la potatura manuale. Ciò si traduce, in un risparmio di tempo di circa 7 h/ha anno. Considerando l'organizzazione del lavoro, non sono risultate differenze fra le operazioni di rifinitura speroni e di stralciatura eseguite in successione (I: 43,2 h/ha) o contemporaneamente (H: 44,4 h/ha).

Le principali cause che hanno rallentato il lavoro della prepotatrice sono consistite nella palizzata non accurata e nei fili della struttura portante non sufficientemente tesi. Si tratta dunque di fattori rimediabili, se l'obiettivo è quello di introdurre le macchine, attraverso cure appropriate alla vegetazione e alle strutture portanti; si deve inoltre sottolineare che l'introduzione della macchina prepotatrice richiede maggiore attenzione nella potatura degli speroni e nel diradamento dei germogli con la potatura verde, in particolare per piante con vegetazione poco assurgente come il Nero d'Avola. Nel confronto tra le prepotatrici osservate, si evidenzia che le macchine a dischi, richiedono motrici con massa elevata, corrispondenti a modelli non più recenti, con il grave inconveniente della minore manovrabilità alle capezzagne. Le potatrici a barre per la minore massa e il minor costo di acquisto, sono consigliabili per aziende di media estensione.

Infine, durante il lavoro con la prepotatrice si è evidenziata una produzione di frammenti e polveri di legno a danno del conducente che ha spinto a svolgere un'indagine per accertarne l'entità (§ 6.2). Dalle osservazioni alla potatura manuale è, invece, emerso che la stereotipia degli interventi manuali e gli sforzi esercitati in vario grado, in funzione della cultivar e del tipo di potatura, possono costituire un rischio di disturbi muscolo-scheletrici per i potatori (§ 6.3).

CAPITOLO 6

ASPETTI CONNESSI ALLA SICUREZZA E AL BENESSERE DEGLI OPERATORI

6.1 Premessa e obiettivi

Il settore viticolo, al pari di altri settori agricoli, è caratterizzato da una continua trasformazione legata ad maggiore impronta tecnologica, all'utilizzo di nuovi input esterni e ad una organizzazione del lavoro rivolta ad una meccanizzazione sempre più spinta, che pone in risalto problematiche nuove in termini di tutela della salute.

Si rende pertanto necessario realizzare un salto di qualità e quantità degli interventi preventivi in agricoltura, tenendo anche conto del fatto che, in questo settore, tali interventi svolti a favore dei lavoratori si ripercuotono positivamente anche sulla qualità degli alimenti prodotti e su un maggior rispetto dell'ambiente. (Lucchini R. *et al*, 2010).

L'impresa vitivinicola per la complessità e la numerosità degli interventi colturali che ne caratterizzano il ciclo produttivo si presenta come un ambiente lavorativo in cui gli operatori sono particolarmente esposti a rischi di varia natura: chimici, fisici, meccanici e altri ancora.

I fattori di rischio possono essere collegati alle caratteristiche dell'ambiente in cui si opera: eccessiva pendenza del terreno, sistemazioni idraulico-agrarie trascurate, ingombri in prossimità delle capezzagne, condizioni meteorologiche avverse, strutture di sostegno (spalliere, palificazione, fili); alla non adeguata organizzazione dell'attività lavorativa che può causare stress fisico sul lavoratore, come l'affaticamento dovuto ai carichi di lavoro e ai movimenti ripetitivi.

Anche il fattore umano concorre ad aumentare i fattori di rischio, ad esempio: la scarsa manutenzione ordinaria e straordinaria della macchina, la carente preparazione tecnica e relativa imprudenza, la sottovalutazione del rischio e l'eccessiva sicurezza nell'uso della macchina, la carenza di attenzione nell'esecuzione di un'azione di lavoro.

Nel corso delle prove di potatura invernale, esposte nel precedente capitolo, sono stati rilevati dei potenziali fattori di rischio per la salute del lavoratore ancora poco indagati in bibliografia.

Essi riguardano l'inalazione di polveri prodotte dalle lame rotanti da parte del conducente della trattrice e, nel caso dell'esecuzione manuale, l'esposizione del potatore a vari fattori in grado di indurre patologie muscolo scheletriche.

Si può sin da ora osservare che in merito al rischio da inalazione di polveri di legno in pieno campo la bibliografia risulti tuttora carente, mentre sul rischio da sovraccarico biomeccanico in viticoltura risultano pubblicazioni sia pure molto recenti (Balloni S. *et al.*, 2010, 2011, Camillieri D. *et al.*, 2010, 2011; Caruso L. *et al.*, 2010, 2011; Romano E *et al.*, 2010, 2011; Schillaci G. *et al.*, 2010, 2011).

Una indagine svolta in merito al primo aspetto è presentata nel Cap. 6.2 mentre uno studio sulle forze esercitate per il taglio di tralci di differenti vitigni viene presentato nel Cap. 6.3.

6.2 ESPOSIZIONE A POLVERI DI LEGNO E VOC DURANTE LA PREPOTATURA MECCANICA

6.2.1 Introduzione

Nel corso dell'indagine volta ad approfondire gli aspetti operativi della potatura invernale, si è osservato che sulla trattrice si depositano evidenti quantità di polveri di legno mista a trucioli (§ 5.3) (fig.6.2.1). Gli operatori hanno confermato che le polveri costituiscono un problema, poiché quando si utilizza la prepotatrice si ha la necessità di sostituire frequentemente il filtro dell'aria della trattrice. Questa osservazione ha evidenziato la necessità di approfondire l'argomento sulla produzione di inquinanti aerodispersi durante la prepotatura meccanica della vite.

La bibliografia evidenzia che il frequente uso di macchine agricole espone il lavoratore all'inalazione di inquinanti aerodispersi e a polveri, che possono, a lungo andare, determinare disturbi respiratori ed allergici più o meno gravi.

Gli effetti delle polveri di legno prodotti dalle motoseghe e da altri organi di taglio durante le fasi di utilizzazione non appaiono del tutto chiari, sebbene esistano normative che definiscono la pericolosità delle polveri di legno duro. Il D. Lgs. 66 del 25 febbraio 2000, che ha modificato il Titolo VII del D.Lgs. 626/94 "Protezione da agenti cancerogeni e mutageni", poi conferito nel T.U. (D. Lgs. 81/2008), ha inserito le polveri di legno duro¹ nella categoria dei cancerogeni a carico dei seni nasali e paranasali, secondo la classificazione dell'Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro (I.A.R.C.).

Le metodologie adottate per il campionamento di inquinanti aerodispersi e per la valutazione dei rischi da esposizione a sostanze pericolose, quali polveri e gas,

¹ Il D. Lgs.66 del 25 febbraio 2000, che ha modificato il Titolo VII del D.Lgs. 626/94 "Protezione da agenti cancerogeni e mutageni", poi conferito nel T.U. (D. Lgs. 81/2008), ha inserito le polveri di legno duro nella categoria dei cancerogeni a carico dei seni nasali e paranasali, in conseguenza della classificazione fatta dall'Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro (I.A.R.C.).

Gli effetti delle polveri di legno sull'organismo umano dipendono dalle caratteristiche chimico-fisiche della specie legnosa, dalle dimensioni, morfologia, aspetto superficiale e concentrazione delle particelle prodotte durante la lavorazione, dal tempo di esposizione dell'operatore (Biondi P. et al, 2002). I potenziali dannosi delle polveri di legno sono provocati dalle particelle che si depositano nelle vie aeree, e ai fini del campionamento la frazione di interesse è quella inalabile, che include le particelle di diametro aerodinamico compreso tra 0 e 100 micron.

vapori, non considerano la realtà agricola, ma si riferiscono agli ambienti industriali e, in pochi casi, al settore forestale.

La potatura invernale è un'operazione fondamentale, ma poco indagata dal punto di vista della sicurezza e prevenzione, e necessita di ricerche specifiche per evidenziare rischi e metodologie di valutazione dei rischi ancora poco presenti in bibliografia.

Partendo da queste considerazioni e sulla base dalle osservazioni effettuate si può ritenere che il conducente della trattrice possa essere esposto a polveri di legno prodotte dal taglio dei tralci, oltre che agli inquinanti contenuti nei gas di scarico prodotti dalle macchine in azione (fumi di scarico del motore endotermico, olio lubrificante, vapori di idrocarburi aromatici).

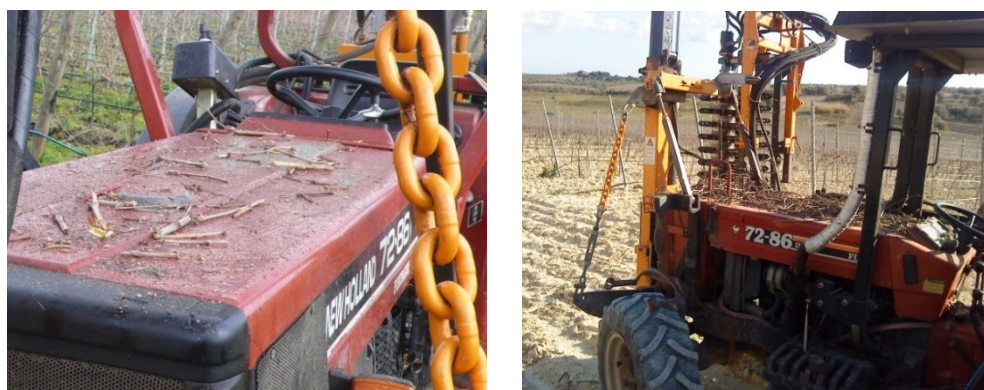


Fig. 6.2.1 – Residui di potatura sulla trattrice

Le indagini sono state mirate a valutare le concentrazioni di polveri di legno e l'entità dei VOC (Volatile Organic Compound) emesse dalle macchine. Nello specifico caso della valutazione delle polveri di legno si è voluto indagare, inoltre, sulla variazione della produzione di polvere di legno al variare della velocità di rotazione degli organi di taglio e della velocità di avanzamento della trattrice.

La valutazione dell'esposizione professionale a polveri di legno e ad agenti aerodispersi è un processo articolato e complesso che permette alle aziende coinvolte di attenersi alle normative nazionali (D.Lgs 81/2008) ed europee e di guidare la prevenzione e la gestione del rischio. Le disposizioni contenute nel Titolo IX "Sostanze pericolose" del D. Lgs 81/2008, indicano che il datore di lavoro deve provvedere affinché il livello di esposizione dei lavoratori sia ridotto al più basso

valore tecnicamente possibile e comunque al di sotto dei Valori Limite di Esposizione. La valutazione dell'esposizione ad agenti di rischio deve essere fatta sulle basi di misurazioni appropriate o valutando le fonti bibliografiche relative a situazioni lavorative simili, tenendo conto delle caratteristiche delle lavorazioni, la loro durata e frequenza, le concentrazioni di agenti pericolosi che si vengono al liberare e la loro capacità di penetrare nell'organismo per le diverse vie di assorbimento, le condizioni ambientali in cui si opera.

Le variabili che influiscono sulle concentrazioni di inquinanti aerodispersi sono: numero di fonti da cui sono emessi gli agenti (trattrice, operatrice, legno di potatura), velocità di produzione/capacità di produzione, tipo e posizione della fonte, dispersione degli agenti dovuta a spostamenti d'aria (Aikten RJ *et al*, 1999; Marconi A. 2002, Campopiano A. *et al*, 2008). Le variabili collegate alle azioni e al comportamento individuale sono: vicinanza della persona alle fonti e tempo di durata dell'intervento (UNI EN 689/97).

Lo studio sull'esposizione occupazionale a polveri di legno in Europa (WOODEX) indica che nei cantieri forestali vi sono livelli bassi di esposizione (0,12 mg/m³ di frazione inalabile) dovuti alle caratteristiche dell'ambiente di lavoro (all'aperto), all'intermittenza dell'esposizione (uso della motosega) e alla bassa inalabilità della polvere prodotta dalla sega (FIOH-INRS, 2005).

La strategia di campionamento per le polveri di legno duro fa riferimento a requisiti di legge (D.Lgs. 81/2008), norme tecniche (UNI EN 481/94, UNI EN 689/97, UNI EN 482/98), metodologie (NIOSH 0500-0600 Methods) e linee guida (Arcuri *et al.*, 2001).

In Italia, il valore limite di esposizione professionale alle polveri di legno per giornata lavorativa (TLV-TWA) è pari a 5 mg/m³ per "legni duri" o senza distinzioni se le polveri di legno duro sono mescolate con altre polveri di legno (D. Lgs 81/2008 - Titolo IX).

Per quel che riguarda il rischio da esposizione del lavoratore ai VOC², la normativa a riguardo non entra nello specifico e non fornisce alcun criterio di

² I VOC (Volatile organic compound) sono gruppi di sostanze volatili quali gli idrocarburi aromatici (tra cui il benzene), gli idrocarburi alifatici (es. metano) e gli idrocarburi aromatici policiclici, caratterizzati da basse pressioni di vapore (a 20 °C hanno una pressione di vapore di 0,01

valutazione, né tanto meno indica le concentrazioni limite che debbono essere rispettate nel luogo di lavoro. L'unico ente di ricerca che si esprime a riguardo è l'OSHA, che intende la concentrazione di 0,5 ppm un valore limite; mentre per quel che concerne il *benzene* la normativa italiana (T.U. D. Lgs 81/2008 allegato XLIII) stabilisce un valore limite di esposizione professionale di 1 ppm, in contrasto con l'ACGHI che stabilisce la soglia di 0,5 ppm.

6.2.2 Metodologia

Vigneti e macchine.

Le osservazioni sugli inquinanti aerodispersi (polveri e VOC) sono state svolte durante le operazioni di prepotatura meccanica eseguita in 2 vigneti ubicati nella Sicilia sud-orientale (A, B), in territorio di Pachino (SR), e altri 2 nel versante nord dell'Etna (C, D), in territorio di Castiglione di Sicilia (CT).

L'indagine ha preso in considerazione le caratteristiche delle lavorazioni, le condizioni dell'ambiente di lavoro, la velocità di avanzamento della trattrice e di rotazione degli organi di taglio, le concentrazioni di agenti aerodispersi.

Per ciascun vigneto si è preso nota della tipologia di impianto, delle tecniche colturali adottate e delle modalità di impiego delle macchine (Tab. 6.2.1).

Le prove sono state condotte con due prepotatrici (Tab. 6.2.2) della medesima marca, costituite da una macchina scavallante dotata di due rotori che portano ciascuno una pila di 9 dischi (gabbie di rotazione e lame fisse) che convogliano e tagliano i tralci (Fig. 6.2.2).

La macchina opera a cavallo del filare e ciascuna è portata dalla rispettiva trattrice in posizione frontale. In entrambi i casi sono state impiegate trattrici a doppia trazione da 55 kW, non cabinate e di modello non recente, comunemente usate per operatrici di massa elevata.

kPa o superiore), che alle condizioni di temperatura e pressione esistenti nella troposfera si trovano allo stato di gas. La fonte maggiore dei composti organici prodotti dall'uomo è il traffico autoveicolare.

Tab. 6.2.1 – Caratteristiche dei 4 vigneti in studio

Vigneto	Varietà	Anno impianto	Sesto (m)	Densità (piante/ha)	Filari Lunghezza	Capozzagne larghezza (m)	Forma di allevamento e potatura
A	Nero d'Avola	2001	2,1x0,9	5.000	216	4	Cordone speronato
B	Inzolia	2004	2,1x0,9	5.000	221	3	
C	Nerello mascalese	2006	2,2x1,0	4.545	190	5	
D	Merlot	2004	2,2x0,8	5.000	200	5	

Tab. 6.2.2 - Caratteristiche prepotatrici

Vigneto	Prepotatrice			Motrice
	modello	anno	massa (kg)	
A	P	2	55	FIAT DT 7286, 4 RM, 55 kW
B	m (9)	003	0	
C	P	2	60	FIAT DT 7286, 4 RM, 55 kW
D	e (9)	004	5	

**Fig. 6.2.2** – Operatrice in funzione

Strumenti di misura e campionamento

Al fine di eseguire una misurazione efficace degli inquinanti aerodispersi, si è tenuto conto dei metodi di rilevamento proposti dalle norme tecniche UNI EN 482:1998 e UNI-EN 689:1997, utilizzate per il monitoraggio degli ambienti industriali. La misurazione ha preso in considerazione la frazione inalabile.

Le polveri sono state rilevate per mezzo di campionamenti attivi su filtro utilizzando il campionatore IOM (Institute of Occupational Medicine) e come elemento filtrante una membrana in fibra di vetro con diametro di 25 mm e porosità di 1 μm . Il campionatore è stato collegato ad una pompa portatile a batteria APEX Casella (Fig. 6.2.3) con controllo elettronico dei flussi e compensazione automatica delle variazioni di pressione, rispondenti ai requisiti della norma UNI –EN 1232. Il flusso di campionamento durante le prove è stato regolato a 2 L/min.

I VOC sono stati rilevati utilizzando un misuratore portatile *MiniRAE 3000* (Fig. 6.2.3), con un principio di funzionamento basato sulla tecnica della fotoionizzazione (*Photo Ionisation Detector-PID*). I valori misurati sono stati visualizzati ed elaborati per mezzo dello specifico software *ProRAE Studio*, che ha permesso di effettuare rappresentazioni grafiche della concentrazione di VOC in funzione del tempo e l'esportazione dei dati grezzi per ulteriori e più approfondite analisi (Blandini G. *et al*, 2009). I dati rilevati sono stati processati con software R per la distribuzione della variabilità e per indagare sull'influenza delle variabili indipendenti considerate.

In ciascun vigneto è stato eseguito il campionamento collocando gli strumenti in due tasche della giacca da lavoro fatta indossare all'operatore, fissando accuratamente vicino alla zona respiratoria i punti di prelievo dell'aria e il portafiltro (Fig. 6.2.4).



Fig. 6.2.3 – Apex Casella, camp.re IOM, MiniRAE 3000



Fig. 6.2.4 – Posizionamento degli strumenti addosso all'operatore

Per quantificare i VOC lo strumento è stato calibrato usando come gas di calibrazione l'Isobutilene. L'analisi della polvere di legno depositata sul filtro è stata fatta mediante valutazione gravimetrica con bilancia analitica Mettler Toledo XP56

con sensibilità di 0,001 mg. Prima di ogni pesata i filtri sono stati condizionati in camera climatica (essiccatoio) per almeno 24 ore.

Il calcolo della concentrazione di polvere aerodispersa nel campione d'aria prelevato si è ottenuto dividendo la differenza tra la pesata prima e dopo il campionamento per il volume di aria aspirato durante il campionamento, secondo il metodo conforme alle indicazioni HSE-MDHS 14/3.

La misurazione ha preso in considerazione la frazione inalabile che riveste molta importanza sotto il profilo della medicina del lavoro (Arcuri *et al*, 2001).

Il calcolo della concentrazione di esposizione professionale sia per le polveri sia per i VOC è stata eseguita sul periodo di riferimento di 8 ore (media ponderata su 8 ore, TWA): $(C_{exp,g} = C_{tc} * T_e/T_0)^3$:

6.2.3 Risultati e discussione

Caratteristiche del terreno

L'umidità relativa media del terreno è risultata pari al 19 % nei vigneti A e B, e del 24,8% nei vigneti C e D. Dall'analisi granulometrica si è rilevato in A e B un terreno di medio impasto con una frazione media di argilla del 16,9%, di limo del 26,3%, di sabbia del 56,8, in C e D il terreno è di medio impasto tendente al sabbioso con 6% di argilla, 26,2% di limo e 67,8% di sabbia. Al momento delle prove il terreno non risultava particolarmente secco o polveroso.

Produzione di polveri legno

Nelle condizioni sperimentali adottate con l'uso del campionatore IOM, come già evidenziato da altri autori (Biondi *et al.*, 2002), si è riscontrato il problema della captazione di particelle grossolane estranee alla frazione inalabile da campionare. In questi casi il problema è stato risolto procedendo alla rimozione manuale delle stesse (piccole schegge di legno) prima della pesatura del campione.

³ $(C_{esp,g})$ = esposizione giornaliera riferita ad 8 ore, (C_{tc}) = concentrazione agenti inquinanti sul tempo di campionamento, (T_e) = t esposizione = 6.40 ore, (T_0) = 8 ore)

I risultati delle analisi (Tab. 6.2.3) mostrano valori di esposizione alle polveri molto inferiori al valore limite di esposizione di 5 mg/m^3 (frazione inalabile) stabilito dal Decreto Legislativo 81/2008, compresi tra 0,57 e $1,55 \text{ mg/m}^3$.

Nel cantiere B si è rilevata una maggiore esposizione giornaliera alle polveri ($1,55 \text{ mg/m}^3$). Questo cantiere si è caratterizzato per l'elevata capacità di lavoro della macchina, la velocità media del vento di 3,7 m/s e la sua direzione, ortogonale rispetto ai filari e all'avanzamento della macchina (Tab.6.2.4).

Tabella 6.2.3 – Risultati delle analisi.

Azienda	Concentrazione polvere (mg/m^3)	C exp,g = esposizione giornaliera (mg/m^3)
A	0.85	0.68
B	1.94	1.55
C	0.71	0.57
D	0.72	0.57
Media	1.05	0.84
DEV Standard	0.59	0.47
Media Geometrica	0.96	0.76
DEV.Q	1.05	0.68

Tab. 6.2.4 – Condizioni di lavoro

Vigna	umidità terreno (%)	umidità relativa media aria (%)	temp esterna media ($^{\circ}\text{C}$)	Veloc. media vento (m/s)	Durata aspirazione pompa (h)	Quantità di aria aspirata (litri)	Tempo effettivo prepot. in campo (h)	Vel. Avan km/h	Cr ha/h
A	19,0	38,7	13,6	1,8	3,20	400	2,40	6,60	1.18
B	19,1	49,0	16,4	3,7	3,28	418	3,18	6,20	1.06
C	24,8	71,9	10,5	1,5	3,01	364	2,50	2,31	0.39
D	24,8	41,0	9,7	1,3	2,12	265	2,10	2,90	0.40

I dati ottenuti sono stati sottoposti ad una verifica delle possibili correlazioni tra i fattori osservati. Dall'elaborazione è emerso che la durata della prova non ha influenza sulla concentrazione delle polveri, così come la durata dell'aspirazione della pompa e la percentuale di umidità relativa dell'aria. I risultati mostrano un andamento simile a quello dell'aria aspirata e della velocità di avanzamento della macchina. L'umidità del terreno ha un andamento inversamente proporzionale, ma non significativamente correlabile con la concentrazione. I fattori invece che presentano una spiccata correlazione nei confronti del valore di risposta sono le ore di

uso della prepotatrice in campo (93%), la temperatura esterna (88%) e la velocità del vento (99%).

In merito all'influenza della capacità di lavoro e velocità di taglio sulla produzione di polveri di legno sono stati rilevati i seguenti risultati (tab. 6.2.5).

Tab. 6.2.5 – Condizioni di lavoro e produzione legno potatura (kg/h)

Plot	umidità relativa media dell'aria (%)	Temp. esterna media (°C)	Vel. media vento (m/s)	Durata prova in campo (h)	Vel. lavoro (m/s)	Cr ha/h	Legno potato (kg/h)	Veloc. Rotaz. dischi (giri/min)
High	42	14	2.1	2,5	0,8	0,57	1425	80
Low				2,5	1,8	1.3	3250	130

Le prove sono state ripetute nel vigneto A per valutare la produzione di polvere di legno all'aumentare della velocità di lavoro e di rotazione delle lame ed hanno dimostrato che ad una maggiore velocità di avanzamento (da 2,9 a 6,5 km/h) e ad una maggiore velocità di rotazione dei dischi (da 80 giri/min a 130 giri/min) corrisponde una maggiore quantità di legno potato misto a trucioli (da 1425 a 3250 kg/h). La produzione di polveri fini è risultata correlata alla quantità di legno potato, il valore massimo di esposizione alla polvere è risultato di 1,64 mg/m³, maggiore di 2,25 volte rispetto al valore minimo rilevato (0,73 mg/m³) (tab. 6.2.6).

Tab. 6.2.6 – Risultati delle analisi.

Plot	Concentrazione polvere (mg/m ³)	C exp,g = esposizione giornaliera (mg/m ³)
Low	0.92	0.73
High	2.05	1.64

Composti organici volatili (Volatile organic compound VOC)

I valori di esposizione (Tab. 6.2.7), rilevati con questa prima valutazione, se confrontati con il valore limite del *benzene* inducono a riconoscere che la prepotatura produce un rischio chimico di tipo non moderato per l'operatore e che, di conseguenza, bisogna attivare altre misurazioni periodiche.

Nei grafici (Fig. 6.2.5), che riportano la concentrazione dei valori massimi rilevati in funzione del tempo nelle quattro condizioni di prova, è possibile individuare dei picchi di concentrazione occorsi in corrispondenza delle voltate eseguite alla fine del filare, dovuti, probabilmente, alla direzione del vento, spesso ortogonale rispetto alla direzione di avanzamento.

Tab. 6.2.7 – Risultati delle analisi

VIGNETI	VOC (ppm)		
	MIN PID	PID AVG	MAX PID
A	0,68	0,73	0,83
B	0,41	0,49	0,65
C	0,40	0,48	0,66
D	0,63	0,72	0,90

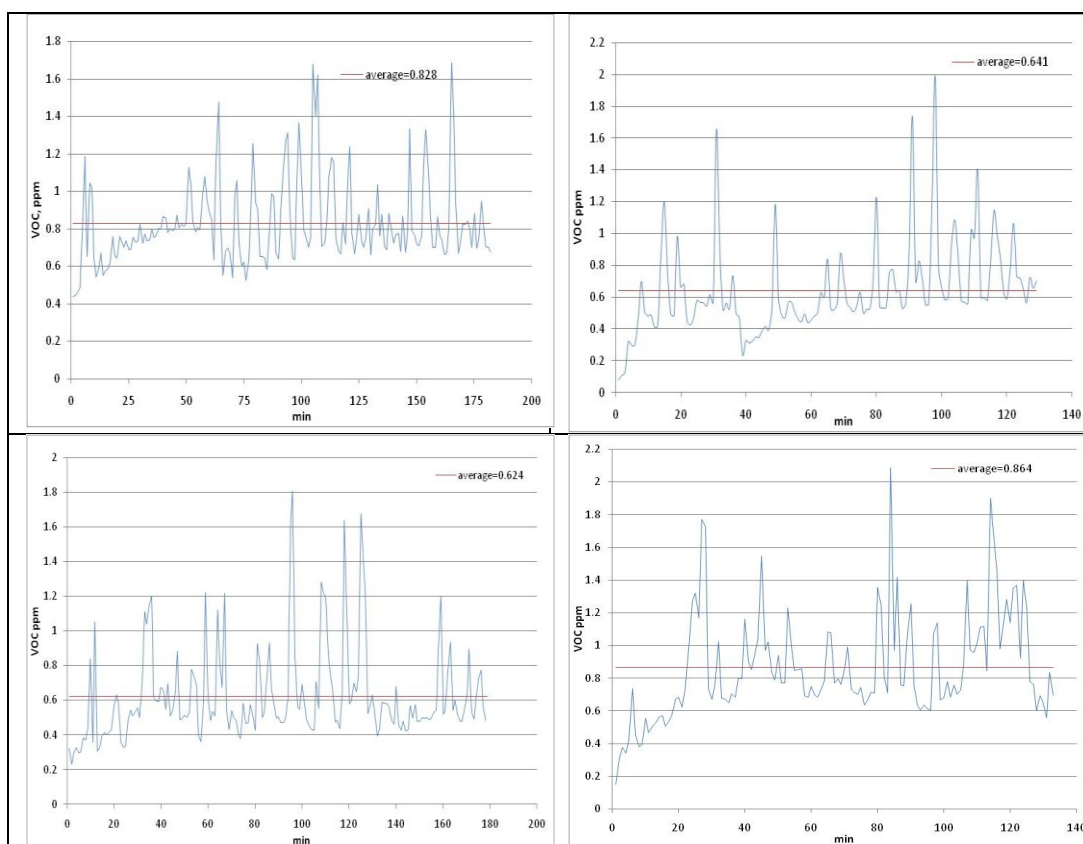


Fig. 6.2.5 – Andamento della concentrazione istantanea di PID Max rilevati nelle 4 condizioni di prova

L'elaborazione dei dati ottenuti ha evidenziato una correlazione inversa (-80%) tra i VOC e l'umidità dell'aria che potrebbe indicare che con aria più secca si rileva una maggior quantità di composti volatili.

E' emerso che i VOC sono state influenzati in maniera statisticamente significativa dall'azienda di prova. Invece l'orario di campionamento e la ripetizione delle prove non hanno mostrato influenza sul risultato finale. Ciò indica una elevata ripetibilità della prova sia nelle ripetizioni acquisite, sia negli orari.

Dalla scomposizione delle varianze effettuata con software R risulta un'interazione di primo ordine tra il fattore AZIENDA ed il fattore ORARIO che indica che il risultato finale è sicuramente influenzato dal fattore AZIENDA e non da quello ORARIO, ma che nell'ambito di alcune aziende l'orario ha influenzato il valore di risposta.

Sulle medie ottenute con i dati così trattati è stato eseguito il Tukey test (Tab. 6.2.8). Ciò vuol dire che nel complesso i valori dei VOC sono stati influenzati dalle condizioni manifestatesi nel giorno della prova nelle aziende. Le correlazioni lasciano intuire che il fattore che caratterizza l'azienda e che abbia influenzato il risultato finale sia la bassa umidità dell'aria nel giorno della prova.

Tab. 6.2.8 – Tukey test sulle medie dalle aziende.

1	0.67763 a	Azienda A
2	0.40670 c	Azienda B
3	0.51562 b	Azienda C, D
	DMS	0.06474

6.2.4 Conclusioni capitolo 6.2

La presente ricerca ha permesso di raccogliere primi risultati sull'esposizione a polvere di legno e sulle emissioni di VOC durante le operazioni di prepotatura meccanica.

La bibliografia e le metodologie adottate a riguardo non considerano la realtà agricola, ma si riferiscono agli ambienti industriali e, in pochi casi, al settore forestale. Con questa ricerca si sono volute pertanto verificare anche le procedure di misurazione adottate.

Per monitorare in campo aperto la produzione di polveri occorre rifarsi a quanto rigidamente previsto per gli ambienti confinati (segherie, officine artigiane).

Anche se sono state effettuate un ridotto numero di prove, i risultati confermano che la produzione di polvere di legno durante la prepotatura invernale in vigneto appare correlata alla quantità di legno potato. Infatti:

- Ad una capacità di produzione di legno di potatura di 1425 kg/h il valore dell'esposizione giornaliera è di 0,73 mg/m³.
- Ad una capacità di produzione di legno di potatura di 3250 kg/h il valore dell'esposizione giornaliera è di 1,64 mg/m³.

Questi dati dimostrano che all'aumentare della capacità di lavoro aumenta proporzionalmente la quantità di legno potato e la quantità di polvere, rispettivamente di 2,28 e di 2,24 volte.

Per quanto riguarda gli aspetti collegati alla salute del lavoratore si può affermare che per le polveri di legno i valori massimi riscontrati (1,55 mg/m³ e di 1,64 mg/m³) sono molto al di sotto del valore limite di esposizione di 5 mg/m³ (frazione inalabile) stabilito dalla normativa italiana (D. Lgs 81/2008). Tuttavia la Commissione scientifica per i Limiti di Esposizione Occupazionale (SCOEL) dell'UE sostiene che, ai fini della protezione dei lavoratori, un'esposizione a polvere di legno superiore 1-1,5 mg/m³ (frazione inalabile) è in grado di indurre effetti polmonari e pertanto dovrebbe essere evitata al fine di tutelare i lavoratori (*Martinotti, 2008*).

Di conseguenza, in attesa dei risultati di ulteriori prove:

1 – gli operatori che svolgono la potatura invernale meccanizzata del vigneto con trattore non cabinato devono utilizzare adeguati DPI come maschere per il viso, o la prepotatrice deve essere portata da un trattore dotato di cabina chiusa.

2 - poiché la produzione di polvere appare strettamente connessa con il tasso di produzione di legno, sarà bene estendere gli studi ad altri ambienti, macchine (velocità rotazione e la forma delle lame) e cultivar di vite.

Anche la situazione relativa ai VOC non appare tranquillizzante, in quanto in prima analisi la valutazione dell'esposizione fa ritenere che durante la prepotatura meccanica si produrrebbero inquinanti aerodispersi in quantità da far risultare l'operatore a rischio chimico ove non adeguatamente protetto. L'analisi dei risultati ha evidenziato l'influenza dei fattori ambientali, in particolare dell'umidità dell'aria. Anche gli aspetti connessi alla produzione di fumi di scarico e il corretto

dimensionamento motrice – operatrice sono collegati alle emissioni di VOC e si rende necessaria la loro acquisizione.

6.3 DIFFERENZE FRA CULTIVAR IN TERMINI DI RESISTENZA PERCEPITA AL TAGLIO DAGLI OPERATORI NELLA POTATURA INVERNALE

6.3.1 Obiettivi e motivazioni

Durante le osservazioni della potatura invernale in campo (Cap. 5) si è rilevato che l'intervento di potatura nella vite viene svolto con tagli che si susseguono velocemente e con una certa regolarità in funzione della morfologia della pianta e del sistema di potatura e di allevamento, impegnando gli operatori anche per 4 mesi consecutivi.

Nella maggior parte dei cantieri gli addetti che utilizzano cesoie ad azionamento manuale, sia nel caso di intervento interamente manuale sia nella rifinitura del taglio successiva alla prepotatura meccanica, hanno dichiarato di accusare dolori alla spalla e alla mano dell'arto che esegue il taglio, durante la stagione della potatura. Gli interventi di potatura manuale sono, infatti, operazioni contraddistinte da elevata frequenza e stereotipia a carico degli arti superiori, che a lungo andare possono provocare rischi all'apparato muscolo scheletrico (*WMSDs, Work related Muscolo Skeletal Disorders*). Dalla bibliografia si rileva che la potatura può essere associata a disturbi muscolo-scheletrici della mano, in particolare a parestesie della mano (Roquelaure et al. 2001), e del polso, in combinazione con il lavoro statico svolto dal sistema braccio-spalla (Wakula et al. 2000).

Negli ultimi anni le statistiche delle patologie da sovraccarico biomeccanico sono aumentate drasticamente, si ritiene per effetto di una maggiore attenzione verso di esse, ma anche per l'esposizione dei lavoratori al rischio (*Rapporto INAIL, 2009*). Le linee guida regionali per la prevenzione delle patologie muscolo-scheletriche connesse con movimenti e sforzi ripetuti degli arti superiori (D. G. Sanità 3958/2009-All.1) elenca tra i lavoratori esposti a rischio di sovraccarico biomeccanico anche gli addetti in via continuativa ad alcune lavorazioni agricole tra cui la potatura.

I fattori di rischio variano a seconda delle modalità di lavoro (solo taglio o taglio e simultanea rimozione dei sarmenti tagliati), del tipo di potatura, della distribuzione del lavoro e del vigneto (vitigno, pendenza, altezza ceppi) (Wakula J,

Landau K). Le cause determinanti sono la ripetitività¹, stereotipia, frequenza, forza e postura.

La forza che viene sviluppata durante il movimento è definita come l'impegno biomeccanico necessario a svolgere una determinata azione o sequenza di azioni. Essa può essere di tipo dinamico (applicata direttamente dall'operatore per l'esecuzione del gesto), o statico (per mantenere strumenti di lavoro o singoli segmenti delle braccia in una determinata posizione) (Colombini *et al.*, 2005).

La valutazione dei rischi da movimenti ripetitivi è imposta dal Titolo VI del D. Lgs. 81/08 (Testo Unico sulla sicurezza sui luoghi di lavoro). Gli standard internazionali EN 1005-5 (valutazione dei movimenti ripetitivi ad alta frequenza) e ISO 11228-3 (Ergonomia - Movimentazione manuale - Parte 3: Movimentazione di bassi carichi ad alta frequenza) ed in particolare quest'ultimo, raccomandano l'uso del metodo OCRA² (Colombini & Occhipinti) come migliore procedura da impiegare per la valutazione del rischio da patologie muscolo scheletriche degli arti superiori.

Recenti ricerche (Pezzi *et al.*, 2009) valutando la resistenza al taglio da parte dei sarmenti in laboratorio tramite penetrometer texture analyzer TA-HDi con cella di carico, hanno evidenziato differenze tra le varietà sottoposte alle prove. La letteratura cita altri lavori sull'ergonomia e la progettazione degli strumenti per la potatura (Wakula *et al.*, 2000; Paivinen *et al.*, 2000; Haapalainen *et al.* 2000), finalizzati all'osservazione dell'accumulo di sollecitazioni all'operatore, ma non fornisce informazioni sufficienti per valutare il carico fisico a cui il lavoratore e i fattori di rischio è sottoposto durante la potatura e i fattori di rischio.

Partendo da queste considerazioni, è stata condotta una ricerca con l'obiettivo di evidenziare eventuali differenze nelle resistenze al taglio opposte da diverse

¹ Nella letteratura tradizionale si definisce ripetitivo un lavoro caratterizzato da cicli con una durata inferiore a 30 secondi (2 cicli/min) oppure quando il 50% del tempo del ciclo, indipendentemente dalla durata, è speso compiendo lo stesso gesto lavorativo o sequenza di gesti (Silverstein *et al.*, 1986, 1987). La ripetitività è dunque strettamente legata alla frequenza di azione, cioè il numero di azioni tecniche nell'unità di tempo (azioni/min).

² Il metodo OCRA (Colombini & Occhipinti, 1996, 2005, 2007), permette di descrivere in maniera fortemente dettagliata il processo lavorativo e di riassumere, in una visione d'insieme del lavoro, i dati derivati dall'analisi. Il prodotto finale del metodo OCRA (Occupational Repetitive Actions) è un indice numerico (OCRA Index) basato su valutazioni qualitative per alcuni aspetti, come quello connesso allo sforzo durante il lavoro. La valutazione del rischio si basa sostanzialmente su 2 procedure; una prima procedura di screening iniziale basata sull'uso di una check-list proposta dalla Norma, ed una procedura dettagliata che rimanda ad affermati metodi di analisi riconosciuti a livello internazionale, con una espressa preferenza della ISO 11228-3 per il Metodo OCRA.

cultivar e in caso positivo di valutare le differenze consequenziali nel calcolo dell'indice OCRA³.

6.3.2 Metodologia

L'indagine è stata condotta prendendo in considerazione 7 cantieri di potatura, differenti per cultivar e forma di allevamento.

Le cultivar prese in considerazione sono largamente diffuse nella Sicilia orientale: Chardonnay, Merlot, Nerello cappuccio, Nerello mascalese e Nero d'Avola.

Per la valutazione soggettiva della forza è stato somministrato un questionario sulla sensazione dello sforzo per eseguire i tagli, ad un campione di 30 potatori. Questi hanno attribuito giudizi verbali e non numerici (ad es. lieve, moderata, ecc.) per ogni cultivar presa in esame. I giudizi sono stati convertiti nel punteggio della scala di Borg CR10⁴ (Borg, 1982) ed è stato poi calcolato il punteggio medio relativo alla forza.

Seguendo un protocollo consolidato, il questionario, ha avuto altresì lo scopo di mettere in evidenza eventuali segnali di patologie muscolo scheletriche.

³ L'indice OCRA è un "indice di esposizione", e scaturisce dal rapporto tra il numero di azioni tecniche effettuate nell'ambito dei compiti ripetitivi esaminati ed il numero di azioni tecniche raccomandate. Se l'indice di esposizione è inferiore o uguale a 2,0 ("area verde") il rischio lavorativo è assente o non significativo; se tale indice è compreso tra 2 e 4 ("area gialla") l'esposizione, pur non essendo rilevante (rischio lieve o *border-line*), può avere una certa rilevanza per cui è utile attivare una sorveglianza dei possibili effetti nel tempo; se l'indice è compreso tra 4,0 e 9 ("area rossa"), l'esposizione rappresenta un rischio franco per il lavoratore; infine se maggiore di 9 ("area viola") il rischio di esposizione è grave. Negli ultimi due casi devono essere prese delle misure di miglioramento delle condizioni di lavoro, nonché iniziative di stretta sorveglianza sanitaria per gli effetti indotti nel tempo. Dei menzionati fattori che nell'insieme danno luogo all'indice, quello relativo alla forza è assegnato in base a punteggi scaturiti da interviste. L'OCRA Index è impiegato in via empirica a molteplici contesti lavorativi, laddove il lavoro è caratterizzato da movimenti ripetitivi degli arti superiori, in particolare nelle postazioni di lavoro in cui il ritmo è imposto da un processo che non può essere modulato dal lavoratore. Il metodo OCRA è stato applicato di recente per determinare l'analisi del rischio clinico da sovraccarico biomeccanico degli arti superiori in viticoltura e olivicoltura (Montomoli et al., 2008) e ancora per la viticoltura da Schillaci G. *et al.*, 2008, 2009.

⁴ Per la valutazione del rischio dovuto a movimenti ripetitivi degli arti superiori mediante l'Indice OCRA il fattore forza è usualmente stimato mediante una tabella definita dal CEN, che tiene conto dello sforzo percepito mediante la scala di Borg CR10 (Borg, 1982) che valuta lo sforzo muscolare soggettivamente percepito dal lavoratore, a carico di un determinato segmento corporeo, in relazione all'entità dello sforzo stesso. Esistono due scale di valutazione (Borg RPE, Borg CR10) messe a punto da Gunnar Borg per la quantificazioni della percezione dello sforzo. La scala di Borg CR10 (Category-Ratio anchored at the number 10) è una scala che valuta la percezione dello sforzo attraverso l'identificazione di espressioni verbali semplici, la valutazione va da "del tutto assente" a cui si attribuisce valore 0, a "massimo" a cui corrisponde valore 10.

I rilievi sono stati condotti secondo le tecniche della scomposizione in fasi elementari, registrando i tempi e le modalità di esecuzione delle operazioni. In ciascun cantiere di lavoro sono stati conteggiati i tagli effettuati al minuto, che coincidono con le azioni tecniche al minuto.

Oltre ai rilevamenti e alle osservazioni di campo, si è provveduto ad effettuare le videoriprese durante il lavoro per esaminare frequenza, stereotipia e postura.

I punteggi della scala di Borg ottenuti tramite la conversione dei giudizi sugli sforzi percepiti sono stati posti a confronto con i valori della forza, rilevati da prove di taglio dei sarmenti dei diversi vitigni, eseguite con uno strumento (cesoia) sensorizzato, utilizzato in laboratorio, capace di rilevare le forze esercitate dalla mano e la durata di tali sforzi (Schillaci et al., 2009, Bonsignore *et al.*, 2010), con il fine di effettuare un confronto reciproco dei risultati ottenuti con le due metodologie e di porre in risalto l'incidenza del parametro cultivar sullo sforzo esercitato per il taglio durante la potatura.

I campioni raccolti durante la fase di potatura sono stati immediatamente sottoposti alle prove di taglio scegliendo una cesoia (Stocker Profil 21) con interazione media nei confronti dell'attività muscolare (Haapalainen et al, 2000), secondo la metodologia riportata da Schillaci (Schillaci et al., 2008, 2009) (fig. 6.3.1).



Fig. 6.3.1. – Cesoia sensorizzata e sensore per misurare la forza *FlexiForce*.

I tagli sono stati effettuati in corrispondenza di 4 diametri differenti: 5, 7, 10 e 12 mm. Da ogni taglio, i sensori hanno restituito i valori della forza espressa in grammi e della durata in secondi.

6.3.3 Risultati e discussioni

L'indagine è stata eseguita in 7 cantieri di potatura manuale differenti per tipologia di vitigno e forma di allevamento, ubicati nella Sicilia Orientale, per un totale di 30 addetti alla potatura e 12 ore di rilevamento (Tab. 6.3.1).

Tab. 6.3.1 – Cantieri osservati per la valutazione dell'indice OCRA

Cantiere	Vitigno	Anno di impianto	Tipo di allevamento	Sesto d'impianto [m]	Numero potatori	Attrezzo
1	Nerello mascalese	2003	Alberello	0,80 x 1,10	3	Forbice
2	Nerello mascalese	1950	Alberello	1,10 x 1,20	3	Forbice
3	Nerello mascalese	1984	Cordone speronato	1,20 x 2,10	10	Cesoia manico lungo
4	Nero d'Avola	2000	Cordone speronato	1,00 x 2,20	6	Forbice
5	Nerello cappuccio	1997	Cordone speronato	0,90 x 2,00	2	Forbice
6	Chardonnay	2003	Guyot	0,90 x 2,00	2	Forbice
7	Merlot	2004	Guyot	0,80 x 1,80	4	Forbice + seghetto

Dalle osservazioni in campo e dall'esame delle riprese si evince che il taglio dei sarmenti eseguito con forbici o cesoie è caratterizzato da un lavoro continuo e a frequenza non ridotta, l'incremento del ritmo di taglio è favorito dalla capacità dell'operatore di individuare velocemente il tralcio da tagliare, dalla bassa resistenza al taglio dei sarmenti e dalla scarsa presenza di ostacoli tra potatore e pianta. Dai questionari, emerge che gli operatori, nel periodo della potatura, accusano dolori alla spalla e alla mano dell'arto che esegue il taglio. I fastidi sono accusati sia nei primi minuti di lavoro che a riposo, diverse ore dopo il termine del turno lavorativo.

Modalità di potatura

Le osservazioni di campo rendono evidenti i movimenti e le posture assunte dai potatori, diverse in funzione della tipologia di allevamento e potatura (fig. 6.3.2).

In tutte le modalità di potatura l'operatore è costretto dalla quota di lavoro (impalcatura bassa) ad intervenire con la schiena flessa.



Alberello



Guyot



Cordone speronato



Cordone speronato

Fig. 6.3..2 – Modalità di potatura rilevate

Nella potatura dell'alberello l'addetto esegue la potatura manuale con forbici tradizionali e insieme alla potatura svolge anche l'operazione di stralciatura. La forbice viene mantenuta con una presa di tipo *pinch*, caratterizzata dall'opposizione tra il pollice e le altre dita della mano. La mano sinistra trattiene la vegetazione con un grip ampio che richiede uno sforzo leggero.

Nella potatura del guyot l'operatore impugna la forbice con la mano destra, raggiunge la vegetazione distendendo il braccio, effettua il taglio, trattenendo il tralcio con la sinistra. Terminata la potatura del "capo di frutto" l'operatore si avvale di un seghetto per tagliare lo sperone residuo. La forbice viene mantenuta con una presa di tipo *pinch*. Il seghetto richiede, invece, una presa tipo *power grip*.

Nella potatura del cordone speronato l'operatore impugna la forbice con la mano destra, raggiunge la vegetazione distendendo il braccio, effettua il taglio. In base alla consistenza del legno esegue il taglio con la sola mano destra (Nero d'Avola) o avvalendosi di entrambe le mani (Nerello cappuccio). La forbice viene mantenuta con una presa di tipo *pinch*. Nel caso della potatura con cesoia a manico lungo l'operatore impiega entrambe le mani per impugnare la cesoia ed effettuare il taglio.

Valutazione della forza tramite giudizi dei potatori

I risultati dell'indagine attraverso i questionari hanno consentito di ordinare lo sforzo percepito dai lavoratori discriminando tra le diverse cultivar (Tab. 6.3.2).

Tab. 6.3.2 - Punteggio in scala di Borg per ciascuna classe di giudizio espresso

<i>Cultivar</i>	Valore Borg	Giudizio potatori
<i>Nerello cappuccio</i>	3.5	moderato
<i>Nero d'Avola</i>	2.5	leggero-moderato
<i>Chardonnay</i>	2	leggero
<i>Merlot</i>	2	leggero
<i>Nerello mascalese</i>	2	leggero

È qui il caso di sottolineare che la cultivar Nerello cappuccio (fig. 6.3.3) è nota per richiedere i maggiori sforzi durante i tagli di potatura, al pari dei vitigni Cabernet sauvignon e Cabernet franc, non ricompresi in questa indagine. Questa circostanza può essere interpretata come una conferma indiretta della correttezza del giudizio espresso dal panel di operatori.

Confronto con valori strumentali

Come si può desumere dai valori riportati nella tabella 6.3.3, i risultati di una sperimentazione parallela condotta con la cesoia sensorizzata, confermano la scala dei giudizi espressi dagli operatori (fig. 6.3.4).

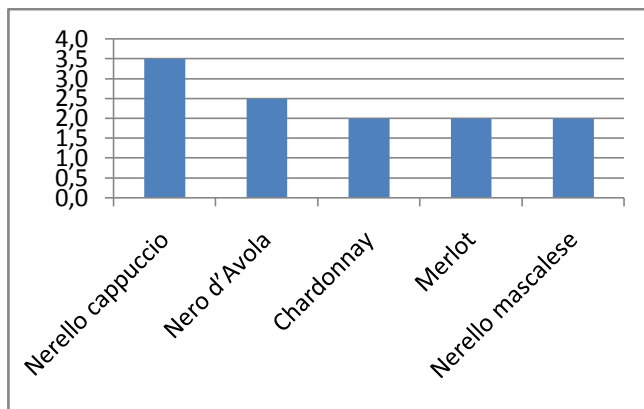


Fig. 6.3.3- Punteggi di Borg relativi alle 5 cultivar

Tab. 6.3.3 – Valori della forza

	Forza [N]			
	Min	Max	Media	Dev.St
<i>Nerello cappuccio</i>	8.70	37.50	23.08	14.42
<i>Nero d'Avola</i>	7.00	22.90	14.91	8.01
<i>Chardonnay</i>	7.60	20.10	13.86	6.26
<i>Merlot</i>	3.20	22.80	13.02	9.78
<i>Nerello mascalese</i>	4.20	20.30	12.24	7.94

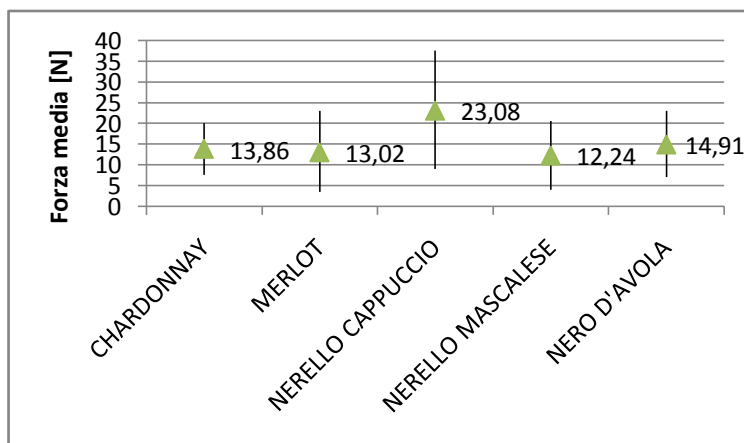


Fig. 6.3.4. Valori della forza media [N]

Esposizione al rischio in funzione della cultivar

Dopo aver esaminato attentamente le postazioni di lavoro e scelto i fattori di rischio (forza, postura, stereotipia, complementari, riposo) in relazione al tipo di lavoro sono stati calcolati gli indici di esposizione per ciascun addetto⁵, da cui sono stati ricavati gli indici medi di esposizione per ciascun cantiere, utilizzando i punteggi di Borg riportati nella tabella 6.3.2.

Come si può apprezzare dai valori assunti dall'indice OCRA (tab. 6.3.4), il cantiere Nerello cappuccio presenta un indice di esposizione maggiore di 2,5 volte rispetto al cantiere Merlot. Stante che la frequenza delle azioni è 1,3 volte maggiore nel Nerello cappuccio e che lo sforzo registrato (tab. 6.3.3) è superiore di circa 1,8 volte, è legittimo affermare che il maggior valore dell'indice OCRA registrato nel cantiere Nerello cappuccio sia da addebitarsi principalmente ai valori dello sforzo.

Tab. 6.3.4 – Indici OCRA medi per cantiere di potatura

Cantiere	Vitigno	Azioni tecniche n./min	Ocra Index Rischio
1	Nerello mascalese	49	7.6 Medio
2	Nerello mascalese	44	6.4 Medio
3	Nerello mascalese	49	6.4 Medio
4	Nero d'Avola	49	7.6 Medio
5	Nerello cappuccio	44	10.7 Elevato
6	Chardonnay	54	7.1 Medio
7	Merlot	33	4.3 Lieve

Indici Ocra con valori soggettivi della forza ricavati dal questionario

Per quanto il Nero d'Avola presenti azioni tecniche maggiori dell'11% rispetto al Nerello cappuccio, l'indice OCRA di questo ultimo è maggiore di 1,4 volte. Essendo pari le altre condizioni di lavoro nei due cantieri, la differenza dell'indice anche in questo caso è da addebitarsi allo sforzo maggiore di 1,5 volte.

I cantieri 2 e 3 (Nerello mascalese) presentano lo stesso valore dell'indice OCRA per via di una differenza molto ridotta fra il numero di azioni tecniche (+11%

⁵ Nell'allegato XXXIII, Titolo IV del T.U., vengono citate le norme tecniche ISO 11228-1, 11228-2, 11228-3 (che rispettivamente indicano come si usano i metodi NIOSH, SNOOK e CIRIELLO ed OCRA). Queste norme permettono di verificare la presenza del rischio, procedere ad una riprogettazione della postazione di lavoro in modo da renderla più ergonomica e quindi ridurre l'eventualità di malattie professionali. Nel suddetto allegato il metodo OCRA viene indicato come metodo "...preferito..." (norma ISO 11228-3) per la valutazione di tali rischi.

nel cantiere 3). Sempre per la stessa cultivar, si osserva che a parità di azioni tecniche fra i cantieri 1 e 3 l'indice OCRA cambia sensibilmente; ciò è dovuto principalmente alla postura scorretta assunta dagli operatori nei terreni in forte pendenza che caratterizzano il cantiere 1.

6.3.4 Conclusioni capitolo 6.3

Le prove confermano differenze a volte cospicue fra i valori percepiti dai potatori durante il taglio di tralci provenienti da cultivar differenti.

Tali valori si sono dimostrati congruenti con quelli ottenuti mediante misurazioni effettuate mediante una forbice sensorizzata nel corso di una sperimentazione parallela condotta sullo stesso campione di tralci.

Come dalle attese, la cv Nerello cappuccio, si conferma la più resistente al taglio in accordo con quanto asserito dai potatori nel corso dei colloqui in termini di fatica percepita e con quanto riportato nelle check list compilate dal gruppo di lavoro per la valutazione dei rischi muscolo scheletrici.

Le differenze fra i valori percepiti dello sforzo hanno influenzato i valori assunti degli indici OCRA calcolati e impiegati per la quantificazione del rischio da sovraccarico biomeccanico, con ciò dimostrando quanto le differenze di sforzo imputabili alle cultivar possano essere determinanti.

In definitiva, i risultati inducono a ritenere che in occasione del calcolo del rischio muscolo scheletrico le differenze fra le diverse cultivar in termini di resistenza percepita al taglio non dovranno essere ignorate; pertanto nel questionario somministrato ai potatori, alla generica voce vigneto si dovrà aggiungere l'esatta denominazione della cultivar.

PARTE III – MACCHINE INNOVATIVE

CAPITOLO 7

VEICOLO ELETTRICO A DIVERSI GRADI DI AUTONOMIA

7.1 Introduzione

Durante lo svolgimento del corso di dottorato, si è entrati in contatto con una ricerca, svolta nell'ambito del progetto OIGA 2008, che ha visto la collaborazione tra un'azienda agricola di Vittoria(RG), il Dipartimento GeSA e il Dipartimento DIEEI, mirata allo sviluppo di una piattaforma multifunzionale elettrica in grado di effettuare specifiche lavorazioni in serra.

Vista l'esigenza manifestata dai viticoltori, nell'ambito dell'indagine sulla meccanizzazione, circa la necessità di disporre di piccole macchine adeguate ai vigneti ad alta densità ubicati in terreni terrazzati e/o in pendio, e vista la somiglianza tra serra e vigneto, si è ragionato sulla possibilità di esportare la tecnologia usata per la serra al vigneto, e di equipaggiarlo con attrezzi utili per essere usato in ambiente vigneto, con l'obiettivo di sviluppare un veicolo versatile multifunzione elettrico in grado di operare anche in vigneto.

È noto che l'introduzione della robotica in agricoltura non ha avuto lo stesso successo che ha avuto nel settore manifatturiero. Ciò è dovuto principalmente all'ambiente operativo che non agevola la navigazione a causa delle dimensioni irregolari dei campi e alla presenza di numerosi ostacoli, inoltre richiede maggiori esigenze in termini di robustezza delle componenti, per via dell'umidità, delle temperature spesso ai limiti dei range di corretto funzionamento delle apparecchiature elettroniche comuni, presenza di polveri e altri fattori (Gay et al. 2008). Un altro ostacolo alla diffusione dei robot è legato ai costi eccessivi in rapporto ai ricavi registrati dal comparto agricolo.

Nel settore agricolo, la robotica, si avvantaggia degli strumenti messi a disposizione dalla "precision farming" (remoti e/o prossimali) che utilizzano sistemi

di georeferenziazione e riconoscimento di forma con sistemi di “imaging”. L’auto-guidance di trattori e macchine agricole semoventi basata su sistema Global Navigation Satellite System (GNSS), rappresenta la tecnologia attualmente disponibile in grado di fornire vantaggi significativi in agricoltura nei diversi ambienti di coltivazione. Alcuni lavori evidenziano sistemi di guida dei veicoli con sensori di posizione GPS differenziale (DGPS) e con altri sensori di guida (Builk R. 2006; Héraud JA e Lange AF, 2009, Holpp et al, 2006; Ming et al, 2009; Wan et al, 2008; Murakami et al, 2008; Toru et al, 2000).

Sul mercato sono presenti trattori, macchine e altre soluzioni automatizzate (macchine irroratrici) (Deere, Trimble, Arvatec) che utilizzano i sistemi GPS. La maggior parte di queste soluzioni, che possiedono notevoli costi d’acquisto, sono però adatte solo ad ambienti operativi molto estesi, per la scarsa accuratezza con cui si muovono.

Dal punto di vista della robotica, negli ambienti protetti come le serre è più facile operare rispetto all’ambiente esterno, grazie alla presenza di confini più definiti, alla disposizione delle piante in corridoi e al fondo del terreno più regolare che all’aperto (Dario et al. 1994, Will J. D. et al, 1998).

Attualmente, una spinta verso la messa a punto di sistemi autonomi o comunque in grado di allontanare gli operatori dal luogo di lavoro proviene dall’accresciuta sensibilità verso gli aspetti della salute e della sicurezza. Diverse soluzioni ingegneristiche sono state presentate al fine di ridurre i rischi alla salute umana connessi con l’irrorazione di sostanze chimiche, a partire da impianti fissi fino robot totalmente autonomi ((Mandow et al., 1996; Gay P. et al, 2008, Balloni et al., 2008c; Schillaci et al., 2009b). Nonostante gli ottimi risultati, solo in pochissimi casi le soluzioni sviluppate hanno superato la fase di prototipo (Baeten et al, 2008; Sanders KF, 2005, Muscato et al, 2005).

Anche in viticoltura lo sviluppo di sistemi autonomi in grado di agevolare le operazioni colturali può determinare dei vantaggi in merito agli aspetti legati alla salute e sicurezza degli operatori. Il vigneto ben strutturato, d’altra parte, come la serra, costituisce un ambiente in cui la robotica può trovare facilmente un suo utilizzo operativo, grazie alla disposizione regolare delle viti, per lo più a filari, alla forma e

alla dimensione delle piante, facilmente riconoscibile in base alla fenologia, all'allevamento, al vitigno.

In generale, il potenziale della robotica non è pienamente sfruttato in agricoltura e ancora non sono presenti in commercio robot adatti ad agevolare l'esecuzione di operazioni colturali. I trattori e le macchine automatizzate, attualmente in commercio, non possiedono le caratteristiche per operare negli ambienti confinati delle serre o dei vigneti sia perché non si muovono con l'accuratezza al centimetro, ma sono adatte ad operare in campi molto estesi, privi di ostacoli, sia per l'elevato costo d'acquisto.

La valutazione dei costi, in relazione ai ricavi ottenibili dalla produzione agricola, è senz'altro un fattore limitante per la realizzazione in serie di soluzioni robotizzate, che normalmente montano sensori e utilizzano tecnologia altamente sofisticata e costosa.

La piattaforma elettrica robotizzata è attualmente in fase di sviluppo con configurazioni diverse: guida manuale, a distanza controllata, semi o completamente autonomo.

7.2 Descrizione del veicolo

Il veicolo prende le mosse da un veicolo cingolato con motore termico realizzato da un piccolo costruttore nell'area di Vittoria (RG), che si completa con un sistema di irrorazione denominato "VancoSpray" (Balloni et al., 2008b; Cerruto et al., 2009; Schillaci et al., 2009a).

La struttura meccanica della macchina è stata progettata al fine di soddisfare le diverse esigenze. In riferimento all'ambiente vigneto, il robot deve essere in grado di muoversi fra i filari, superare eventuali irregolarità e piccoli dislivelli e non deve generare una pressione eccessiva sul terreno. Le specifiche utilizzate per la progettazione del sistema sono state individuate in 0,6 m di larghezza e di 1,2 m di lunghezza. Inoltre, per maggiore maneggevolezza oltretutto per ragioni connesse alla pressione sul terreno, il robot, che ha una massa di 250 kg, usa cingoli in gomma invece delle ruote.

Il robot può trasportare circa 200 kg di carico utile su una strada pianeggiante e può affrontare le salite su strade in pendenza ma, con un carico utile minore.

Esso è alimentato mediante due batterie a piombo-gel da 12 V - 180 Ah. Il sistema è dotato di una opportuna elettronica di gestione dei due motori in grado di ricevere comandi dal PC di navigazione. Questo stesso computer di bordo è interfacciabile ad altri sensori come sistemi GPS, laser scanner 2D e sensori ad ultrasuoni.

Con un opportuno dimensionamento degli accumulatori, dei motori e dei sistemi di controllo, la macchina consente di avere un'elevata capacità di carico con una elevata capacità di lavoro (superiore alle 8 – 9 ore) e con velocità e manovrabilità adeguata, ottenuta grazie all'impiego dei cingoli (fig. 7.1).



Fig. 7.1 Struttura della macchina

7.3 Modalità di guida

Le modalità in dotazione al robot sono:

- a) Guida con comando manuale
- b) Guida con comando a distanza, manovrato da un utente remoto.
- c) Guida semi-automatica e automatica, il robot, utilizzando le informazioni provenienti da sensori diversi, può trovare la sua strada attraverso l'ambiente.

a) Guida con comando manuale

Prevede l'operatore a bordo della macchina che effettua la guida con comandi manuali.

b) Guida con comando a distanza o modalità telecomandata

In questa situazione un utente remoto, utilizzando un semplice joystick o tastiera di un computer, è in grado di inviare comandi diretti al robot. Uno dei componenti necessari per questa modalità operativa è il collegamento radio tra il robot e la stazione remota. La stazione remota è composta da un joystick, la radio e un PC standard o laptop utilizzato per leggere i movimenti del joystick per mezzo di software adatto.

c) Guida semi-automatica o automatica

Le modalità semi-autonoma e autonoma, si basano su un computer di bordo, su diversi sensori montati sul robot e una stazione base remota.

Nella modalità semi-autonoma è prevista l'interazione dell'operatore remoto con la macchina che sta eseguendo un'operazione automatica. Esempio l'operatore prende il comando per eseguire la svolta alla fine del filare, mentre la macchina ha effettuato in automatico la lavorazione nel filare.

Con la modalità di guida automatica il robot prende in carico la mappa georeferenziata dell'appezzamento ed esegue le operazioni in modo autonomo.

Tipici sensori di bordo sono GPS Differenziale, 2D laser scanner, stereo camera, piattaforma inerziale dotata di accelerometri e giroscopi, webcam, sensori a ultrasuoni. Nella maggior parte dei casi, solo sottoinsiemi di questi sensori sono montati contemporaneamente a bordo. Il modulo di controllo, quindi, risiede in un computer che riceve ed elabora le informazioni fornite da sensori quali il dispositivo GPS e scanner laser.

Nell'ambito della ricerca OIGA sono stati testati diversi algoritmi utilizzando i dati provenienti dallo scanner laser e la DGPS ed, ultimamente, è stato sviluppato un algoritmo Obstacle Avoidance (OA).

Il risultato di questa tecnica è una sequenza di movimenti che permette di guidare in modo sicuro il veicolo verso l'obiettivo senza collisioni.

Visione artificiale per la guida automatica del veicolo

Sensori come DGPS e laser scanner 2D sono ampiamente utilizzati e hanno prestazioni di elevata qualità, ma il costo altrettanto elevato non consente di ritenere ipotizzabile il loro uso nella maggior parte delle PMI nel settore agricolo. La ricerca,

pertanto, si è posta l'obiettivo di sviluppare tecnologie utili ma a costi minori. A tale riguardo è stato sviluppato un algoritmo di visione artificiale che permette la movimentazione autonoma della macchina elettrica utilizzando una webcam poco costosa in grado di funzionare sullo stesso computer che gestisce la movimentazione della macchina. L'algoritmo di visione che viene utilizzato sfrutta alcune caratteristiche peculiari dell'ambiente in cui la macchina dovrà muoversi.

Nel caso specifico del robot, l'immagine, catturata dal flusso ottico proveniente da una webcam collegata al PC di bordo della macchina, viene inviata all'algoritmo. Questo, mediante tecniche di Odometria Visuale (Cantoni et al., 2001; Hartley et al., 2003; Botelho et al., 2010), è in grado di estrarre informazioni come posizione, velocità e direzione del movimento.



Fig. 7.2 Webcam usata nelle prove.

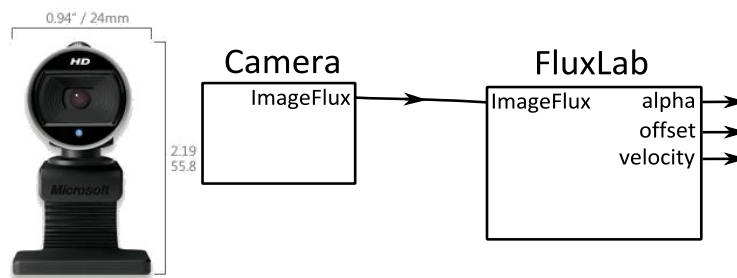


Fig. 7.3. Block diagram of the implemented software.

In generale, sono state utilizzate le tecniche odometriche per stimare la posizione e l'orientamento della macchina a partire dalle informazioni di sensori come encoders e accelerometri. Le tecniche di odometria visuale permettono di stimare le stesse grandezze tramite l'analisi di immagini statiche. Solo per la stima della velocità di avanzamento della macchina è necessario analizzare un flusso ottico piuttosto che una singola immagine. L'algoritmo proposto è stato testato in una serra con coltivazione di pomodoro. Nella serra le caratteristiche peculiari dell'ambiente in cui il robot si deve muovere sono state rappresentate dalla presenza di filari con consistenti pareti laterali prevalentemente verdi costituite da foglie e frutti a bacca rossa. Inoltre la parte alta del corridoio si mostrava molto ben illuminata dai raggi solari mentre il pavimento del corridoio, dotato di pacciamatura, molto più scuro (Fig.7.4). In particolare, in questo caso è stata sfruttata la differenza di luminosità tra le pareti laterali ed il soffitto normalmente più illuminato.

Nel caso del vigneto a spalliera, si sfrutterà lo stesso sistema, poiché come la coltura in serra, avremo dei filari con delle consistenti pareti laterali verdi nella fase vegetativa, ed eventualmente grappoli a bacca pigmentata (a seconda l'epoca di maturazione e la varietà).



Fig.7.4 - Tipico corridoio di una serra per la coltivazione

7.4 Valutazione

I test per valutare la prestazione globale e le capacità del sistema visivo, in questa fase della ricerca, sono stati finora eseguiti solo in un ambiente serricolo.

Il carrello con il computer portatile e webcam montata a bordo si muove in un corridoio della serra a una velocità di circa 2 km/h che è paragonabile alla velocità normale di una macchina operatrice durante le operazioni di irrorazione in serra. Allo stesso tempo, la webcam a bordo sta acquisendo il flusso ottico e il software sta elaborando in tempo reale i dati. Il sistema è stato calibrato prima di iniziare l'esperimento utilizzando la tecnica della scacchiera.

Sull'immagine (tratta dal video) le informazioni su orientamento e velocità vengono poi sovrapposte. Il punto centrale della croce rossa rappresenta il punto di fuga, mentre la linea rossa in alto è la direzione del movimento. Nel riquadro nero in alto a sinistra, è rappresentato il vettore velocità, in quello in basso a sinistra sono visualizzati, in formato numerico, i vari parametri (velocità di avanzamento e angolo di orientamento) (fig.7.5).

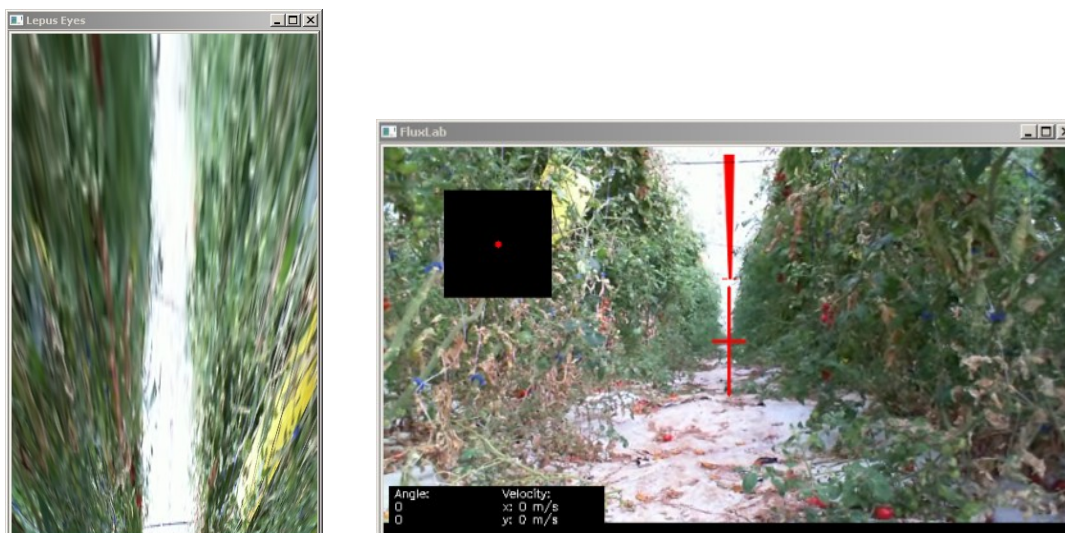


Fig. 7.5 Alcuni risultati dell'algorithmo mentre il robot si muove nel corridoio della serra

7.5 Prospettive

Nel corso della ricerca sono state ipotizzate le possibili applicazioni in viticoltura a cui il robot potrebbe trovare impiego.

Nei vigneti ad altissima densità, ubicati in terreni fortemente terrazzati e/o in pendio, le operazioni di distribuzione di prodotti fitosanitari e di movimentazione delle cassette durante la vendemmia, usualmente effettuate a mano, possono esporre l'operatore a rischi per la sua salute (rischio chimico, disturbi muscolo-scheletrici), così come tutte le operazioni (potatura, spollonatura, diradamento germogli e grappoli, legatura germogli, ecc.) che obbligano l'operatore a lavorare con posture scorrette, specie nei vigneti con sistemi di allevamento a ceppo basso (alberello, cordone speronato e guyot) tipici della viticoltura mediterranea.

L'applicazione più semplice del robot è quella come sedile elettrico guidato dall'operatore con comandi manuali con l'obiettivo di ridurre la fatica dell'operatore e aumentare la produttività. In questo caso verrà posta attenzione al posizionamento del sedile che dovrà garantire l'ergonomia sia nella guida sia nell'utilizzo come sedile per eseguire le varie operazioni colturali (potatura verde, ecc). La struttura meccanica del robot descritto può essere utilizzata come irroratrice semovente mediante l'applicazione di un sistema di irrorazione, già in fase di sviluppo per l'ambiente confinato delle serre, che può funzionare con telecomando o in modalità semi-autonoma, con possibilità di applicazione anche nel vigneto. L'irroratrice sarà dotata

di un sistema d'irrorazione, dispositivi di monitoraggio (controllo remoto) e sensori di bordo.

Una delle possibili applicazioni di questo veicolo elettrico cingolato è, inoltre, l'utilizzazione come carrello semiautomatico per il trasporto di mezzi tecnici o delle cassette d'uva durante la vendemmia. In quest'ultimo caso, l'operatore può semplicemente guidare il robot a distanza, mentre il robot può muoversi autonomamente lungo la fila. In questo modo gli operatori possono dedicarsi solo alla raccolta mentre il robot esegue l'attività di trasporto. Inoltre, poiché il robot è alimentato elettricamente, non c'è pericolo per gli operatori di esposizione a fumi di scarico.

7.6 Conclusioni capitolo 7

Il robot è stato costruito per essere usato come un veicolo polivalente all'aperto in diverse applicazioni. Le sue specifiche tecniche soddisfano i requisiti per essere utilizzato con modalità telecomandata o per il movimento autonomo.

Il basso centro di massa prevede una sicurezza sul lavoro anche in aree pendio. Diversi sensori sono stati testati per consentire operazioni autonome in vigneti o serre. Nella prima fase della ricerca il robot, dotato di sensori DGPS e laser scanner e con l'applicazione di un apposito algoritmo di navigazione ha mostrato risultati molto soddisfacenti. Il robot è stato in grado di raggiungere diversi target (waypoint) evitando alcune finestre posizionate lungo il percorso.

La ricerca ha considerato che i sensori DGPS e laser scanner 2D dimostrano di avere prestazioni di elevata qualità, ma possiedono un costo altrettanto elevato che non consente di ritenere ipotizzabile il loro uso nella maggior parte delle PMI nel settore agricolo. In funzione di ciò Dipartimento DIEEI ha sviluppato un algoritmo di visione artificiale che può permettere la movimentazione autonoma di una macchina elettrica utilizzando una metodologia a basso costo. L'algoritmo di odometria visuale proposto è basato infatti sull'utilizzo di una comune webcam di facile reperibilità ed è in grado di funzionare sullo stesso computer che gestisce la movimentazione della macchina.

In un prosieguo delle attività di ricerca, occorrerà testare l'algoritmo e inoltre considerare i diversi aspetti delle problematiche sulla sicurezza. Il robot deve essere

in grado di recuperare/modificare decisioni sbagliate, direzioni pericolose, derivanti da possibili equivoci degli algoritmi del sistema di visione artificiale. In queste situazioni il robot non deve danneggiare le piante o la struttura. Possibili soluzioni potrebbero essere attuate attraverso l'uso di alcuni sensori inerziali (come accelerometri e giroscopi), al fine di individuare azioni non corrette o impreviste del robot, in seguito ad urti. Altre possibili soluzioni potrebbero riguardare l'impiego di più serie di sensori, che agiscano sinergicamente, ad es. sensori ad ultrasuoni a basso costo che potrebbero intervenire nel caso in cui la vicinanza della macchina ai filari di piante scende sotto una soglia preconfigurata.

Infine, il robot, opportunamente equipaggiato potrà funzionare come veicolo semovente dotato di sedile per la movimentazione dell'operatore all'interno dei filari del vigneto, come irroratrice semovente e come carrello elettrico per la movimentazione delle cassette durante la vendemmia o di altri mezzi tecnici, utilizzato in modalità manuale, telecomandata, semiautomatica e automatica.

CAPITOLO 8

MACCHINA SPANDILETAME-SPANDICOMPOST AUTOCARICANTE CON DISTRIBUTORE A VELOCITÀ VARIABILE

8.1 Premessa

La nutrizione organica è una operazione favorevolmente accolta dai viticoltori, specialmente nei vigneti impiantati su suoli sciolti, e di uso comune nelle aziende viticole che, sempre più numerose, adottano i metodi dell'agricoltura biologica (in Sicilia ben rappresentate su 50.000 ettari vitati).

La riduzione delle disponibilità di sostanze organiche tradizionalmente impiegate, come il letame, i costi sempre più alti dei fertilizzanti di sintesi e la maggiore offerta delle aziende produttrici stanno contribuendo a fare del compost il materiale organico sempre più presente nei piani di fertilizzazione della azienda viticola. Al pari di diverse sostanze organiche stabili, il compost può essere considerato un ammendante con discreto effetto concimante e può sostituire la letamazione (Centemero M., 2002). In media un ettaro terreno di medio impasto necessita di circa 25 t di compost per il reintegro della sostanza organica mineralizzata.

La meccanizzazione della concimazione organica negli ambienti indagati mostra però vari aspetti critici. La pluralità delle macchine spandiletame/spandicompost in commercio non consente di operare in piccoli ambienti, quindi le aziende caratterizzate da sesti molto ravvicinati, capezzagne strette, presenza di terrazze, per avvantaggiarsi dei benefici della fertilizzazione organica devono ricorrere all'intervento manuale. Inoltre, il materiale organico in circolazione non sempre è di buona qualità, può essere inquinato da materiale estraneo grossolano che può causare blocchi al funzionamento del gruppo distributore. Infatti, l'impiego di carri spandiletame convenzionale è poco diffuso ed in realtà poco tollerato dagli stessi contoterzisti per via dei frequenti blocchi nel funzionamento del trasportatore collocato sul pianale. Inoltre, il sistema di

distribuzione basati su rotore verticale, molto diffusi, non risultano graditi in quanto provocano imbrattamento della vegetazione.

In definitiva, dall'indagine svolta (Cap. 4) sono emerse indicazioni verso macchine spandiletame/spandicompost compatte maneggevoli dotate di localizzatore e ove possibile basate su dispositivi di nuova concezione non soggetti a blocchi del funzionamento, e ove possibile auto caricante in modo da evitare l'impiego, peraltro discontinuo, di altre macchine (pale cariatrici, ecc.).

Una macchina con caratteristiche simile era in corso di sviluppo nel 2008, anno nel quale il progetto era già stato approvato dall'Enama, nell'ambito del bando sullo sviluppo di macchine innovative [Enama, 2007]. Con le risorse rese disponibili, la ditta costruttrice Sciacco (RG) ha realizzato la macchina innovativa denominata “*Spandiletame-spandicompost Compatto Autocaricante con Distributore a Velocità Variabile*”, con la consulenza scientifica e sotto il coordinamento del Dipartimento Ge.S.A. Sezione Meccanica dell'Università di Catania e del CRA-ING di Treviglio.

Attraverso il percorso sperimentale la macchina è stata riprogettata e perfezionata. In particolare è stato aggiunto il dispositivo localizzatore laterale la cui particolare utilità era emersa nel corso dell'indagine riferita nel Cap. 4.

8.2 Le macchine spandiletame

Le macchine in uso per operare in viticoltura per la distribuzione del letame o del compost sono generalmente costituite da un carro rimorchio trainato da trattori di potenza nominale compresa fra 20 e 50 kW. Sul fondo del pianale è alloggiato un nastro trasportatore senza fine a doppia o tripla catena munito di barre trasversali di collegamento. La velocità di avanzamento del nastro è variabile fra 0,2 e 1 m min⁻¹ (per scarichi molto rapidi possono raggiungersi velocità superiori). Il nastro spinge il contenuto del carro verso gli organi frantumatori – distributori posti sul lato posteriore della cassa, che provvedono a ridurre il materiale organico e a spargerlo in campo con modalità diverse a seconda la localizzazione (anteriore o posteriore).

Si tratta di più rotori con “manine” e con velocità di rotazione compresa fra 300 e 600 giri min⁻¹. I carri sono dotati di un cambio, generalmente 3-4 rapporti, tramite il quale è possibile variare la quantità di materiale da spargere che di solito varia da 15 a 100 t/ha. La velocità media di avanzamento, in pieno campo, è compresa fra 5 e 8 km

h^{-1} in funzione della quantità di prodotto che si vuole spargere. Gli svantaggi di una tale attrezzatura sono connessi principalmente agli ingombri notevoli, alla presenza nel cantiere di una pala caricatrice, peraltro sottoutilizzata a causa dei tempi di attesa, alla complessità ed al disagio connessi agli interventi di ripristino del funzionamento che occorrono in campo causati dai frequenti blocchi del nastro trasportatore poggiato sul pianale e, dunque, sovrastato dalla massa del fertilizzante organico. Da non sottovalutare anche i tempi di lavoro e la richiesta di energia ($0,7 - 1,1 \text{ kWh/m}^3$ di prodotto sparso). I tempi di svuotamento sono sempre molto inferiori rispetto a quelli necessari per il carico e il trasferimento dal ricovero al campo. Per tale motivo è importante organizzare le operazioni carico, di scarico e di trasferimento della macchina, in modo da ridurre i tempi morti e aumentare il rendimento operativo del cantiere.

8.3 Descrizione della macchina spandiletame-spandicompost autocaricante

La macchina (fig. 8.1), portata dal sollevatore idraulico a 3 punti posteriore di una trattrice di media potenza, si compone di una pala caricatrice chiusa da tre lati a delimitare un vano di contenimento del compost / letame/; la parete verticale prossimale alla trattrice è costituita da una piastra resa mobile da un circuito idraulico azionato dalla stessa trattrice (fig. 8.2). Tale piastra, durante il movimento verso la parte posteriore della macchina, sospinge il materiale organico verso i due distributori, che lo lanciano sul terreno. Questi sono costituiti da due rotori ad asse verticale muniti di palette, azionati per via idraulica e con velocità di rotazione regolabile.



Fig. 8.1 Spandicompost autocaricante



Fig.8.2 – Macchina spandiletame/spandicompost, prospetto laterale e posteriore

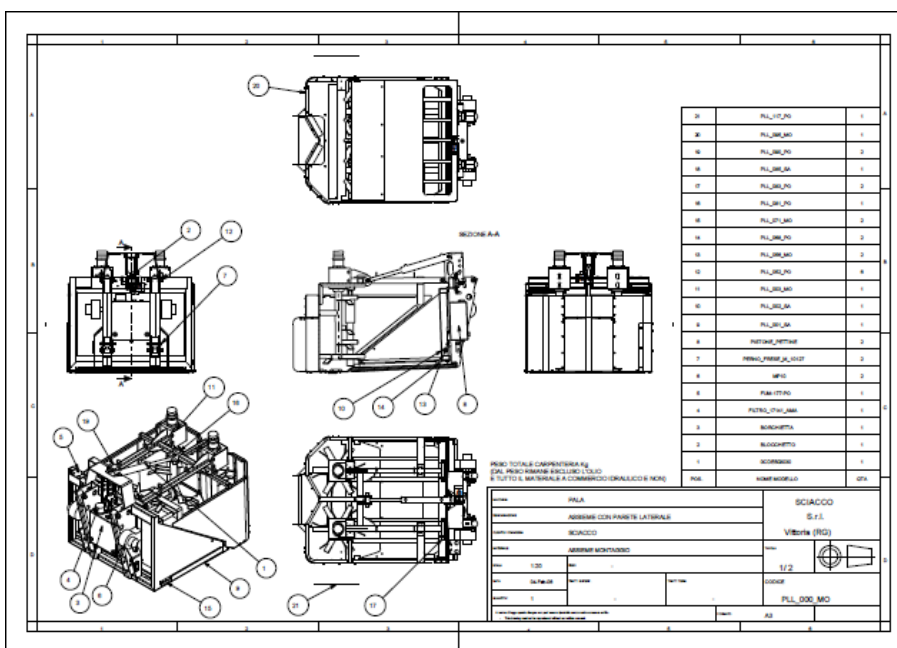


Fig. 8.3 – Disegno progetto macchina

La cassa misura 1120 mm di larghezza e 1000 mm di lunghezza ed ha una capacità complessiva di circa 1 m³; la corsa massima della parete mobile è di 800 mm (fig. 8.3)

Il caricamento avviene grazie ad una forca posteriore a 7 denti e procedendo a marcia indietro verso il cumulo del prodotto da caricare. I due rotori impiegati per la distribuzione, provvisti di motore idraulico (di 100 cm³), sono sostenuti ciascuno da due bracci orizzontali e longitudinali incernierati ad una traversa in modo che, durante il carico, essi determinino una rotazione verso l’alto per consentire l’ingresso

del prodotto. Avvenuto il carico, i bracci che portano i due rotori si riportano in posizione orizzontale e i due rotori iniziano a distribuire il prodotto che nel frattempo viene gradualmente avvicinato grazie alla spinta della piastra (fig. 8.4).

I motori idraulici dei rotori sono alimentati da una pompa associata alla presa di potenza della motrice; i cilindri oleodinamici per l'azionamento dei bracci di sollevamento dei rotori e del pannello evacuatore sono alimentati per mezzo della presa idraulica in dotazione al trattore.



Fig. 8.4 – Prove di carico e di distribuzione svolte con materiale organico

8.4 Azioni svolte durante lo sviluppo della macchina

8.4.1 Modifiche e prove

La macchina innovativa è stata sviluppata prendendo come riferimento un prototipo di macchina spandiletame autocaricante e con distribuzione posteriore.

La ricerca del corretto dimensionamento tra le caratteristiche dei motori e il circuito oleodinamico, hanno fortemente caratterizzato il programma delle prove operative di campo svolte durante il progetto di sviluppo della macchina “*Spandiletame- spandicompost Compatta Autocaricante con Distributore a Velocità Variabile*”.

Dopo diverse prove è stato ritenuto opportuno scegliere i motori di 100 cm³ di tipo auto drenante, ponendo particolare attenzione ad individuare il giusto valore di

pressione del circuito oleodinamico a cui farli operare. I motori sono stati testati con diversi livelli di pressione partendo dal limite soglia di 180 bar fino a 120 bar.

Dopo avere osservato frequenti fenomeni di guasto dei motori nelle ultime fasi della distribuzione del prodotto in campo si è proceduto a riesaminare le prove di campo svolte, i materiali impiegati e i momenti nei quali avvenivano più frequentemente le rotture. In seguito a tali indagini si è individuato quale causa di guasti e rotture il “colpo di ariete”, connesso alla usuale procedura di distribuzione del composto organico. Infatti, i movimenti rotatori effettuati dalle palette negli ultimi momenti della distribuzione in campo avvengono spesso “a vuoto” (a causa della carenza di prodotto che si verifica nelle ultime fasi del lavoro); si determina in tal modo una significativa accelerazione dei rotori e un impatto violento nel momento in cui la “paletta” intercetta nuovamente il prodotto da distribuire. Tale azione meccanica, di intensità notevole, a carico dei motori determina una sovrappressione con rottura dei motori. La soluzione a questo inconveniente è stata risolta con l’installazione di una valvola supplementare “antiurto” flangiata sui motori orbitali, capace di contenere le conseguenze che sui motori hanno i momenti di contatto delle palette con il prodotto da distribuire, dopo eventuali rotazioni a vuoto dei distributori.

Per ottenere uno spostamento regolare della parete mobile durante il lavoro e per semplificare il circuito idraulico incrementandone l’efficienza, dopo alcune prove di laboratorio il circuito è stato integralmente riprogettato. Un collettore posto sulla macchina operatrice riceve il flusso oleodinamico, e un divisore di flusso lo ripartisce ai 2 pistoni che spingono la parete mobile, in ragione della resistenza del materiale da spingere verso i rotori. Il sistema impedisce che una asimmetria della posizione della lama possa provocarne il bloccaggio.

Il funzionamento: si distendono gli steli dei due spingitori (attraverso il ripartitore), si spinge lo stelo della torretta. Quando la torretta si chiude, successivamente si distendono gli steli dei pistoni che spingono il piatto. Una valvola di massima blocca i rotori in caso di forti resistenze. Per ridurre al minimo i costi si è tenuto conto che lo svuotamento della cassa può avvenire in circa 25 s; successivamente l’olio ha il tempo di raffreddarsi. Si è preferito, pertanto, aumentare la velocità di rotazione di pompe di ridotta portata, approfittando delle frequenti pause del lavoro per raffreddare il fluido. Le sezioni delle condotte sono state portate

a $\frac{3}{4}$ ". Il modello attuale è stato rivisitato in merito alla sicurezza e ora offre i supporti delle condotte, per evitare che si portino a terra come spesso accadeva; inoltre, è stata aggiunta la guaina di protezione "antiscoppio" e un tondino sagomato per la protezione dai rotori.

8.4.2 I risultati operativi

La ricerca si è conclusa con lo svolgimento delle prove di campo, riferite alla necessità di provare l'interazione tra i convogliatori progettati e il letame o compost da distribuire.

Attraverso le prove svolte in campo con la "Macchina Spandicompost Autocaricante Compatto a Velocità Variabile", si è verificato la rispondenza di diverse tipologie di convogliatori posteriori a diverse finalità di distribuzione del compost (posteriore/laterale – sulla fila/a ventaglio).

Le prove sono state condotte con la distribuzione di letame maturo, all'interno di un'apprestamento serricolo ed in un vigneto (fig. 8.5). La macchina è stata applicata ad una trattrice con potenza pari a 65 kW, certamente sovradimensionata rispetto alle esigenze (tab. 8.1).

Tab. 8.1 - Caratteristiche tecniche dello spandicompost autocaricante e della motrice usata per le prove

<i>Capacità di carico</i>	1 m³
Larghezza spargimento	da 0,60 a 2,50 m
Ingombro trasversale (cassa)	1,12 m
Ingombro longitudinale (cassa)	1,00 m
Altezza sponde	0,74 m
Corsa massima parete mobile	0,80 m
Potenza della trattrice	kW 65

Nello svolgimento dei rilievi di campo si è calcolata la quantità di letame maturo da distribuire, convertendo le tonnellate di materiale organico in m³ e sono stati annotati i tempi delle fasi fondamentali del lavoro. Si è stabilita prioritariamente una dose di distribuzione di 25 t/ha pari a 50 m³/ha (tab. 8.2).

Le prove svolte nel vigneto sono state eseguite in una parcella estesa circa 5000 m², con impianto a tendone e sesto di 0,90 x 2,2 m (tab. 8.3).

La prova è stata eseguita con il convogliatore per spargere il materiale organico nell'interfilare.

La velocità media di avanzamento (v_e) è stata rilevata avendo per riferimento la lunghezza del percorso ricoperto durante il tempo TE ($v_e = \text{Percorso}/TE$). E' stata calcolata la capacità operativa Co anziché la capacità reale Cr , sia perché in letteratura il dato diffuso è proprio quello della capacità operativa, sia perché i rilievi effettuati, essendo limitati a piccole superfici per volta, non hanno consentito l'emergere di tutte le fasi elementari in misura che sia possibile ottenerne un valore medio rappresentativo.

$$(Co = 0,36 \cdot le \cdot ve \cdot Ro) [ha h^{-1}]; (Ro) = TE \cdot TO^{-1}; TO = TE + TA.$$

Si è rilevata la fase di lavoro effettivo (distribuzione del letame) e delle voltate all'interno dell'appezzamento.

Tab. 8.2 - Conversione quantità da distribuire letame maturo/compost

Peso specifico letame maturo / compost (kg/m ³) = 450 - 650
Conversione = 25 t/ha = circa 55 - 38 m ³

Tab. 8.3 - Caratteristiche parcella vigneto

<i>Lunghezza filari</i>	m 75
Larghezza interfila	m 2
Filari	n. 30
Larghezza capezzagna	m 4

La macchina consente di effettuare con facilità le voltate all'interno dell'apprestamento anche quando i vigneti non presentano capezzagne molto larghe. Il cantiere inizia le sue operazioni in campo provvedendo al riempimento del vano di carico con il prodotto organico da distribuire. Per effettuare il riempimento la macchina procede a marcia indietro verso il cumulo di prodotto da caricare, che viene intercettato grazie alla forca posteriore a 7 denti. Ciascuno dei due rotori impiegati per la distribuzione, sovrastato dal proprio motore idraulico, è sostenuto da un braccio orizzontale e longitudinale ed ambedue i bracci sono incernierati ad una traversa in modo che, durante il carico, essi determinino una rotazione verso l'alto per consentire l'ingresso del prodotto, avvenuto il carico, i bracci che portano i due rotori palettati ruotano verso il basso. Le operazioni di distribuzione hanno inizio e i due rotori

distribuiscono il prodotto che viene gradualmente avvicinato ad essi grazie all'azione della piastra.

Dalle rilevazioni effettuate nel corso della distribuzione con lo spandicompost è stata misurata una velocità media di 1,2 m/s (transito tra i filari), il tempo unitario (che comprende i tempi di svolta, quelli connessi al riempimento del serbatoio e quelli devoluti alle regolazioni e alle cure) è risultato pari a 2,10 h/ha (tab.8.4).

Tab. 8.4. Prestazioni macchina

<i>Velocità di avanzamento</i>	1,2 (m/s)
Larghezza effettiva (di spargimento)	2 m
Capacità effettiva di lavoro	0,86 (ha/h)
Rendimento operativo del cantiere	0,50 (%)
Capacità operativa di lavoro	0,47 (ha/h)
Tempo unitario	2,10 (h/ha)
Velocità operativa	0,60 (m/s)



Fig. 8.5. Prova macchina spandicompost in vigneto

Il cantiere per caricare il prodotto impiega circa 25 s. Il tempo medio occorrente al cantiere per posizionarsi all'interno dell'appezzamento è stato rilevato durante le prove in circa 50 s (variabile in relazione all'avanzamento delle operazioni di distribuzione del prodotto), mentre il tempo occorrente alla macchina per la voltata è stato rilevato in media in 18 s.



Fig. 8.6 - Spandicompost - distributore localizzato posteriore e distributore laterale

8.5 Discussioni

I risultati delle prove con La macchina spandiletame-spandicompost evidenziano diversi vantaggi: è autocaricante, in quanto per essere caricato non necessita dell'ausilio di un'altra macchina. Nei cantieri tradizionali, invece, è necessario ricorrere ad una pala o ad una benna caricatrice, macchine che difficilmente sono presenti nell'azienda viticola. Vantaggi connessi, ma non secondari, riguardano la riduzione degli spazi di manovra e dei tempi di carico.

La portata pari a 1 m^3 di materiale può sembrare ridotta rispetto ai voluminosi carri da $4-8 \text{ m}^3$, tuttavia l'autocaricamento rende autonomo il cantiere e la semplicità di funzionamento rende improbabili i blocchi frequenti nelle macchine convenzionali a fondo mobile.

La macchina Spandicompost lavora in spazi ristretti; compatto e portato da trattatrici di dimensioni ridotte è una macchina facilmente manovrabile in spazi poco ampi. La pluralità delle macchine spandicompost in commercio non consente di operare in piccoli ambienti.

La macchina consente una fine regolazione della quantità di prodotto erogato, agendo sulla velocità di avanzamento del cantiere, di spinta del pannello evacuatore, di rotazione delle eliche; tale possibilità non ha riscontro nelle macchine tradizionali.

La regolazione della macchina consente di limitare la polverosità, adeguando l'energia impressa al prodotto alle sue caratteristiche e principalmente allo stato di umidità e alla presenza di particelle di polvere. In tal modo vengono limitati la deriva

e i fenomeni connessi (depositi di polveri). Nelle macchine centrifughe tradizionali l'energia impressa al prodotto è regolabile in maniera grossolana e non al punto da poter evitare il fenomeno di imbrattamento delle piante.

Il fertilizzante organico può inoltre essere localizzato lungo la fila, grazie ai convogliatori per la distribuzione laterale. Rimangono da verificare alcuni interventi a carico delle conformazioni dei convogliatori, i margini operativi che possono essere assicurati dai convogliatori per la distribuzione laterale e posteriore localizzata (fig. 8.6).

8.6 Conclusioni capitolo 8

La macchina “*Spandiletame-spandicompost autocaricante compatto con distributore a velocità variabile*” ha seguito un percorso sperimentale della durata di 12 mesi. Al termine della ricerca, che ha compreso prove in officina e in diversi ambiti operativi di campo (serra e vigneto), è stata definita la configurazione attuale della macchina, soprattutto per ciò che concerne la circuiteria e il dimensionamento dei profili. Si sono quindi svolte delle valutazioni sulle sagome dei convogliatori del prodotto in uscita, sulla regolazione dell'apparato di distribuzione e sulla uniformità della distribuzione. L'obiettivo delle prove, in particolare, era di verificare la rispondenza di diverse tipologie di convogliatori posteriori a diverse finalità di distribuzione del composto (posteriore/laterale – sulla fila/a ventaglio). Grazie alla sua compattezza lo spandimento del compost può essere attuato con facilità, dosando il materiale con sufficiente precisione (per la fine regolazione della velocità dei rotori), risparmiando sui tempi e sui costi del cantiere di caricamento (perché autocaricante), coprendo anche la superficie del filare (grazie alla distribuzione centrifuga), riducendo grandemente le cause di blocco dell'apparato distributore (per la semplicità del funzionamento), rendendo agevoli e rapide le eventuali riparazioni (non occorre raggiungere alcun nastro trasportatore sovrastato dal prodotto, come invece accade nelle macchine convenzionali). La macchina *Spandiletame-spandicompost* lavora in spazi ristretti; infatti, in quanto compatto e portato da trattrici di dimensioni ridotte, è una macchina facilmente manovrabile nei vigneti ad alta densità d'impianto e a tendone. La regolazione della quantità di prodotto erogato viene ottenuta agendo sulla velocità di avanzamento del cantiere, di spinta del

pannello evacuatore, di rotazione delle eliche; tali possibilità, che non hanno riscontro nelle macchine tradizionali, appare in grado di distribuire il prodotto voluto.

La semplicità di funzionamento e l'autocaricamento si sono rivelate due soluzioni determinanti per migliorare l'efficienza del cantiere e rendere, quindi, questa macchina adeguata alle aziende che si avvantaggiano della fertilizzazione organica.

Il localizzatore laterale per vigneto, sviluppato in seguito ai risultati ottenuti dall'indagine sul fabbisogno di macchine innovative, è tutt'ora in corso di ottimizzazione.

CAPITOLO 9

PORTALE SCAVALLANTE MULTIFUNZIONE TRAINATO

9.1 Premessa

I sopralluoghi effettuati nel corso dell'indagine di cui è stato riferito nel capitolo 4, hanno evidenziato un forte interesse nei confronti della vite allevata ad alberello da parte degli operatori.

Tuttavia, l'assenza di una meccanizzazione specifica e un deciso orientamento verso la quantità del prodotto indusse, già 50 anni addietro, alla sostituzione di questi impianti con sistemi a tendone; poi, segno di un ritorno verso la qualità e permanendo l'assenza di macchine studiate per l'alberello, questi furono sostituiti, dalle spalliere.

Il forte e crescente interesse verso l'alberello ha indotto alcuni imprenditori ad effettuare modifiche all'impianto finalizzate all'impiego di macchine. Pertanto, oltre a vigneti impiantati ad alberello con filari ravvicinati e piante allevate in maniera bidimensionale ("alberello appoggiato"), si riscontrano anche impianti con interfile idonee al transito di comuni motrici a carreggiata stretta, che hanno aperto nuove prospettive alla studio di soluzioni meccaniche idonee a tale forma di allevamento.

Prendendo spunto da un pre-prototipo artigianale è stato sviluppato un telaio portattrezzi "*Portale scavallante multifunzione trainato*"¹ e le prove di campo hanno evidenziato la possibilità di pervenire ad una efficace meccanizzazione dei vigneti allevati ad alberello (Schillaci *et al.*, 2008).

La ricerca si è conclusa con la realizzazione della macchina preindustriale denominata "*Portale scavallante multifunzione*" per la gestione meccanizzata delle operazioni colturali ricorrenti nella coltivazione della vite ad alberello.

¹ Il progetto è stato approvato dall'Enama nel 2009 nell'ambito del bando sullo sviluppo di macchine innovative. Con le risorse rese in tal modo disponibili, la ditta costruttrice FA.MA (MN) ha realizzato la macchina innovativa con la consulenza scientifica e con il coordinamento del Dipartimento Ge.S.A. Sezione Meccanica dell'Università di Catania e del CRA-ING di Treviglio (BG).

9.2 La meccanizzazione dell'alberello

I maggiori ostacoli alla meccanizzazione della vite ad alberello, nella tipologia a vaso, sono legati alla forma in volume, alla difficoltà di “palizzare” la chioma ricadente verso terra, alla ridotta distanza tra le file e anche sulla fila.

Per risolvere alcuni di questi inconvenienti, taluni hanno adottato una forma a parete (bidimensionale) allevando due branche parallele al filare e appoggiandole su un filo sostenuto da corti pali di sostegno. L'alberello è stato così trasformato in una forma a parete. In questo caso l'alberello può essere gestito come una spalliera, ma la vicinanza dei ceppi sulla fila e le branche vicine al terreno non consentono l'utilizzo di macchine operatrici tradizionali.

Le macchine agricole progettate per vigneti a ceppo basso e ad alta densità sono rappresentate principalmente da semoventi scavallanti con tre organi di sostegno (cingoli o ruote) a conduzione centrale, dotate di diversi utensili e attrezzi. Gli svantaggi di queste macchine sono legati all'elevato costo, all'ingombro, all'impiego di attrezzature dedicate e pertanto costose e non facilmente reperibili.

Negli impianti ad alberello la larghezza dell'interfila, ove superiore a 1,80 m, consente di utilizzare operatrici trainate o portate da una comune trattrice agricola per la lavorazione del terreno e per la distribuzione degli agrofarmaci (*Schillaci et al*, 2009). La lavorazione sulla fila viene effettuata con l'ausilio di decespugliatori spalleggiati o motozappe, mentre potatura invernale, legatura e cimature sono effettuate manualmente.

Esempi di macchine operatrici compatte e trainate vengono usate in Spagna ma solo per la prepotatura della vite “en vaso” (Martínez de Toda, Tardáguila, 2003).

Una soluzione interessante è pervenuta da un'esperienza costruttiva (Schillaci, 2009) realizzata sulla base di un'idea di un viticoltore della Sicilia sud-orientale della Sicilia, costituita da un telaio portattrezzi artigianale equipaggiato con utensili di comune reperimento.

9.3 Pre-Prototipo iniziale

Il pre-prototipo che si è preso come riferimento per sviluppare la macchina innovativa è costituito da un telaio portattrezzi (tab 9.1), progettato per lavorare a

cavallo dei filari, trainato da una trattrice convenzionale in vigneti con interfila adeguata e che può supportare attrezzi e operatrici di facile reperibilità.

Realizzato presso un'officina locale, esso consiste in un portale (fig. 9.1) costituito da profilati in acciaio, sostenuto da due ruote pneumatiche, dotato di attrezzi di reperimento commerciale per la cimatura, il diserbo e la distribuzione degli fitofarmaci, oltre ad un utensile costruito artigianalmente per l'esecuzione del trattamento antibiottrico. Tutte le attrezzature vengono montate sul telaio portante di volta in volta in base all'operazione da eseguire.

Tab. 9.1 – Pre-prototipo di telaio portattrezzi multifunzione

Caratteristiche tecniche		
Ingombro trasversale	(m)	1,60
Ingombro longitudinale	(m)	0,95
Luce libera da terra (escluse ruote)	(m)	1,40
Altezza castelletto di rinforzo	(m)	1,80
Carreggiata	(m)	2,20
Capacità serbatoio	(L)	300
Potenza del trattore	(kW)	65



Fig. 9.1 – Il pre-prototipo di telaio scavallante

L'apparato di distribuzione è stato oggetto, tra l'altro, di una prova d'intervento localizzato effettuato con antibotritico. Il dispositivo localizzatore pur promettente non è stato sino ad oggi oggetto di implementazione (fig. 9.2).

Il serbatoio per la miscela è rappresentato da un contenitore in resina di forma cilindrica, della capacità di 300 L, alloggiato in un castelletto applicato al montante sinistro del telaio.



Fig. 9.2 Dispositivo localizzatore artigianale per irrorazione parte produttiva.

9.4 Azioni svolte durante lo sviluppo della macchina

La realizzazione della macchina ha attraversato 3 fasi in parte dinamicamente sovrapposte:

- 9.4.1 Prove di funzionalità del pre-prototipo
- 9.4.2 Revisione del prototipo e configurazione attuale
- 9.4.3 Verifiche di funzionalità in campo

9.4.1 Prove di funzionalità del pre-prototipo

Nella fase preliminare di studio sono state valutate la funzionalità e le prestazioni. Pur con diverso grado di approfondimento le prove preliminari hanno riguardato la cimatura e la distribuzione localizzata dei fitofarmaci antibotritici. Infatti, all'epoca non era stato possibile predisporre efficacemente il telaio per il montaggio di dispositivi idonei alla lavorazione del terreno. Per le stesse ragioni non era stato possibile effettuare prove di irrorazione della chioma.

Le operazioni di **cimatura meccanica** sono state eseguite lasciando almeno 8 foglie sopra il grappolo, ad una velocità di avanzamento media di $1,2 \text{ m s}^{-1}$ ($4,6 \text{ km h}^{-1}$) e tempi di lavoro pari a $1,1 \text{ h ha}^{-1}$. La velocità è stata regolata in modo da evitare il ripiegamento della vegetazione all'indietro durante il taglio.

I risultati ottenuti hanno garantito la tempestività dell'intervento e una buona qualità del taglio, evidenziata dall'assenza di indesiderate sfibrature e di speroni scosciati.

La cimatura meccanica dell'alberello è stata confrontata con l'"ammazzonatura" (pratica eseguita tradizionalmente dai viticoltori per sopprimere la dominanza apicale dei germogli), non solo sul piano dell'impiego di manodopera, ma anche in relazione all'effetto sulla qualità delle uve.

La prova è stata condotta su due vigneti allevati ad alberello, appartenenti ai vitigni Syrah e Nero d'Avola, nei quali sono state messe a confronto due tesi: filari cimati e filari sottoposti a "ammazzonatura".

La produttività del cantiere "lavoro manuale" è stata misurata durante un arco di un'intera giornata per considerare gli effetti dell'affaticamento fisico. Il risultato qualitativo del lavoro è stato determinato osservando i germogli potati e con analisi qualitative sulle uve di 30 piante per ciascuna tesi. I parametri considerati sono stati: peso medio grappoli/ceppo, peso medio acino, grado zuccherino, pH, acidità totale, contenuto in polifenoli.

Sul piano della qualità del prodotto, anche se non è stato possibile condurre una analisi statistica, sembra poter affermare che nel confronto tra cimatura e ammazzonatura la valutazione qualitativa eseguita sulle uve a maturità non abbia evidenziato differenze di rilievo tra le tesi osservate (tab. 9.2).

Non è stato possibile effettuare prove sperimentali sulla microvinificazione, tuttavia a detta di esperti enologi aziendali il vino ottenuto nel 2010 da viti cimato avrebbe mostrato differenze positive, tanto che il viticoltore ha introdotto stabilmente la cimatura meccanica nel protocollo aziendale al posto della "ammazzonatura".

Si ritiene pertanto che sia cosa possibile sostituire l'ammazzonatura, che richiede ingenti quantità di manodopera (50 h/ha).

Tab. 9.2. Cimatura con pre-prototipo - produzioni e caratteristiche uva alla vendemmia

Parametri	Vigneto A Syrah vendemmia 26/08/2008		Vigneto B Nero d'Avola vendemmia 10/09/2008	
	Tesi 1 cimato	Tesi 2 ammazzonato	Tesi 1 cimato	Tesi 2 ammazzonato
	Produzione (kg/ceppo)	1,66	1,43	1,96
Peso medio grappolo (g)	187	172	244	248
Peso medio dell'acino	1,7	1,6	2,20	2,20
Zuccheri (° Brix)	24,6	24,7	25,2	25,8
Acidità titolabile (g/l)	4,5	4,5	4,6	4,9
pH	3,9	3,9	3,8	3,8
Antociani totali (mg/kg)	1042,33	957,11	523,67	631,96
Flavonoli totali (mg/kg)	2902,81	2867,65	1914,68	2019,27

9.4.2 Revisione del pre-prototipo e configurazione attuale

Il telaio

Poiché i risultati ottenuti sono stati ritenuti incoraggianti, il progetto di sviluppo del prototipo è stato presentato al bando macchine innovative ENAMA 2009 ed in seguito al successo della proposta il portale è stato interamente riprogettato e ridimensionato nei pesi, misure e sezioni rispetto al pre-prototipo iniziale (fig. 9.3).

Nella prima fase della progettazione si è pervenuti, provando diverse configurazioni, ad un telaio realizzato con profilati di ferro quadro di dimensioni 80x80x5 e 60x60x3 ed ancora 60x60x4, che è stato poi alzato di 50 cm rispetto al modello iniziale per potere applicare una irroratrice a tunnel con misure standard e reperito in commercio.

**Fig. 9.3–** Il Prototipo Portale Scavallante Trainato

La versione attuale è costituita dal telaio in acciaio che in pianta si presenta rettangolare (1,80 m x 0,95 m), con carreggiata di 2,24 m, luce libera da terra 2,24 m e altezza massima di 2,61 m (tab. 9.3, fig. 9.4). Il telaio è stato dotato di due ruote pneumatiche, scelte tra diverse tipologie, al fine di pervenire alla più idonea combinazione per sostenere il telaio e permetterne la trazione su terreno.

La quota di lavoro può essere variata di circa 0,2 m agendo sui pistoni montati su ciascuna ruota.

La barra di traino è stata dotata di snodo e di un pistone idraulico in grado di mantenere il telaio nella traiettoria voluta anche nei terreni declivi e/o cedevoli e di rendere la svolta a fine filare agevole anche in spazi ristretti (fig. 9.5).

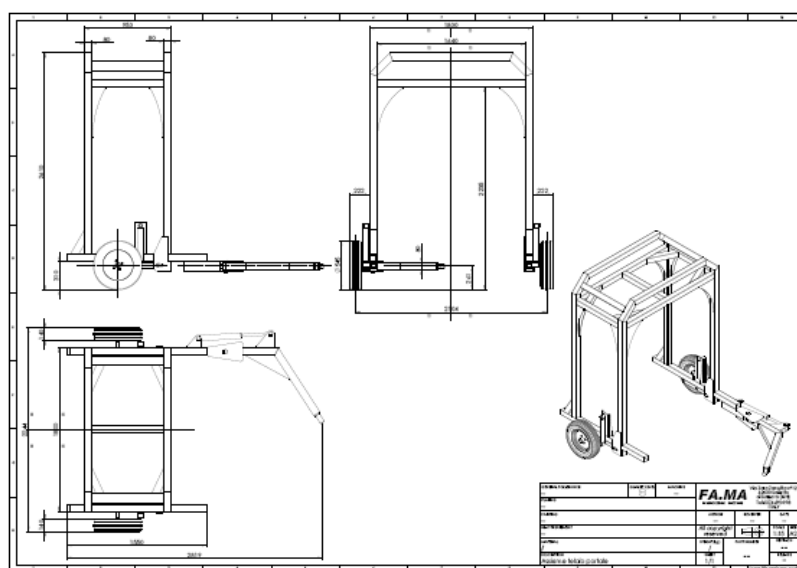


Fig.9.4 Disegno della struttura del telaio

Tab. 9.3 – Caratteristiche tecniche Portale

<i>Portale scavatore multifunzione - caratteristiche tecniche</i>		
Ingombro trasversale (comprese ruote)	(m)	2,24
Ingombro trasversale telaio (escluso ruote)	(m)	1,80
Ingombro longitudinale telaio	(m)	1,55
Luce libera da terra (comprese ruote)	(m)	2,24
Carreggiata	(m)	2,10
Altezza massima	(m)	2,61
Capacità serbatoio	(L)	500
Potenza richiesta del trattore	(kW)	65

La macchina è equipaggiata di supporti per l'applicazione dei sistemi meccanici, di una pompa a membrana a media pressione (2 MPa), di un serbatoio supplementare per l'olio idraulico e dei componenti oleodinamici. La rete oleodinamica è composta da un serbatoio da 100 litri, una pompa di portata e pressione adeguate ed il distributore oleodinamico.

È stato allestito un telaio portato dall'attacco a tre punti per la pompa a membrana e per la centralina idraulica; nell'assetto attuale sul telaio grava anche il serbatoio della miscela fitoiatrice, serbatoio che in una fase intermedia era stato alloggiato in cima al portale in un apposito castelletto (fig.9.6). Nello stesso telaio sono stati poi aggiunti n°2 scambiatori della portata nominale di 2720 m³/h ed è stata allestita la rete per l'alimentazione elettrica del portale e la raccorderia idraulica.

Un joystick alloggiato in cabina comanda il movimento degli attrezzi.

Una coppia di tastatori idraulici (fig. 9.7) sono stati collocati nella parte anteriore del portale, accorgimento che consente di mantenere la macchina a cavallo del filare con interventi minimi e occasionali da parte del conducente.

La struttura portante è stata dotata di un controtelaio per facilitare l'aggancio/sgancio delle attrezzature alla macchina.

Il portale scavallatore funge da telaio portattrezzi e pertanto possono essere applicati i più comuni utensili e attrezzi utili allo svolgimento delle operazioni colturali.

Tutte le parti costituenti la struttura portante della macchina sono state rifinite attraverso la verniciatura in verde e in nero.



Fig. 9.5 – Barra di traino con pistone idraulico in grado di mantenere il telaio nella traiettoria voluta



Fig. 9.6 – Portale scavallante multifunzione con gruppo di alimentazione: foto sx con coppia di rotofrese (I allestimento, con serbatoio nella sommità) foto dx con tunnel



Fig.9.7 - I tastatori posti frontalmente al telaio

Equipaggiamento

Il portale scavallatore è stato equipaggiato con alcune attrezzature utili allo svolgimento delle azioni colturali più comuni nei vigneto. Le attrezzature sono state scelte tra quelle facilmente reperibili in commercio per contenere i costi in questa fase di realizzazione.

La scelta delle soluzioni tecniche è stata effettuata tenendo conto della forma delle viti ad alberello (chioma espansa, ceppo basso, vegetazione vicino al suolo), dell'impiego di utensili di reperimento commerciale affidabili, poco complessi e diffusi, della stabilità, sicurezza e flessibilità di utilizzo del mezzo.

Per la cimatura sono state applicate le barre falcianti laterali e la barra per il topping (fig. 9.8) , tutte dotate di distanza da filare e angolo di lavoro regolabili.

Per la lavorazione del terreno viene applicata al portale una coppia di zappatrici rotanti interceppo (fig. 9.9) costituite da un piatto circolare che protegge 3 lame ricurve nella parte sottostante, portate da un rotore ad asse verticale e rientro automatico a contatto con il ceppo. Le zappatrici sono state montate in modo da operare a cavallo del filare e sfalsate fra loro (una precede l'altra di circa 0,5m) quanto basta per garantire la sovrapposizione fra le fasce lavorate da ciascuna rotofresa e per ottenere un rapido ed efficace rientro in posizione di partenza. Il movimento di tali apparati, regolato dai tastatori, è permesso da 2 pistoni fissati alla struttura portante.

Per la distribuzione dei fitofarmaci è stato adattato il sistema a tunnel dotato di captazione e recupero del liquido rilasciato fuori bersaglio (fig. 9.10, fig. 9.11). È stata scelta questa soluzione in quanto limita le dispersioni di sostanze attive che si verificano durante i trattamenti (Planas et al., 2002; Baldoïn et al., 2005), con conseguente contenimento della deriva. Il dispositivo può consentire un recupero del liquido irrorato anche del 50% rispetto a quello complessivamente distribuito (Ade *et al.* 2005, Baldoïn *et al.* 2009, Pergher *et al.* 2007, 2009); inoltre, può essere facilmente montato su macchine portattrezzi e ben si adatta alla meccanizzazione delle viti disposte a filari.

Il sistema a tunnel scelto come unità di trattamento è stato individuato tra le poche soluzioni disponibili in commercio. Il tunnel, piuttosto semplice nelle componenti, completo di pompa a membrane, sistema di controllo della pressione e regolazione degli schermi, è commercializzato dalla ditta LIPCO (Germania) come "Tunnel Sprayer Conversion Set TSG-U" specificamente per la difesa della vite e di altre colture a parete. La macchina è composta da due schermi, ciascuno dei quali presenta inferiormente una vaschetta per la raccolta del liquido intercettato, dotata di griglia e circondata da una guaina flessibile in materiale plastico. All'interno della vaschetta è presente un tubo Venturi che invia il prodotto recuperato al serbatoio principale. Il tubo Venturi opera grazie a un'apposita condotta alimentata sempre dalla pompa principale dell'irroratrice.

Le due pareti verticali sono collegate nella parte superiore da una copertura flessibile che impedisce la dispersione verticale del liquido irrorato. Ciascuna parete ha una larghezza di 1.25 m e un'altezza di 2.20 m e reca al suo interno una semi-barra

verticale equipaggiata di serie con 5 ugelli a ventaglio fan ALBUZ con un angolo di spruzzo di 80°. La distanza fra le pareti è regolabile da 0.20 a 1.10 m mediante l'azionamento di un pistone idraulico allo scopo di adattare la larghezza del tunnel allo spessore della vegetazione.

Profonde modifiche hanno riguardato la tipologia, l'alloggiamento e la circuiteria del serbatoio della miscela dei fitofarmaci. Nella configurazione attuale esso è in resina, della capacità di 500 L, ed è stato collocato su una piattaforma alloggiata sul sollevatore idraulico della trattrice, sulla quale è alloggiata anche la pompa dell'irroratrice; tali modifiche hanno comportato un accorciamento e una forte semplificazione delle circuiterie di servizio (fig. 9.12).

La pompa a membrana, collegata ad esso, assorbe 4,0 kW alla massima rotazione e pressione (20 bar), ha un range di velocità di rotazione compreso tra 400 e 550 giri min^{-1} ; essa è attivata da una centralina di comando ed è stata installata tramite un apposito kit di fissaggio.

Il telaio permette di abbassare il tunnel fino a sfiorare la superficie del terreno, favorendo l'irrorazione della vegetazione più vicina al suolo.

Le attrezzature di equipaggiamento del portale sono state dotate di supporti e di cavalletti di appoggio per il ricovero.

Altri interventi colturali possono essere effettuati e a tal fine la macchina è predisposta per montare scalzatori, falcia-trinciatrici, prepotatrice a dischi, spollonatrice, defogliatrice, barre diserbanti, che verranno sottoposti a prove per valutarne la funzionalità.



Fig. 9.8 – Applicazioni al telaio: Barre cimatrici



Fig. 9.9 - Applicazioni al telaio: coppia di zappatrici interceppo



Fig. 9.10 – Sistema di distribuzione a tunnel e sue componenti: pareti captanti, barra portagelli e vaschetta di recupero.



Fig. 9.13 – Prove in campo con irroratrice a tunnel



Fig. 9.12 – Modifiche apportate per alloggiamento e posizione serbatoio per la miscela fitoiatrica (foto sx I allestimento, foto dx allestimento attuale).



Fig. 9.13 - Cimatura con il Portale scavallante multifunzione in vigneto ad alberello

9.4.3 Verifiche di funzionalità in campo

Le prove

Prescindendo dalle prove effettuate in officina per la messa a punto della macchina, una prima serie di prove preliminari sono state effettuate in un vigneto a spalliera bassa, per verificare il comportamento e la stabilità del telaio e per una prima messa a punto degli attrezzi.

A partire dall'autunno del 2010 i rilievi sperimentali della macchina in campo hanno riguardato la funzionalità del portale e delle operatrici di volta in volta

applicati al portale stesso. Sono state oggetto di valutazione le lavorazioni del terreno lungo la fila e la cimatura (fig. 9.12); particolare attenzione è stata rivolta alle prove funzionali dell'apparato di distribuzione dei fitofarmaci.

L'azienda che ha ospitato il programma di ricerca è ubicata in contrada Zisola, comune di Noto. La SAU aziendale coltivata a vigneto è estesa 21 ha. La forma di allevamento prevalente è l'alberello; le cultivar sono: Nero d'Avola (65%), Syrah (20%), e altri (Petit verdot, Cabernet sauvignon, Tannat). Il vigneto è caratterizzato da viti impalcate a circa 0,30-0,40 m da terra in ottimo stato vegeto produttivo (fig. 9.13).



Fig. 9.13 – Vigneti ad alberello dove si sono svolte le prove con il telaio.

Aspetti metodologici

Sono state rilevate le procedure e le modalità con cui il lavoro viene svolto, nonché le caratteristiche tecniche delle attrezzature utilizzate.

Il tempo complessivo di lavoro è stato scomposto in fasi elementari, eseguendo l'analisi dei tempi delle singole fasi (secondo i criteri C.I.O.S.T.A. e seguendo le raccomandazioni A.I.G.R., oggi AIIA). Sono stati successivamente calcolati la capacità di lavoro della macchina e il tempo unitario. Sono state calcolate la capacità operativa e la superficie dominabile, riferendo il periodo utile e il periodo disponibile alle risultanze dei rilievi svolti nell'ambito della cimatura e della lavorazione sulla fila. La scelta della capacità operativa Co^2 anziché la capacità reale Cr , dal fatto che i

² ($Co = 0,36 \cdot l \cdot v_e \cdot Ro$) [ha/h]; (Ro) = $TE \cdot TO^{-1}$; $TO = TE + TA$.

rilievi effettuati, essendo limitati a piccole superfici per volta, non consentono l'emergere di tutte le fasi elementari in misura che sia possibile ottenerne un valore medio rappresentativo.

I risultati

Lavorazione interceppo. Il complesso di erpicatura interceppo, rappresentato da una coppia di “rotofrese” che in posizione opposta l'una all'altra e sfalsate fra loro operano simultaneamente ai due lati del filare di vite, ha consentito di lavorare in continuo, con interventi sporadici del conducente per la correzione della traiettoria e interessando tutta la striscia del terreno sotto la chioma del filare (fig. 9.14). L'insieme dei dispositivi e degli accorgimenti, costituito dalla coppia di tastatori idraulici montati anteriormente al telaio, dai tastatori in dotazione alle rotofrese, nonché dallo sfalsamento di queste ultime, ha consentito un lavoro completo del filare a velocità regolare e senza particolare impegno da parte del conducente (fig. 9.15). Nelle prove effettuate la larghezza di lavorazione rilevata è stata di circa 1,1 -1,2 m, con profondità di lavoro di circa 0,1 -0,15 m. La macchina ha operato con una velocità media di avanzamento pari a $0,7 \text{ m s}^{-1}$ rilevando un tempo di lavoro di $1,9 \text{ h ha}^{-1}$. La lavorazione si è presentata irregolare soltanto in caso di ceppi fortemente inclinati o di branche particolarmente vicine al terreno.

Cimatura. Le operazioni di cimatura sono state condotte con le barre falcianti laterali e la barra per il topping, tutte a taglio rettilineo a riscontro (fig. 9.16). Le piante sono state sottoposte a due cimature la prima durante la fase fenologica BBCH 68 (inizio allegazione), la seconda durante la fase fenologica BBCH 73 (Ingrossamento acini), dopo la legatura dei germogli al tutore. Si è operato con una velocità media di $1,2 \text{ m s}^{-1}$ ($4,6 \text{ km h}^{-1}$) e con tempi di lavoro pari a $1,1 \text{ h ha}^{-1}$. La cimatura ha garantito una buona uniformità di taglio della vegetazione e non ha causato sfibrature ai tralci (dovute al trascinarsi della vegetazione nel caso di velocità eccessive). L'ampiezza e l'altezza di lavoro delle barre è stata regolata per assicurare almeno 8 foglie sopra il grappolo, come stabilito dagli obiettivi agronomici. Non sono state ripetute le analisi qualitative della produzione, effettuate nel primo ciclo di prove; la cimatura meccanica di fatto è pratica ormai acquisita

dall'azienda e approvata dagli enologi aziendali per la qualità del prodotto e dal conduttore per i forti risparmi economici e le notevoli semplificazioni organizzative.

Allineamento automatico e cambiamento di direzione. La coppia di tastatori posizionati anteriormente al telaio si sono dimostrati efficaci nel mantenere il portale allineato lungo il filare. Infatti, grazie ad essi, il conducente può limitarsi a procedere con una traiettoria regolare fino alla capezzagna opposta. L'efficienza del dispositivo è dimostrata dalla velocità di avanzamento costante, dall'assenza di interruzioni di marcia e dal livello molto basso di impegno percepito dal conducente.

Giunti alla capezzagna, il complesso costituito dai due tastatori anteriori e dal timone dotato di snodo e pistone idraulico ha dimostrato di essere in grado di far proseguire il telaio allineato lungo il filare anche dopo che la trattrice ha ingaggiato la svolta e, perciò, di lavorare in maniera ottimale anche le piante terminali del filare (fig. 9.17).



Fig. 9.14 – Prova in campo con portale e “rotofrese”



Fig. 9.15 - Lavorazione terreno con interceppo.



Fig. 9.16 – Cimatura



Fig. 9.17 – Manovre del portale mentre esegue la cimatura.

Attività sperimentale - Distribuzione di fitofarmaci.

Con l'irroratrice a tunnel sono state svolte prove sia statiche che in pieno campo, finalizzate a valutare l'efficienza di recupero sia in assenza che in presenza di vegetazione. Con le prove in campo si sono anche acquisite le prime informazioni sulla bagnatura fogliare e sulle perdite a terra, valutate tramite cartine idrosensibili.

Materiali e metodi

Le prove sono state condotte su un appezzamento vigneto impiantato a cv *Syrah* (6 anni d'età), fase fenologica 71 della scala BBCH (inizio allegagione) (Fig. 9.18).



Fig.9.18 - Vigneto sede delle prove di distribuzione con tunnel

Prima dei trattamenti in campo si è provveduto ad eseguire alcune misure geometriche sulle piante così da poter riferire la percentuale di recupero della macchina allo stato di sviluppo della vegetazione. In particolare, sono stati misurati su otto piante l'altezza della vegetazione e il suo spessore in corrispondenza della zona dei grappoli e della zona di legatura. Inoltre, per avere una stima dell'indice di area fogliare (*LAI*), sono stati contati il numero di tralci per vite e il numero di foglie per tralcio.

Al fine di poter misurare i volumi d'acqua erogati dagli ugelli e quelli intercettati dagli schermi, si sono utilizzati due dispositivi contalitri con la precisione del decimo di litro, il primo inserito nella condotta di mandata agli ugelli, il secondo nella condotta di mandata del tubo Venturi. Il liquido in uscita dal tubo Venturi, pari a quello in mandata più quello intercettato dagli schermi, è stato raccolto in due serbatoi ausiliari della capacità di circa 25 L ciascuno.

Le prove statiche sono state condotte variando la distanza fra le pareti captanti, la pressione di lavoro e il numero di ugelli aperti, al fine di valutare come queste grandezze influenzano la capacità di recupero della macchina.

Precisamente, si sono considerate le seguenti condizioni di prova, ricadenti fra quelle normalmente scelte in azienda per l'esecuzione dei trattamenti:

- distanza fra le pareti: 90 cm e 110 cm;
- pressione di lavoro: 5 bar e 6 bar;
- numero di ugelli aperti per lato: 2, 3, e 4.

Per ogni configurazione sono state condotte quattro ripetizioni, per un totale di 36 misure. La macchina è stata regolata scegliendo una la configurazione con quattro ugelli aperti per lato, pressione di 6 bar e distanza fra gli schermi di 110 cm. Tutte le prove, statiche e in campo, sono state eseguite utilizzando solamente acqua.

Per rilevare la bagnatura fogliare e le perdite a terra si è fatto uso di cartine idrosensibili applicate su tre piante, in numero di sedici per pianta. Esse sono state applicate su due livelli di altezza (Alto: in prossimità della zona di legatura dei tralci, a circa 1 m da terra, Basso: nella zona dei grappoli, a circa 0.6 m da terra), sui quattro “lati” della pianta (Nord e Sud lungo la fila, Est e Ovest nell’interfila) e, per ogni posizione, sulle due pagine fogliari (Fig. 9.18). Quattro cartine sono state poste, inoltre, a terra all’interno di capsule *Petri* in corrispondenza della fila e dell’interfila.

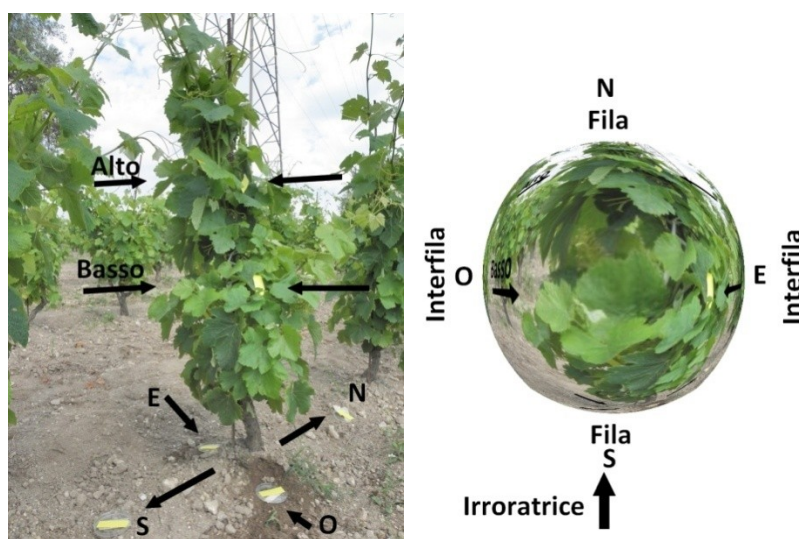


Fig. 9.19 - Schema per il posizionamento delle cartine

Acquisizione ed analisi dei dati

La percentuale R di liquido intercettata dagli schermi rispetto a quella erogata è stata calcolata in accordo alla relazione:

$$R\% = \frac{V_r}{V_e} 100,$$

essendo V_r e V_e rispettivamente il volume recuperato dagli schermi e quello erogato dagli ugelli. Il volume V_e è stato calcolato, per ogni ripetizione, come differenza fra la lettura finale e la lettura iniziale fornita dal contalitri inserito nel circuito di mandata agli ugelli. Il volume V_r è stato invece calcolato per differenza fra

il volume complessivamente raccolto nei due serbatoi ausiliari e quello transitato nel circuito di mandata al tubo Venturi, a sua volta determinato sulla base delle letture fornite dall'altro contaltri. I valori di recupero sono stati analizzati statisticamente tramite analisi di varianza per evidenziare la loro variazione rispetto ai parametri di prova.

Per quanto riguarda le cartine idrosensibili, si è preventivamente acquisita la loro immagine con una risoluzione di 1200 dpi tramite scanner piano e poi la si è analizzata tramite il software *open source ImageJ* (Abramoff *et al.*, 2004) per valutare la percentuale di superficie coperta dalle impronte rispetto a quella complessiva.

Tutte le elaborazioni e le rappresentazioni grafiche dei risultati sono state eseguite con il software *open source R* (R Development Core Team, 2009).

Risultati e discussione

Tempi di lavoro

Il sistema a tunnel, al pari degli altri attrezzi, è stato applicato al telaio. L'operazione di montaggio ha richiesto circa 30 minuti. La macchina trainata da una trattrice 4RM dotata di cabina, 55 kW di potenza, ha operato ad una velocità di 4,4 km/h su campi lunghi circa 135 m, con una capacità di lavoro (C_e) di 0,88 ha/h.

Tenendo conto della portata complessiva agli ugelli (8.16 L/min) e della velocità di avanzamento (1.28 m/s), il volume erogato è corrisposto mediamente a 533 L/ha.

Caratteristiche delle piante

L'altezza media delle piante è stata pari a 1.4 m, lo spessore della vegetazione nella zona dei grappoli pari a 0.5 m, quello nella zona di legatura pari a 0.3 m. Ogni pianta portava mediamente 7 tralci e ogni tralcio, lungo 1.2 m, circa 23 foglie. Facendo uso dello scanner e del software *ImageJ*, si è stimata la superficie fogliare di ogni pianta sulla base di un campionamento di 115 foglie e si è calcolato un indice di area fogliare pari a $0.73 \text{ m}^2/\text{m}^2$.

Prove statiche

Il recupero medio, considerando tutte le condizioni di prova e tutte le ripetizioni, è risultato pari al 44.5%, con un minimo di 4.0% e un massimo di 82.7%

(Fig. 9.19). L'istogramma mostra che i valori sono maggiormente concentrati fra il 40% e il 60%. D'altra parte, il primo quartile è risultato pari a 34.5%, il terzo quartile pari al 55.5%, per cui fra questi due valori ricade la metà dei dati raccolti.

Per quanto riguarda la pressione (fig. 9.20), il suo incremento da 5 a 6 bar ha favorito il recupero, che è passato dal 42.2% al 45.6%. La variazione non è stata tuttavia statisticamente significativa ($p = 0.545$). Il valore di recupero leggermente più elevato misurato con la pressione più alta è da attribuire alla maggiore energia posseduta dal getto in uscita dagli ugelli, che così può raggiungere più facilmente la parete opposta. I valori misurati a 5 bar hanno inoltre presentato un più ampio *range* di variazione, forse anche a seguito della diversa interferenza fra i getti erogati dalle due semibarre.

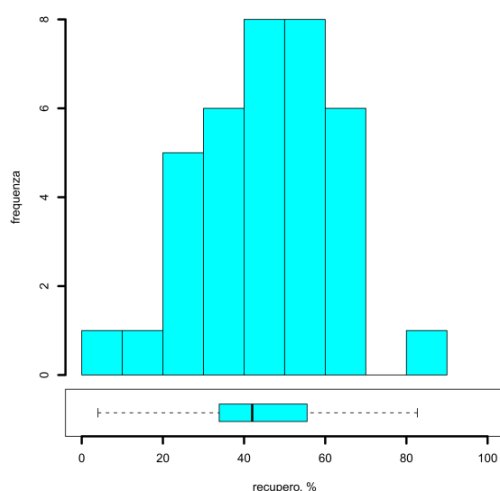


Fig. 9.20 Distribuzione dei valori di recupero.

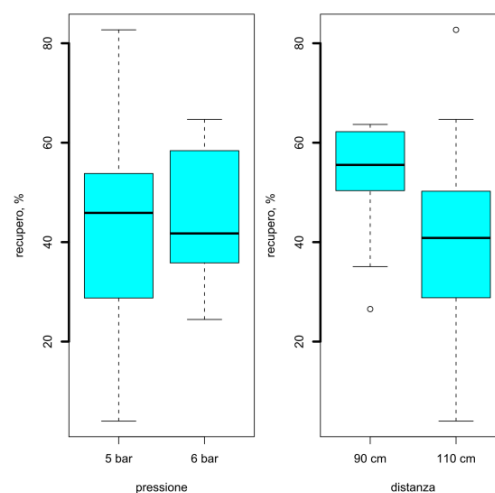


Fig. 9.21 Box-plot dei valori di recupero in funzione della pressione e della distanza fra gli schermi

L'effetto della distanza fra le paratie (fig. 9.21) è invece risultato statisticamente significativo per $p = 0.022$. Il recupero è stato pari al 53.3% con le paratie distanti 90 cm e pari al 40.1% con le paratie distanti 110 cm. Aumentare la distanza fra le paratie influenza dunque negativamente l'azione di recupero, per cui in campo, sebbene la presenza delle piante interferisca con i getti, la macchina dovrebbe essere adoperata con la minima distanza possibile fra gli schermi, compatibilmente con le dimensioni della vegetazione. All'aumentare della distanza fra gli schermi, inoltre, aumenta il *range* di variazione dei valori misurati.

L'influenza del numero di ugelli aperti (fig. 9.22), infine, non è stata statisticamente significativa ($p = 0.741$). Il valore più elevato (47.3%) è stato misurato con quattro ugelli aperti, il più basso (42.7%) con tre.

Esaminando le singole condizioni di prova, si sono ottenuti i valori di recupero riportati nel diagramma di Figura 9.23. Da essa emerge che, a parità di pressione (6 bar), il recupero è sempre maggiore quando la distanza fra gli schermi è minore, qualunque sia il numero di ugelli aperti, mentre a parità di distanza (110 cm) non si ha una tendenza univoca al variare della pressione e del numero di ugelli aperti.

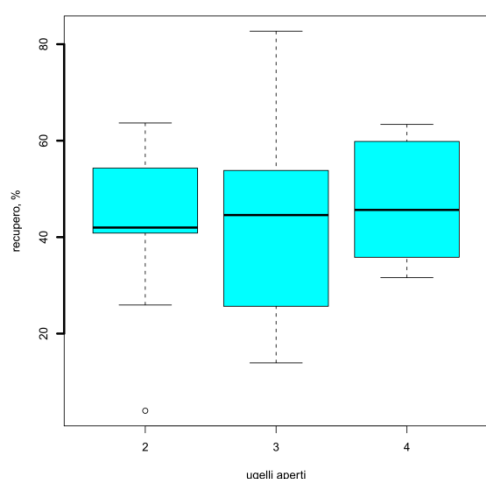


Fig. 9.22. Box-plot dei valori di recupero in funzione del numero di ugelli aperti.

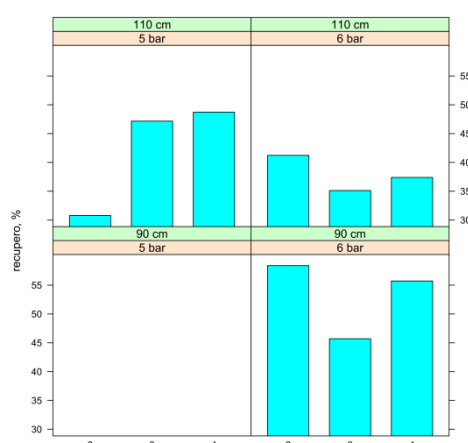


Fig. 9.23. Valori di recupero in funzione di tutti i parametri analizzati.

Prove in campo

L'entità del recupero misurato nelle quattro ripetizioni è variata dal 36.9% al 52.5%, con una media del 45.5%. Questi primi risultati, seppur parziali e bisognosi di integrazioni, indicano che, nelle condizioni vegetative in cui si trovava il vigneto al momento delle prove, quasi la metà del prodotto erogato dagli ugelli è stato intercettato dagli schermi, prodotto che, altrimenti, sarebbe andato perduto per deriva.

Dall'analisi delle cartine idrosensibili, infine, è emersa una copertura superficiale media pari al 36.9%, con un minimo pari a 0.4% e un massimo pari a 96.7% (fig. 9.24). Le differenze legate alla quota, come pure quelle relative alla posizione sui quattro lati, non sono risultate statisticamente significative. È invece risultata altamente significativa la differenza di copertura fra le due pagine fogliari:

17.6% sulla pagina inferiore e 56.2% sulla pagina superiore. Probabilmente la presenza di un ventilatore, grazie alla corrente d'aria in grado di agitare le foglie, potrebbe attenuare la differenza.

Le differenze in merito alla pagina sono risultate a loro volta influenzate dalla posizione per $p = 0.009$ (fig. 9.25). In particolare, mentre nelle posizioni Est e Ovest le differenze fra le due pagine fogliari sono state statisticamente significative, non lo sono state nelle altre due posizioni Nord e Sud. Questo risultato è da interpretare alla luce della direzione del getto uscente dagli ugelli, che è perpendicolare rispetto alle posizioni Est e Ovest (fig. 9.19) e tangente rispetto alle posizioni Nord e Sud. Ne segue che nelle posizioni Nord e Sud le gocce possono insinuarsi all'interno della chioma e colpire le foglie anche nella pagina inferiore più facilmente di quanto non possa avvenire nelle posizioni Est e Ovest.

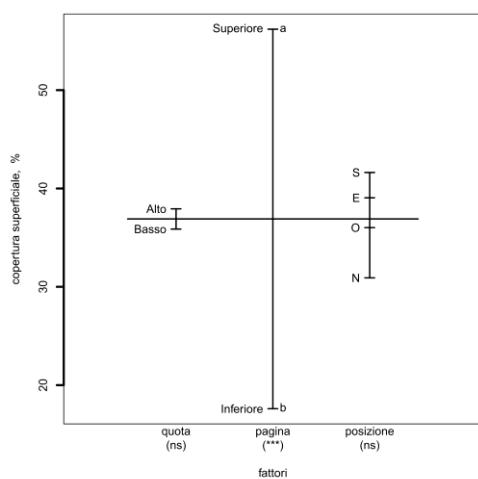


Fig. 9.24. Plot-design dei valori di percentuale di superficie coperta.

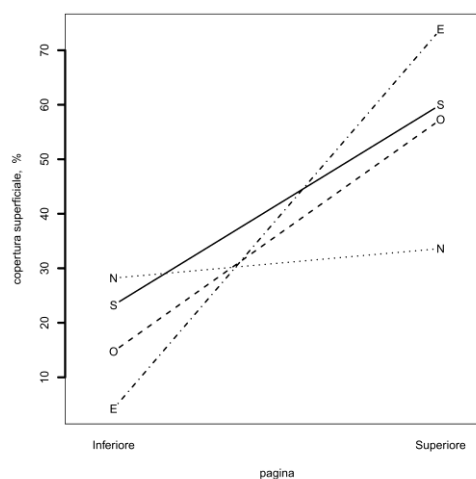


Fig. 9.25. Interazione dei valori di superficie coperta tra pagina fogliare e posizione sulla pianta.

Perdite a terra

La bagnatura delle cartine poste a terra è risultata alquanto elevata: mediamente 65.6%, con un minimo di 62.9% e un massimo di 68.8%. Questi valori sono maggiori di quelli misurati sulla pagina superiore delle foglie, segno di considerevoli perdite in corrispondenza del filare trattato. Per cercare di ridurle probabilmente sarà necessario

riconsiderare l'orientamento degli ugelli, ridurre la distanza fra le paratie del tunnel, valutare l'installazione di ventilatori.

9.5 Conclusioni e prospettive capitolo 9

La configurazione a portale scavallante presenta i vantaggi di fornire stabilità al complesso e di raddoppiare il fronte di lavoro per operazioni come la lavorazione interceppo e la cimatura, rispetto ad attrezzature che operano su un solo lato del filare.

Per quanto riguarda la lavorazione del terreno mediante una coppia di zappatrici interceppo, ciascuno dei due elementi opera con una escursione minima e pertanto sufficientemente veloce per riposizionarsi correttamente dopo l'allontanamento dal tronco comandato dal tastatore idraulico. Pertanto, la macchina consente di lavorare il terreno lungo il filare senza l'intervento del conducente anche in condizioni non ottimali del vigneto (distanze sulla fila ridotte, ceppi e branche talvolta molto inclinati).

In caso di lavoro in vigneti non ancora predisposti alla meccanizzazione, una riduzione degli urti con le branche basse e fortemente inclinate potrà essere ottenuto montando zappatrici con il rotore verticale distanziato dall'asse di rotazione degli utensili.

Ulteriore innovazione che le prove in campo hanno confermato come decisiva è costituita dalla coppia di tastatori idraulici posizionati nella parte anteriore del telaio. Il sistema, costituito dalla coppia di tastatori e dalla barra di traino (dotata di uno snodo e di un pistone idraulico per mantenere il telaio nella traiettoria voluta), assolve la funzione di mantenere il portale allineato lungo il filare in ogni circostanza e persino dopo che la trattrice ha ingaggiato la svolta una volta giunta alla capezzagna.

I dispositivi per l'applicazione delle operatrici si sono dimostrati efficaci per garantire rapidità e sicurezza durante le operazioni di sostituzione delle operatrici.

Elevato il risparmio di manodopera conseguito con la cimatura rispetto al tradizionale intervento di "ammazzonatura".

Dalle prime prove di trattamento alle chiome, i dati, inducono a ritenere la macchina una soluzione interessante per l'applicazione dei fitofarmaci su vite sia ad alberello sia per le forme di allevamento a spalliera bassa, in relazione al contenimento della dispersione per deriva che alla capacità di recupero di prodotto.

I risultati ottenuti in condizioni statiche hanno confermato la validità delle scelte tecniche che hanno portato alla realizzazione del prototipo. In particolare, hanno evidenziato che la percentuale di recupero raggiunge in media valori compresi tra il 25 e il 65% del totale erogato. Dalle prove in campo è invece emerso che, in presenza di vegetazione, il recupero di prodotto è variato dal 37 al 53%, con una media del 45%. Naturalmente, sono da attendersi valori diversi in relazione a diversi stadi di sviluppo delle piante, ma comunque sempre tali da garantire un significativo abbattimento dei costi per l'acquisto dei prodotti chimici e un notevole beneficio ambientale derivante da una drastica riduzione della deriva durante i trattamenti.

Al fine di esprimere un giudizio maggiormente circostanziato sono ancora necessarie ulteriori sperimentazioni, che vanno dal rilievo della capacità di lavoro in campo rispetto a un'irroratrice convenzionale, alla misura diretta del deposito fogliare e alla sua distribuzione sulla chioma, all'individuazione dei parametri di lavoro ottimale in termini di velocità di avanzamento, pressione di lavoro, tipologia di ugelli, distanza fra gli schermi.

Ulteriori sviluppi del prototipo dovranno riguardare un nuovo dimensionamento del telaio, e quindi delle paratie, per renderlo meglio rispondente alle dimensioni delle viti allevate ad alberello, e l'inserimento di un ventilatore, la cui azione potrà migliorare grandemente l'uniformità di distribuzione del deposito sulla chioma. Così facendo sarà possibile condurre una difesa fitosanitaria maggiormente razionale ed oculata, che permetta l'ottenimento di produzioni di elevato valore qualitativo con un ridotto impatto ambientale.

Nel prosieguo delle attività verranno verificate, inoltre, la funzionalità di altre macchine operatrici che il programma di sviluppo sperimentale non ha potuto prendere in considerazione (prepotatrice a dischi, spollonatrice, defogliatrice, barre diserbanti).

Le funzioni svolte dal "Portale scavallatore multifunzione trainato" lo rendono particolarmente interessante per tutte le aziende viticole con superficie investita ad alberello con solo tutore, senza fili e paleria di sostegno, e filari adeguati al transito di comuni trattori per vigneto. Esso è stato presentato nel quadriportico espositivo dell'Esposizione Internazionale delle Macchine Agricole tenutosi a Bologna dal 10 al 14 novembre 2010, dove ha riscontrato grande interesse tra gli addetti del settore.

Con il completamento di tale macchina, equipaggiata con attrezzature di facile reperimento commerciale e caratterizzata nel complesso da costi di esercizio che saranno certamente contenuti, e che opererà anche a cavallo delle spalliere basse, si ritiene siano stati superati i limiti connessi alla storica indisponibilità di meccanizzazione adeguata per il vigneto ad alberello.

CAPITOLO 10

CONCLUSIONI E PROSPETTIVE

La viticoltura si può avvantaggiare di tecnologie e di soluzioni meccaniche innovative più di altre attività agricole; tuttavia, l'introduzione di talune innovazioni non può che essere graduale. Occorrerà preliminarmente individuare le soluzioni più idonee alle reali esigenze aziendali, talvolta effettuare importanti trasformazioni strutturali dell'azienda, quasi sempre formare figure aziendali capaci di impiegare con efficacia le nuove tecnologie e, infine, disporre di reti devolute all'assistenza tecnica, gestionale ed economica che favoriscano l'implementazione e il trattamento di tutte le risorse in gioco.

A fronte dei fabbisogni in innovazione, emerge l'esigenza di non discostarsi da una viticoltura da vino che continui ad ispirarsi a modelli "tradizionali" che fra i vari obiettivi si pone quello di esaltare il *terroir* e di sostenere le attività produttive nel rispetto del contesto ambientale, sociale e paesaggistico in cui opera.

La Sicilia, la regione più vitata d'Italia in termini di superficie, è caratterizzata dalla presenza di tante piccole e medie aziende vitivinicole che hanno fatto della riconoscibilità territoriale e delle coltivazione con tecniche tradizionali, un punto di forza per distinguere qualitativamente le referenze prodotte. Una evidente testimonianza è rintracciabile nella conservazione dei vigneti ad alberello, come accade nella viticoltura dell'Etna, o nei tentativi posti in essere nel sud est dell'Isola, di dare luogo a nuove tipologie di impianto ad alberello.

In questo contesto, un fattore critico, ma di importanza fondamentale in quanto assai limitante, è costituito dalla meccanizzazione, intesa come insieme di macchine e strumenti appropriati e di adeguate tecniche d'impiego che come tali comprendano gli aspetti agronomici e quelli connessi alla tutela dei territori e del paesaggio, nonché alla sicurezza degli operatori.

Partendo da questi presupposti, nel corso di Dottorato si è approfondito il tema della meccanizzazione dei sistemi produttivi viticoli tradizionali, prendendo in considerazione le aree della Sicilia orientale, rappresentate dai comprensori dell'Etna (provincia di Catania) e del Sud Est dell'Isola (province di Ragusa e Siracusa).

Attraverso una indagine conoscitiva sulla meccanizzazione si è compreso che la moderna viticoltura da vino presente in queste aree, già sottoposta a profondi ed importanti rinnovamenti nelle tecniche colturali ed enologiche, mostra sia diffuse incertezze in merito alle macchine operatrici specializzate che incomprensioni sulle tecniche di impiego.

Le condizioni del comprensorio e le caratteristiche delle aziende hanno evidenziato una frequente sottostima degli effetti delle macchine sull'economia aziendale, del loro impatto sull'igiene ambientale e, più in generale, sulla sicurezza e la salute degli operatori. Le criticità emerse dello studio, così come i colloqui intercorsi con gli imprenditori, hanno confermato la necessità di affrontare le situazioni specifiche legate alla meccanizzazione delle operazioni colturali, con particolare riguardo alla lavorazione sulla fila, alla distribuzione di fertilizzanti organici al terreno, alla difesa fitosanitaria, agli interventi di gestione della chioma, per arrivare ad un'attività agricola quanto più integrata con il territorio di appartenenza e capace di apportare benefici economici al sistema sociale di riferimento.

Uno dei commenti rilevati con maggior frequenza riguarda la nota carenza di operatrici adeguate al sistema di coltivazione ad alberello. Il tenace attaccamento dei viticoltori a questa forma di allevamento ha indotto i più intraprendenti ad effettuare modifiche prima all'impianto e poi anche al portamento della pianta, tutte finalizzate all'impiego di macchine, convenzionali alcune, a più alta tecnologia altre. Pertanto, si sono riscontrati vigneti impiantati ad alberello con filari ravvicinati, ma coltivati con macchine semoventi scavallanti non convenzionali, corredate da operatrici dedicate e con alti costi complessivi di acquisto; più diffusi, nella Sicilia sud-orientale, gli appezzamenti con interfile idonee al transito di comuni motrici a carreggiata stretta equipaggiate con macchine operatrici di facile reperimento commerciale. Tutto questo a dimostrazione del forte e crescente interesse nei confronti dell'alberello e della necessità di sviluppare una meccanizzazione flessibile negli impieghi e quanto più sostenibile nei costi.

Le perplessità legate all'intervento meccanico, dovute in parte alla incompleta conoscenza di alcune caratteristiche delle macchine disponibili e delle modalità di impiego, hanno spinto ad approfondire gli aspetti operativi della potatura invernale

(prepotatura meccanica con rifinitura manuale). I primi risultati hanno confermato che le prestazioni dei cantieri sono influenzate dalla cultivar e dalle condizioni dei campi, nonché, dalle situazioni pregresse delle coltivazioni e dei campi (specie nel caso di recente introduzione della macchina). Si tratta di fattori sui quali si può intervenire con successo, se l'obiettivo è quello di introdurre macchine in grado di ridurre tempi, costi e rischi muscolo – scheletrici per gli addetti alle operazioni manuali.

Dal confronto tra i tempi unitari di lavoro complessivi si è evidenziato che i cantieri con prepotatura meccanica hanno consentito un risparmio di tempo di circa 25 h/ha rispetto ai cantieri di potatura manuale, grazie soprattutto ai vantaggi connessi all'operazione di stralciatura, che eseguita dopo la prepotatura consente un risparmio di circa 7 ore/(anno * ha) di manodopera. Prendendo in considerazione cantieri di una medesima azienda, non sono risultate differenze fra le operazioni di rifinitura e di stralciatura quando eseguite in successione (43,2 h/ha) e in contemporanea (44,4 h/ha). Nel confronto tra le prepotatrici osservate, si è evidenziato che le potatrici a barre, per l'accuratezza del lavoro svolto, la minore massa, il minor costo di acquisto, sono certamente consigliabili per aziende anche di media estensione.

Dall'indagine sulla potatura invernale sono emersi potenziali fattori di rischio per la salute del lavoratore connessi alle macchine e alle attività, ancora poco discussi in bibliografia, che hanno condotto a svolgere degli studi per valutare il fenomeno. L'indagine sperimentale sull'entità della produzione di polvere di legno e emissioni di VOC durante le operazioni di prepotatura meccanica, ha accertato che i valori massimi riscontrati per le polveri di legno ($1,55 \text{ mg/m}^3$ e di $1,64 \text{ mg/m}^3$) sono molto al di sotto del valore limite di esposizione di 5 mg/m^3 (frazione inalabile), stabilita dalla normativa italiana (D. Lgs 81/2008). Tuttavia la Commissione scientifica per i Limiti di Esposizione Occupazionale (SCOEL) dell'UE sostiene che, ai fini della protezione dei lavoratori, un'esposizione a polvere di legno superiore $1-1,5 \text{ mg/m}^3$ (frazione inalabile) è in grado di indurre effetti polmonari e pertanto dovrebbe essere evitata al fine di tutelare i lavoratori (Martinotti, 2008). Anche i valori di esposizione ai VOC, rilevati con queste prime prove, se confrontati con il valore limite del *benzene* inducono a riconoscere che la prepotatura produce un rischio chimico di tipo

non moderato per l'operatore e che, di conseguenza, bisogna attivare altre indagini in merito all'argomento.

Il ricorso alla potatura manuale ha mostrato che il taglio di tralci, esercitato durante l'esecuzione manuale, può indurre patologie muscolo scheletriche nel potatore. Le differenze fra i valori percepiti dello sforzo dai potatori in seguito al taglio di tralci di vitigni diversi hanno influenzato i valori assunti degli indici OCRA calcolati e impiegati per la quantificazione del rischio da sovraccarico biomeccanico degli arti superiori, con ciò dimostrando quanto le differenze di sforzo imputabili alle cultivar possano essere determinanti. Come dalle attese, la cv Nerello cappuccio, si è confermata la più resistente al taglio in accordo con quanto asserito dai potatori nel corso dei colloqui in termini di fatica percepita e con quanto riportato nelle check list compilate dal gruppo di lavoro per la valutazione dei rischi muscolo scheletrici. Questi risultati, pertanto, inducono a ritenere che in occasione del calcolo del rischio muscolo scheletrico le differenze fra le diverse cultivar in termini di resistenza percepita al taglio non dovranno essere ignorate. Pertanto, la check list impiegata per l'emersione del rischio da sovraccarico muscolo scheletrico dovrà essere integrata con accurate informazioni sulla cultivar, poiché non è sufficiente fare riferimento ad una generica voce "vigneto".

L'indagine conoscitiva e i colloqui con gli agricoltori hanno favorito, inoltre, la comprensione delle esigenze in termini di fabbisogni di macchine innovative e di adeguate tecniche di impiego nel contesto produttivo indagato.

I presupposti per lo sviluppo di nuove attrezzature sono derivati dalle realtà osservate e gli stessi viticoltori sono stati messi in collegamento con le ditte costruttrici di macchine agricole. Ne è conseguita la ricerca di soluzioni che sono state sviluppate in grado diverso a seconda delle risorse disponibili reperite per ciascuna.

Nel percorso sperimentale intrapreso si è partecipato all'implementazione del "Veicolo multifunzione elettrico autonomo", progettato e realizzato dal laboratorio di Robotica del DIEEI in collaborazione con il Dipartimento GeSA. La macchina, attualmente in fase di sviluppo con configurazioni diverse (a distanza controllata, semi o completamente autonomo), verrà opportunamente equipaggiata con attrezzi utili alla gestione del vigneto, al fine di soddisfare, ove possibile, il fabbisogno in

innovazione nei vigneti ad alta densità ubicati in terreni fortemente terrazzati e/o in pendio, soprattutto in merito agli aspetti legati alla sicurezza degli operatori.

Per risolvere i problemi della distribuzione del materiale organico nei vigneti con spazi ridotti, l'attività di ricerca ha contribuito al completamento della macchina “Spandicompost Compatto Autocaricante con Distributore a Velocità Variabile” [Enama, bando macchine innovative 2007]. In particolare, è stata suggerita la costruzione del localizzatore laterale per il vigneto, tutt'ora in corso di ottimizzazione. L'affidabilità e l'autocaricamento si sono rivelate due soluzioni determinanti a vantaggio dell'efficienza del cantiere.

L'attenzione si è concentrata, praticamente sin da subito, sulla meccanizzazione dell'alberello, raccogliendo in tal modo la sfida lanciata dai viticoltori che a più riprese hanno manifestato l'esigenza di disporre di macchine specializzate idonee per il rilancio di tale forma di allevamento. La ricerca ha preso le mosse da un preprototipo artigianale e si è conclusa con la realizzazione di un prototipo preindustriale denominato “Portale scavallante multifunzione trainato” [Enama, bando macchine innovative 2009] e le prove in campo hanno confermato la funzionalità della macchina. La configurazione a portale scavallante ha presentato i vantaggi di fornire stabilità al complesso, di raddoppiare il fronte di lavoro per operazioni come la lavorazione interceppo e la cimatura e, soprattutto, di rendere fattibili e in automatico le operazioni di lavorazione sulla fila praticamente in ogni condizione di campo. Le operatrici di volta in volta applicate si sono dimostrate efficaci a garantire rapidità e sicurezza delle operazioni svolte. In particolare, il sistema costituito dai due tastatori anteriori e dalla barra di traino, dotata di snodo e di pistone idraulico per mantenere il telaio nella traiettoria voluta, ha assolto la funzione di mantenere il portale allineato lungo il filare in ogni circostanza e persino dopo che la trattrice ha ingaggiato la svolta una volta giunta alla capezzagna, con i vantaggi che ne conseguono in termini di alta manovrabilità pur in capezzagne ristrette.

Il sistema a tunnel per la distribuzione dei fitofarmaci è stato sottoposto a prime verifiche e ulteriori attività sperimentali dovranno essere condotte al fine di ottimizzarne le prestazioni. I risultati ottenuti in condizioni statiche hanno confermato la validità delle scelte tecniche che hanno portato alla realizzazione del prototipo. In particolare, hanno evidenziato che la percentuale di recupero raggiunge in media

valori compresi tra il 25% e il 65% del totale erogato. Dalle prove in campo è invece emerso che, in presenza di vegetazione, il recupero di prodotto è variato dal 37% al 53%, con una media del 45%. Naturalmente, sono da attendersi valori diversi in relazione a diversi stadi di sviluppo delle piante, ma comunque sempre tali da garantire un significativo abbattimento dei costi per l'acquisto dei prodotti chimici e un notevole beneficio ambientale derivante da una drastica riduzione della deriva durante i trattamenti.

Al fine di esprimere un giudizio più completo sono ancora necessarie ulteriori sperimentazioni, che vanno dal rilievo della capacità di lavoro in campo rispetto a un'irroratrice convenzionale, alla misura diretta del deposito fogliare e alla sua distribuzione sulla chioma, all'individuazione dei parametri di lavoro ottimale in termini velocità di avanzamento, pressione di lavoro, tipologia di ugelli, distanza fra gli schermi.

In prospettiva, la ricerca sul Portale proseguirà con ulteriori sviluppi del prototipo che riguarderanno un ridimensionamento del telaio, e quindi delle paratie del tunnel, per renderlo più congruo alle dimensioni delle viti allevate ad alberello. Sarà valutato l'inserimento di un ventilatore, la cui azione potrebbe migliorare sensibilmente l'uniformità di distribuzione del deposito sulla chioma e ridurre le perdite per deriva. Nel prosieguo delle attività verranno verificate, inoltre, la funzionalità di altre macchine operatrici che il programma di ricerca non ha potuto prendere in considerazione (prepotatrice a dischi, spollonatrice, defogliatrice, barre diserbanti).

In conclusione, dai risultati di una indagine conoscitiva condotta su due aree vitivinicole vocate della Sicilia orientale è stato possibile identificare i fabbisogni in termini di innovazioni nella meccanizzazione agricola, nella organizzazione del lavoro, nell'igiene ambientale e nella salute degli operatori. Di conseguenza, sono state pianificate e svolte attività mirate alla realizzazione e allo sviluppo di macchine innovative, nonché azioni finalizzate alla verifica delle condizioni di rischio per gli operatori nel corso di talune operazioni ricorrenti. Infine, è stata messa a punto una macchina trainata da una comune trattrice e tuttora oggetto di prove e di implementazioni, mediante la quale si ritiene di aver fornito una risposta alla forte

richiesta di una meccanizzazione efficace e completa espressa dai sempre più numerosi fautori dell'alberello.

BIBLIOGRAFIA

- AAVV (2007). *La vite e il vino*. Coltura e Cultura, ed. Crop.Bayerscience: pp. 1-605.
- ABRAMOFF M.D., MAGELHAES P.J., Ram S.J. 2004. Image Processing with ImageJ. *Biophotonics International*, 2004, volume 11, issue 7, 36–42.
- ACACCIA G.M., MICHELINI R.C., MOLFINO R.M., RAZZOLI R.P., (2003). "Mobile robots in greenhouse cultivation: inspection and treatment of plants", in Proc. of ASER 2003, 1st International Workshop on Advances in Service Robotics, 13-15 March, Bardolino, Italy, ISBN 3-8167-6268-9.
- ADE G, MOLARI G, RONDELLI V (2005). Vineyard evaluation of a recycling tunnel sprayer. *Trans. ASAE* 48(6): 2105-2112.
- ADE G., BALLONI S., PEZZI F. (2005). Valutazione di un'irroratrice a tunnel nei trattamenti al vigneto, *Informatore fitopatologico* 6, pp. 37 - 43
- ADE G., MOLARI G., RONDELLI V. (2005). Valutazione delle prestazioni di irroratrici a tunnel impiegate in vigneto. Atti di: *L'ingegneria agraria per lo sviluppo sostenibile dell'area mediterranea*, 27-30 Giugno, (Catania).
- ADE G., MOLARI G., RONDELLI V. 2007. Recycling Tunnel Sprayer for Pesticide Dose Adjustment to the Crop Environment. *American Society of Agriculture and Biological Engineers* vol. 50 (2), 409–413.
- AGENZIA EUROPEA PER LA SALUTE E SICUREZZA SUL LAVORO (2003). Introduzione alle sostanze pericolose sul luogo di lavoro, *Facts* 33, 2003.
- AITKENHEAD M.J. (2003). Weed and crop discrimination using image analysis and artificial intelligence methods. *Computers and Electronics in Agriculture*, 39, 157 – 171.
- ALAGNA, N. (1947). Sistemi di impianti e di allevamento della vite in Sicilia. *Agricoltura Siciliana*, 1947, 4-5, , pp. 101-105.
- AMATUCCI S. (2006). I nuovi criteri di valutazione, *Dati INAIL*, 7 luglio 2006.
- ARCURI C., BIANCHI A., BOSI A., CACCHI F., CERVINO D., DI STEFANO S., FERRI F., GOVONI C., GUGLIELMIN A., PASSERA G., POLETTI R., VENERI L. (2001). Problemi applicativi ed interpretativi del titolo VII del D. Lgs. 626/94 per le polveri di legno duro. In Govoni C., Ferrari D. - *RisCh Prevenzione e protezione da agenti cancerogeni e mutageni*. Modena. 171-212.
- BACARELLA S., NICOLETTI G. (2010). Nuovi scenari della vitivinicoltura siciliana CORERAS XXXI conferenza italiana di scienze regionali. Aosta, 20-22 settembre 2010
- BACARELLA, A. (2003). *La filiera vitivinicola in Sicilia – Rapporto 2003*. OSEAAS.
- BÄCKER G (1993). Recent developments in recycling techniques for application in tree and bush crops. In Proc. ENPP-BCPC 2nd Intl. Symp. on Pesticide Applic. Techni., 331-340. Paris, France: ANPP. 50(2): 409–413 413

- BALDINI E., INTRIERI C. (2004) . Viticoltura meccanizzata. Scelta delle macchine. Adeguamento dei vigneti. Valutazione economiche organizzazione del lavoro. *Ed. Il Sole 24 Ore Edagricole*
- BALDOIN C. (2008°). Come scegliere gli ugelli per i trattamenti a frutteto e vigneto. *Informatore Agrario 12, Supplemento Difesa vigneto e frutteto*, 36-39
- BALDOIN C. (2008B). Scelta dei volumi d'acqua e delle portate dei ventilatori. *Informatore Agrario 17, Supplemento Difesa vigneto e frutteto*, 38-40
- BALDOIN C., BERIA S., DE ZANCHE C., SORGATO F., DALLA PACE A. 2004. Efficacy of Treatments against Downy Mildew of Grapevine with Contact Fungicides using Air Inclusion Nozzles on Different Sprayers. *Aspects of Applied Biology 71, International Advances in Pesticide Application*, (1) 247–254.
- BALDOIN C., C. DE ZANCHE, D. BONDESAN. (2008). Field Testing of a Prototype Recycling Sprayer in a Vineyard: Spray Distribution and Loss. *Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal. Manuscript ALNARP 08 001. Vol. X. May, 2008*
- BALDOIN C., DALLA PACE A., DE ZANCHE C., BONDESAN D., BIETRESATO M. 2009. Effetto del volume e della polverizzazione sull'efficienza del recupero e sull'efficacia fitoiatrica di un'irroratrice a tunnel nei vigneti. *Atti IX Convegno Nazionale dell'Associazione Italiana di Ingegneria Agraria, Ischia Porto, 12–16 settembre 2009.*
- BALDOIN C., DE ZANCHE C., SORGATO F., ZANARDI W. 2005. Performances of a New Shielded Sprayer on Vineyard. *Annual Review of Agricultural Engineering 2005*, (1) 257–265.
- BALLONI S. CARUSO L. CERRUTO E. EMMA G. SCHILLACI G. (2008): “A Prototype of Self-Propelled Sprayer to Reduce Operator Exposure in Greenhouse Treatment”. *Proceedings of International Conference “Innovation Technology to Empower Safety, Health and Welfare in Agriculture and Agro-food Systems”*, Ragusa, Italy, September 15-17. pp. 1-6, ISBN: 978-88-903151-1-4.
- BALLONI S., BONSIGNORE R., CARUSO L., SCHILLACI G. (2008): “Mechanisation of Mount Etna vineyards”. *Proceedings CD.Rom CERVIM, Segundo congreso intern. Viticult. de montana y en fuerte pendiente Cervim. Ribeira Sacra. 13-15 marzo. Monforte De Lemos (Spain). pp. 1 – 5.*
- BALLONI S., CAMILLIERI D., CARUSO L., SCHILLACI G. (2010). Safety Aspects Regarding Spraying Pesticides in Protected Environments. In: *International Conference Ragusa SHWA2010 “Work Safety and Risk Prevention in Agro-food and Forest Systems”*. Ragusa Ibla Campus- Italy, September 16-18, p. 341-348.
- BALLONI S., CARUSO L., CONTI A., SCHILLACI G., LONGO D. MUSCATO G. (2008), "Preliminary Study for the Development of an Electrical Autonomous Vehicle for Safe Agricultural Chemicals Distribution Inside Greenhouses", “*Innovation Technology to Empower Safety, Health and Welfare in Agriculture and Agro-food Systems*”, September 15-17, 2008 Ragusa – Italy.

- BALLONI S., CARUSO L., CONTI A., SCHILLACI G., LONGO D., MUSCATO G., "Development of an electrical multifunctional autonomous vehicle able to cultivate covered crops and to safe distribute agricultural chemicals inside greenhouses", Proceedings of the XXXIII CIOSTA - CIGR V Conference 2009, pp 355-359, Vol 1, June 17-19 2009, Reggio Calabria, Italy. ISBN 978-88-7583-031-2.
- BALLONI, S., BONSIGNORE, R., CARUSO, L., CONTI, A, SCHILLACI, G. (2009). Sviluppo di meccanizzazione innovativa per la coltivazione dei vigneti ad alberello. Atti di Enoforum 2009 "Innovazione ed eccellenza". Piacenza, 21-23 Aprile, 2009, pag.74. In corso di stampa su www.infowine.com.
- BALSARI P, PERGHER G, ADE G, VIERI M, GUARELLA P, GIAMETTA G, CERRUTO E (2002). The usefulness of a test area for the calibration of sprayer for grapevines. *Informatore-Agrario* 58(8): 97-108.
- BALSARI P, PERGHER G, ADE G, VIERI M, GUARELLA P, GIAMETTA G, CERRUTO E (2004). How to calibrate vineyard spraying machines. *Informatore Agrario* 60 (10): 31-40.
- BALSARI P. (2002). Le attuali tecnologie disponibili per l'agricoltura di precisione. Convegno Associazione Italiana di Ingegneria Agraria "L'innovazione tecnologica per l'agricoltura di precisione e la qualità produttiva.", 22-23 giugno, (Torino).
- BALSARI P., MARUCCO P., TAMAGNONE M., (2009). Un'irroratrice intelligente e rispettosa dell'ambiente.
- BALSARI P., MARUCCO (2007). Tecnologie innovative per il controllo della flora infestante nel vigneto. Atti del convegno nazionale Associazione Italiana di Ingegneria Agraria , (Volterra).
- BALSARI P., TAMAGNONE M., MARUCCO P. (2004). Norme e criteri di scelta delle irroratrici. *Macchine e Motori Agricoli* 4, 45-49.
- BALSARI, P. (2004). Innovazioni nella meccanica viticola e viticoltura di precisione. *Phytomagazine* 33.
- BALSARI, P., SCIENZA, A. (2003) Forme di allevamento della vite e modalità di distribuzione dei fitofarmaci. *L'Informatore Agrario*, 2003.
- BARALDI G., CAPRARA C., MARTELLI R., PEZZI F. (2006), Sviluppo agricolo sostenibile e innovazioni della meccanizzazione., in: *Paesaggio e sviluppo sostenibile*. Contributi della Facoltà di Agraria di Bologna, Alma Mater Studiorum - Università di Bologna, 2006, pp. 1 - 8 (atti di: Convegno "Paesaggio e sviluppo sostenibile", Imola (BO), 17 novembre 2006)
- BENVENUTI L., 2009. Speciale lavorazioni del terreno. *M&Ma* 7/8, 36-42.
- BERTAMINI M., MATTIVI F (1999) - Composti fenolici nei vini rossi: ruolo dell'ambiente e delle tecniche colturali. *Informatore Agrario*, (n° 32; 63-68).
- BERTAMINI M., MATTIVI F. NICOLINI G. (1998) - L'influenza del clima e delle tecniche di gestione del vigneto sui polifenoli del vino. *L'Enotecnico*, 10: 31-42.
- BERTOCCO M., BASSO B., SARTORI L.,(2005). Metodi per definire le dosi variabili di fertilizzante. *Informatore Agrario* 1, 27-29.

- BIASI R., (2011). Dalla viticoltura sostenibile alla sostenibilità del paesaggio. 1 seminario Fare Ambiente Marsala. Marsala 6/07/2011. www.agribiologenk.com
- BIBBIANI D., VIERI M., (2007). Le lavorazioni conservative nella viticoltura collinare. MMW n. 4/2007 pagg 20 -25
- BIONDI P., MONARCA D., CECCHINI M. (2002). La valutazione del rischio da esposizione a polveri di legno duro: indagine sperimentale e metodologica. Atti Convegno nazionale AIIA Alghero-Sassari, 11-15 settembre, 377-390.
- BLANDINI G., CERRUTO E., MANETTO G. (2009). Rischi da polvere e da VOC per gli addetti alle operazioni colturali negli agrumeti. Atti su CD-rom del IX Convegno Nazionale AIIA, 12-16 settembre, Ischia Porto (NA).
- BOLLINI G. (2002).“Valutazione del rischio chimico nelle microimprese” Convegno Nazionale RISCH Prevenzione e Protezione da Agenti Chimici Pericolosi, Modena 27/9/02
- BONSIGNORE R., CAMILLIERI D., RAPISARDA V., SCHILLACI G. (2010). The Effect of Task Frequency on Risk of Biomechanical Overloading of the Upper Limbs in Manual Pruning in Vineyards. In: International Conference Ragusa SHWA2010 “Work Safety and Risk Prevention in Agro-food and Forest Systems”. Ragusa Ibla Campus- Italy, September 16-18, p. 192-201.
- BONSIGNORE R., CARUSO L., CONTI A., MAZZOLA G., SCHILLACI G. (2008) Tracciabilità delle operazioni meccanizzate nel vigneto. Atti del 2° Convegno Nazionale di Viticoltura, Marsala, Italia, 14-19 luglio 2008. Articolo esteso accettato in stampa sulla rivista *Italus Hortus* patrocinata dalla Vol. 17 suppl. 3 maggio-giugno 2010 pp. 671-675. ISSN 1127-3496
- BONSIGNORE R., ROMANO E., CARUSO L., SCHILLACI G. (2010). Wood Dust Production and VOC (Volatile Organic Compound) Emissions During Mechanical Pre-pruning in Vineyards. In: Int. Conf. Work Safety and Risk Prevention in Agro-food and Forest Systems - Ragusa SHWA 2010. Ragusa -Italy, September 16-18, 2010: 360-367.
- BOSELLI M., (2009). La vite ha sete? Te lo dice un sensore.VQ 1, 34-38.
- BRAMLEY R.G.V., PROFFITT A.P.B., (1999). Managing variability in viticultural production. *Australian and New Zealand Grapegrower and Winemaker*, 427, 11-16.
- BRANCADORO L. (2004) - Aspetti economici, colturali e produttivi della potatura invernale meccanizzata del vigneto. *Phytomagazine*, 29.
- BRANCADORO, L., MARMUGI, M. (1997) Rapporto tra sistemi di potatura invernale e tempi di lavoro nella vite. L'Informatore Agrario*, 23, pp. 71-74.
- CAMILLIERI D., BONSIGNORE R., CARUSO L., SCHILLACI G. (2010). Evaluation of the Risk Arising From Repetitive Movements During Manual Pruning in Vineyards by Using Measured Forces. In: International Conference Ragusa SHWA2010 “Work Safety and Risk Prevention in Agro-food and Forest Systems”. Ragusa - Italy, September 16-18, p. 374-380.
- CAMILLIERI D., FAILLA S., RESTUCCIA A., SCHILLACI G. (2011). First Results of Ergonomics Studies of Donkey Machine Milking. In: XXXIV CIOSTA CIGR V Conference 2011.

- CAMILLIERI D., FAILLA S., RESTUCCIA A., SCHILLACI G. (2011). Il rischio muscolo-scheletrico nella mungitura delle asine. Convegno di Medio Termine dell'Associazione Italiana di Ingegneria Agraria. Belgirate, 22-24 settembre 2011.
- CAMILLIERI D., RAPISARDA V., BALLONI S., SCHILLACI G. (2010). The Effect of Task Frequency on the Risk of Biomechanical Overloading of the Upper Limb During Tomato Binding. In: International Conference Ragusa SHWA2010 "Work Safety and Risk Prevention in Agro-food and Forest Systems". Ragusa Ibla Campus-Italy, September 16-18, p. 381-388.
- CAMILLIERI D., ROMANO E., BONSIGNORE R., RAPISARDA V., SCHILLACI G. (2011). Hand Forces Measured During Vine Shoot Cutting. In: XXXIV CIOSTA CIGR V Conference 2011.
- CAMPOSTRINI F., SERINA F. (2003) – Gestione della chioma con cimatura e sfogliatura. *L'Informatore Agrario*, 21, 2003: 59-63.
- CANEGALLO C., CILIBERTI R., MELIOLI G..(2003) Il rischio da agenti biologici nel laboratorio di ricerca e di analisi cliniche. *Ambiente e Sicurezza sul Lavoro* n.11: 57-62, dicembre 1997
- CARBONE A., HENKE R. (2010). Performance e competitività del vino italiano sui mercati internazionali, Anno 6, Numero 22 *Agriregionieuropa* .
- CARBONNEAU A., CARGNELLO G., (1999) - Dictionnaire des systèmes de conduite de la vigne. *C.R. GESCO*, 11, 148 – 170.
- CARBONNEAU A., DELOIRE A., GARRIER G. (2001). Quelques éléments historiques de l'évolution des architectures de vigne (première partie). *Progr. Agric. Vitic.*, 118 (7), 155-161.
- CARDINALI S., PALLONARI M. (2010). Caratteristiche gestionali e problematiche di marketing delle piccole imprese vitivinicole. I risultati di una ricerca esplorativa sui produttori con allevamento "ad alberello". *Piccole imprese vitivinicole e un nuovo approccio al marketing integrato*. Francoangeli. pag: 77- 96
- CARUSO L., BALLONI S., LONGO D., PENNISI A., CONTI. A., CAMILLIERI D., SCHILLACI G. (2011). Safety issues in greenhouse film covering operations, applicable regulations and on-field test In: XXXIV CIOSTA CIGR V Conference 2011.
- CARUSO L., PENNISI A., BALLONI S., CONTI A., CAMILLIERI D., SCHILLACI G. (2010). Aspects of Safety in the Stretching of Plastic Film During Greenhouse Covering. In: International Conference Ragusa SHWA2010 "Work Safety and Risk Prevention in Agro-food and Forest Systems". Ragusa Ibla Campus- Italy, September 16-18, p. 210-217.
- CASTELLUCCI F. (2010). Bilancio dell'OIV sulla situazione vitivinicola mondiale nel 2009, Tbilisi (Georgia), 21 giugno 2010.
- CELEN I.H., DURGUT R.M., AVCI G.G., KILIC E. 2009. Effect of Air Assistance on Deposition Dis-tribution on Spraying by Tunnel-Type Electrostatic Sprayer. *African Journal of Agricultural Research* vol. 4(12), 1392–1397, December, 2009 online at <http://www.academicjournals.org/AJAR>.

CENTEMERO M. (2002) . Il ruolo del compost nei piani di fertilizzazione L'informatore agrario 40/2002 pp 57-62.

CENTEMERO M. (1997). Qualità e prestazioni agronomiche dei materiali compostati. Atti 3° Convegno Nazionale CIC 'Produzione ed impiego del compost di qualità. S. Michele (TN), pp. 223-246.

CENTEMERO M. (1999) - *Impiego e commercializzazione del compost da matrici selezionate*. Atti IV Corso nazionale sul compostaggio di qualità Consorzio italiano compostatori. Valenzano (Bari), maggio.

CENTEMERO M., CORTI C. (2000). Sostanza organica e compost in pieno campo: caratteristiche generali e risultati in seguito a prove pluriennali su mais. In: *Compost e agricoltura: ora è possibile*. CD Rom Regione Lombardia, Direzione Generale Agricoltura.

CENTEMERO M., PERELLI M. (1999). La collocazione del compost: aspetti normativi e situazione di mercato. Atti III° Corso Nazionale CIC Progettazione e gestione di impianti di compostaggio. Reggio Emilia, pp. 141-171

CERRUTO E., BALLONI S., CONTI A. EMMA G. CARUSO L. (2009): "Vertical Spray Boom Profiles for Greenhouse Applications". Proceedings of the XXXIII CIOSTA – CIGR V Conference "Technology and management to ensure sustainable agriculture, agro-systems, forestry and safety". Reggio Calabria, Italy, 17-19 June. pp. 391-396.

CICCARELLI, F., BACARELLA, S., (2005). La viticoltura nel mezzogiorno. Programma Operativo Nazionale "Ricerca Scientifica, Sviluppo Tecnologico, Alta Formazione" 2000-2006 Asse III Misura 4/A Azione III.4/A, 101-106, 126-129

CINA A., 2000. GPS – principi, modalità e tecniche di posizionamento, Ed. Celid (Torino).

COLOMBINI D, OCCHIPINTI E, GRIECO A: (2002) Risk assessment and management of repetitive movements and exertions of upper limbs. Amsterdam, Elsevier Science, 2002 .

COLOMBINI, D., OCCHIPINTI, E, (2006) Preventing upper limb work-related musculoskeletal disorders (UL-WMSDs): new approaches in job (re)design and current trends in standardization. *Appl Ergon.* 2006; 37: 441-50

COLOMBINI, D., OCCHIPINTI, E. (2001). Metodi per la valutazione e la gestione dei rischi di WMSDs e per la progettazione ergonomica del lavoro e dei posti di lavoro. In: Atti del VII Congresso Nazionale della Società Italiana di ergonomia; 26/28 settembre 2001 Firenze. Firenze. p. 521-6.

COLOMBINI, D., OCCHIPINTI, E. (2003). Experiences and results of risk evaluation (risk maps) using OCRA methods in several companies of different production sector. Proceedings of 27th ICOH Conference (FPS 61.2); Iguassu Falls (Brazil), 23-28 February 2003.

COLOMBINI, D., OCCHIPINTI, E., FANTI, M. (2005). Il metodo OCRA per l'analisi e la prevenzione del rischio da movimenti ripetuti. *Collana Salute e lavoro, Franco Angeli Editore*.

COLOMBINI, D., OCCHIPINTI, E.(2004). Risultati della valutazione del rischio e del danno in gruppi di lavoratori esposti, in diversi comparti lavorativi, a movimenti e

sforzi ripetuti degli arti superiori. *Med Lav* 2004;95:233-46

CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE. 1981. Meccanizzazione della potatura e della raccolta degli agrumi. *Accademia nazionale di Agricoltura. Bologna*

CORRADI, C. (2004) La potatura meccanica della vite. *VigneVini* n3, 2004, pp. 65-69.

COSTANTINI E.A.C., STORCHI P, ET AL., (2009). Strategies of ARP application (Automatic Resistivity Profiling) for viticultural precision farming. *Geophysical Research Abstracts*, Vol. 11.

CROSS JV, BERRIE AM (1995). Field evaluation of a tunnel sprayer and effects of spray volume at constant drop size on spray deposit and efficacy of disease control on apple. *Ann. Appl. Biol.* 127(3): 521-532.

D.P.R. 11 agosto 1968 “Riconoscimento della denominazione di origine controllata del vino «Etna» bianco, rosso e rosato ed approvazione del relativo disciplinare di produzione” GURI 25/09/1968 n 244.

D.P.R. n 459 del 24/07/1996 Regolamento per l'attuazione delle direttive 89/392/CEE, 91/368, 93/44 e 93/68 concernenti il riavvicinamento delle legislazioni degli Stati membri relative alle macchine. G. U., S. O. n 209 del 06/09/1996.

DARIO, P., SANDINI, G., ALLOTTA, B., BUCCI, A., BUEMI, F., MASSA, M., FERRARI, F., MAGRASSI, M., BOSIO, L., VALLEGGI, R., GALLO, E., BOLOGNA, A., CANTATORE, F., TORRIELLI, G. AND MANNUCCI, A. (1994). “The Agrobot project for greenhouses automation”, *Acta Hort. (ISHS)* 361:85-92.

DE PALMA L., NOVELLO V., TARRICONE L., FRABBONI L., LOPRIORE G., SOLETI F., (2007). Qualità del prodotto e protezione agronomica dell’ambiente edafico in un sistema vitivinicolo dell’Italia meridionale. *Quad. Vitic. Enol. Univ. Torino*, 29, 2007 83-110

DECRETO LEGISLATIVO 27 gennaio 2010, n. 17 recante "Attuazione della direttiva 2006/42/CE, relativa alle macchine e che modifica la direttiva 95/16/CE relativa agli ascensori s.o. n. 36 (GU n. 41 del 19/02/2010).

DECRETO LEGISLATIVO 3 agosto 2009, n. 106. Disposizioni integrative e correttive del decreto legislativo 9 aprile 2008, n. 81, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro (G.U. n. 180 del 5 agosto 2009)

DECRETO LEGISLATIVO 9 aprile 2008, n. 81. Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro.(G.U. n. 101 del 30 aprile 2008)

DECRETO LEGISLATIVO 9 APRILE 2008 N. 81. Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro – Titolo IX, Allegato XLII –XLIII. Suppl. ord. n.108, G.U. n. 101 del 30 aprile 2008.

DECRETO LEGISLATIVO n° 25 del 02/02/2002 “Attuazione della direttiva 98/24/CE sulla protezione della salute e della sicurezza dei lavoratori contro i rischi derivanti da agenti chimici durante il lavoro”. G.U S.O. n. 57 del 8/03/02

DELOIRE A., CARBONNEAU A., ERNESTY D., (2001) - Quelques éléments historiques de l’évolution des architectures de vigne (deuxième partie, suite et fin) :

Diversité des systèmes de conduites de la vigne au XIXème siècle en France. Progr. Agric. Vitic., 118 (9), 177-186, 202-214.

DI LORENZO R., (2011). Problematiche agronomiche in una viticoltura sostenibile. 1 seminario Fare Ambiente Marsala. Marsala 6/07/2011. www.agribiologenk.com

DI LORENZO R., COLLEGANO G., FERRANTE S., LA MANTIA T., PRISTINA L., PASTA S.,(1999). Prove di tecniche innovative di gestione del suolo per la viticoltura degli ambienti caldo-aridi. Atti del convegno XXIV Momevi sulla gestione del suolo in viticoltura. Notiziario tecnico 58, 79-87.

DION M., (1977) - Histoire de la vigne et du vin en France. Flammarion, Paris, p. 756.

DIRETTIVA DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO 2006/42/CE del 17 maggio 2006, relativa alle macchine e che modifica la direttiva 95/16/CE G.U.U.E. del 9.6.2006 L 157/24.

DIRETTIVA DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO 2009/127/CE del 21 ottobre 2009 che modifica la direttiva 2006/42/CE relativa alle macchine per l'applicazione di pesticidi. G. U. U.E. del 25.11.2009 L 310/29

DIRETTIVA DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO n. 2009/127/CE che modifica la direttiva 2006/42/CE relativa alle macchine per l'applicazione di pesticidi (GUUE n.310 del 25/11/2009)

DIRETTIVA DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO n. 2009/128/CE che istituisce per l'azione comunitaria ai fini dell'utilizzo sostenibile dei pesticidi (GUUE n. 309 del 24/11/2009)

DORUCHOWSKI G (1993). Use of tunnel sprayers in orchards and berry plantations. In Proc. ENPP-BCPC 2nd Intl. Symp. on Pesticide Applic. Techniques, 281-288. Paris, France: ANPP.

DOSSO P., SPEZIA G., (2006). Viticoltura di precisione grande risorsa per il futuro. Informatore Agrario, 24, 58-63.

EN (2003). Opinion of the European Economic and social committee on the "Communication from the Commission to the Council, the European Parliament, and the European Economic and Social Committee: Towards a thematic strategy on the sustainable use of pesticides." EN2003/C85/24. Official J. European Union, 112-118. Brussels, Belgium: European Union.

EUROPEAN COMPOST NETWORK ECN E.V. LTZ (2010): Sustainable Compost application in Agriculture Sustainable Compost Application in Agriculture in http://www.compost.it/attachments/467_ECN_Info%20paper_02_2010_Sustainable_Use_of_Compost_in_Agriculture_LTZ-Project.pdf.

EYNARD, DALMASSO (1990). Viticoltura Moderna, 1990. Hoepli

FANIGLIULO R., POCHI D., GRILLI R., FORNACIARI L., VASSALINI G. (2011) - Prove di sicurezza e prestazioni di macchine operatrici in conformita' alle prescrizioni della UNI CEI EN ISO/IEC 17025:2005 Convegno di Medio Termine dell'Associazione Italiana di Ingegneria Agraria Belgirate, 22-24 settembre 2011

FIOH, INRS. (2005). Exposure measurements of wood dust in the European Union. WOODDEX report UE. 1-201.

- FONTANA, A., BACARELLA, A., (2004). Analisi strutturale e congiunturale della filiera vitivinicola siciliana. *Phytomagazine* 28.
- FREGONI M. (1996). La geografia italiana delle forme di allevamento della vite . *Informatore agrario*, ISSN 0020-0689, Vol. 52, n° 10, 1996 , pp. 72-95
- FREGONI M., (1991) – Origines de la vigne et de la viticulture. Musumeci Ed. Quart (Val d'Aoste), Italie.
- FREGONI, M., (2005). Globalizzazione e vitigno in etichetta. *L'informatore Agrario* 38, 67-71.
- FREGONI, M., (2005). *Viticoltura di qualità*. Ed. Phytoline, 2005. pp VII-819.
- FURNESS G. (2003). Distance calibration and a new pesticide label format for fruit tree and grapevines in Australia. In Proc. VII Workshop on Spray Application Techni. in Fruit Growing,293-303. Torino. Italy: DEIAFA.
- GUBIANI, R., PERGHER, G., GASPARINETTI, P. (1999)Potatura meccanica della vite: convenienza economica, risultati produttivi e qualitativi. *L'informatore agrario*, 36, 1999, pp. 67-73.
- HEINKEL R., FRIED A., LANGE E. 2000. The Effect of Air Injector Nozzles on Crop Penetration and Biological Performance of Fruit Sprayers. *Aspects of Applied Biology, Pesticide Appli-cation*, 5, 301–307.
- HOLOWNICKI R, DURUCHOWSKI G, GODYN A (1995). Efficient spray deposition in the orchard using a tunnel sprayer with a new concept of air jet emission. *Acta Hort.* 422: 284-288.
- HUIJSMANS JFM, PORSKAMP HAJ, HEIJNE B (1993). Orchard tunnel sprayers with reduced emission to the environment. In Proc. ENPPBCPC 2nd Intl. Symp. on Pesticide Appl. Tech. 297-304. Paris, France: ANPP.
- IACONO F. (2000) – Le forme di allevamento più diffuse in Italia: panoramica tecnica sulle principali ed attuali tendenze. *Vigne-vini*, 4,: 48-50.
- IARC. 1995. Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans: Wood dust and Formaldehyde. Lyon (France), 9-215.
- INAIL. Dati INAIL. N. 7, Luglio 2010. ISSN 2035-5645.
- INTRIERI C., FILIPPETTI I., LIA G., RAMAZZOTTI S., COLUCCI E., PONI S., (2004). Distanze sulla fila e gestione del suolo nel vigneto. *Supplemento a L'Informatore Agrario*, 16, 19-24.
- INTRIERI C.; FILIPPETTI I.; LIA G.; GOVI G.; RAMAZZOTTI S.; BUCCHETTI B.; CENTINARI M. E COLUCCI E., (2005). Prove di inerbimento in vigneti collinari non irrigati di Sangiovese e Chardonnay nella prospettiva di coltivazione integrata e biologica. *Rivista di frutticoltura e di ortofloricoltura.*, 2, 41 – 50.
- INTRIERI, C. (2000) La densità di impianto e l'equilibrio fisiologico: due principi a confronto per la viticoltura del 2000. *Frutticoltura*, 11, 1995, pp. 11-23.
- INTRIERI, C., PONI, S. (1995) Integrated evolution of trellis training systems and machines to improve quality and vintage quality of mechanized italian vineyards. *Am. J. Enol. Vitic.*, Vol. 46, No. 1, 1995, pp. 116-127.

- INTRIERI, C., RAMAZZOTTI, S., FILIPPETTI, I. (2003) Vendemmia e potatura meccanica. La situazione in alcuni paesi esteri. *Mondo Macchina*, 3, 2003, pp. 10-16.
- INTRIERI, C., RAMAZZOTTI, S., FILIPPETTI, I. (2003) Vendemmia e potatura meccanica. La situazione in Italia. *Mondo Macchina*, 5, 2003, pp. 2-15.
- IRVV (ISTITUTO REGIONALE DELLA VITE E DEL VINO) (2010). Sicilia continente vino. Ed. Regione Siciliana, Palermo 2010.
- ISPESL/Centro Ricerche Economia e Lavoro/Università degli Studi di Catania – Istituto di Meccanica Agraria “Prevenzione in agricoltura” – Supplemento monografico Prevenzione Oggi, n.1/1997
- ISTAT. (2000) V Censimento Generale dell’Agricoltura, 2000.
- ISTAT. (2011) VI Censimento Generale dell’Agricoltura, Dati provvisori.
- ITAL MED LAV ERG (2010) - Rischio occupazionale in agricoltura e nel settore agroalimentare; 32:4, Suppl, 395-425 © PI-ME, Pavia 2010 <http://gimle.fsm.it>
- JAMAR L., MOSTADE O., HUYGHEBAERT B., Pigeon O., Lateur M. 2010. Comparative Performance of Recycling Tunnel and Conventional Sprayers using Standard and Drift-Mitigating Nozzles in Dwarf Apple Orchards. *Crop Protection* 29, 561–566.
- KNEWITZ H., WEISSER P., Koch H. 2002. Drift-Reducing Spray Application in Orchards and Bio-logical Efficacy of Pesticides. *Aspects of Applied Biology, International Advances in Pesticide Application*, 66, 231–236.
- LA MALFA, C. (2006) La viticoltura nell’area etnea. CORERAS 2006.
- LA PEGNA P., RUGHI D., TERRACINA A., ALTAROCCHA P., VERDEL U. (2002). “Linee guida per la valutazione dell’esposizione ad agenti chimici pericolosi non ancora classificati: il caso della silice cristallina” Convegno Nazionale RISCH Prevenzione e Protezione da Agenti Chimici Pericolosi, Modena 27/9/02
- LINEE GUIDA “PROTEZIONE DA AGENTI CANCEROGENI – Lavorazioni che espongono a polveri di legno duro”, Coordinamento tecnico per la sicurezza nei luoghi di lavoro delle Regioni e delle Province autonome, Convegno Nazionale RISCH Prevenzione e Protezione da Agenti Chimici Pericolosi, Modena 27/9/02
- LINEE GUIDA del 27/09/2001 Accordo tra il Ministro della salute, le regioni e le province autonome sul documento concernente: “Linee-guida per la tutela e la promozione della salute negli ambienti confinati” G.U. S.O. n. 276 del 27/11/01
- LONGO D., PENNISI A., BONSIGNORE R., MUSCATO G., SCHILLACI G. (2010). A Multifunctional Tracked Vehicle Able to Operate in Vineyards Using GPS and Laser Range-Finder Technology. Atti su CD-rom del Congresso Internazionale “Work safety and risk prevention in agro-food and forest systems”, Ragusa, Italy, 16-18 settembre, ISBN/ISSN: 978-88-903151-6-9.
- LONGO D., PENNISI A., CARUSO L., MUSCATO G., SCHILLACI G. (2010). An Autonomous Electrical Vehicle Based on Low-cost Ultrasound Sensors for Safer Operations Inside Greenhouses. Atti su CD-rom del Congresso Internazionale “Work safety and risk prevention in agro-food and forest systems”, Ragusa, Italy, 16-18 settembre, ISBN/ISSN: 978-88-903151-6-9.

- LUCCHINI R., SOMENZI V., MOSSINI E., TIEGHI S., BORGHESI S. (2010). Lo sviluppo dell'agricoltura in Italia oggi: necessità di armonizzare aspetti produttivi e di tutela della salute - Ital Med Lav Erg 2010 - Rischio occupazionale in agricoltura e nel settore agroalimentare; 32:4, Suppl, 396-399, Pavia 2010 <http://gimle.fsm.it>
- MAINES F., (2009) – Meccanizzazione in viticoltura-parte prima, seconda e terza. Istituto S. Michele all'Adige 2009. www.iasma.it
- MANDOW, A. GOMEZ-DE-GABRIEL, J.M. MARTINEZ, J.L. MUNOZ, V.F. OLLERO, A. GARCIA-CEREZO, A.(1996), "The autonomous mobile robot AURORA for greenhouse operation", IEEE Robotics and Automation Magazine, Vol. 3, pp 18-28, 1996, DOI 10.1109/100.556479.
- MARTINEZ DE TODA F., TARDAGUILA J. (2003). Meccanizzazione e fabbisogni di manodopera nei diversi sistemi di allevamento, sfogliatura. In Balsari P., Scienza A. "Forme di allevamento della vite e modalità di distribuzione dei fitofarmaci", pp 152-153 Ed. Bayer Cropscience, L'Informatore Agrario 2003.
- MIGLIOLI A., VIERI M.,(2008). Vendemmiatrici di precisione per produrre vini di qualità. Informatore Agrario, 27, 28-35.
- MONTOJO J. P. (2005) - La vitivinicultura en el siglo XX: una perspectiva desde el mediterraneo. núm. 7 de la Colección Mediterráneo Económico: " Mediterráneo e Historia Económica" ISBN: 84-95531-26-7 Edita: Caja Rural Intermediterránea 313-327 <http://www.fundacioncajamar.es/mediterraneo/revista/me0715.pdf>
- MUNGARI V. (2007), Intervento del Presidente INAIL, Conferenza Nazionale, Torino 25-26 giugno 2007.
- NOVELLO, V., DE PALMA, L., TARRICONE, L., (2000) Dossier: forme d'allevamento della vite. Vignevini, 4, 2000, pp. 80-84.
- NUZZO A., RIMEDIOTTI M., VIERI M. (2008) Impiego del compost e tecniche di distribuzione. Mondo Macchina 9/2008 pp 68-74.
- OCCHIPINTI, E , COLOMBINI, (2004) D.:The Occupational Repetitive Action (OCRA) Methods: OCRA Index and OCRA Checklist. In Eds. Stanton N. et al., Handbook of human factors and ergonomics methods, Boca Raton, CRC Press, 2004: chapter 15, pg 15/1-15/14.
- OCCHIPINTI, E , COLOMBINI, D, COLOMBINI, M (2008): Metodo OCRA: messa a punto di una nuova procedura per l'analisi di compiti multipli con rotazioni infrequenti. La Medicina del Lavoro, 2008, vol. 99; n. 3; pg 234-241.
- OCCHIPINTI, E , COLOMBINI, D. (2004): Metodo Ocr: aggiornamento dei valori di riferimento e dei modelli di previsione dell'occorrenza di patologie muscolo-scheletriche correlate al lavoro degli arti superiori (UL-WMSDs) in popolazioni lavorative esposte a movimenti e sforzi ripetuti degli arti superiori. Med Lav, 2004; 95; 305-319.
- OCCHIPINTI, E , COLOMBINI, D.(2006): Repetitive actions and movements of the upper limbs. In Ed. Karwowski W., Handbook of Standards and Guidelines in Ergonomics and Human Factors, New Jersey, Lawrence Erlbaum Associates, 2006: 243-254.

- OCCHIPINTI, E , COLOMBINI, D.(2007), Updating reference values and predictive models of the OCRA method in the risk assessment of work-related musculoskeletal disorders of the upper limbs. *Ergonomics*. 2007; 50: 1727-39
- PALAMAS, G.HOUZARD, J.-F.; KAVOUSSANOS, M. (2006) “Relative Position Estimation of a Mobile Robot in a Greenhouse Pathway”, IEEE International Conference on Industrial Technology (ICIT2006), Mumbai, December 15-17, 2006, pp. 2298-2302; ISBN: 1-4244-0726-5.
- PARENTI A., VIERI M., (2006). Speciale Vendemmiatrici: Vendemmia Meccanica sempre più precisa e pulita. *L’Informatore Agrario*, 19, 36-43.
- PASTENA B. (1989) - La civiltà della vite in Sicilia. Edizioni Leopardi, 1989.
- PASTENA B. (1990) - Trattato di Viticoltura italiana, 3a ed. Bologna, Edizioni agricole, 1990. ISBN 88-206-3124-5
- PERGHER G (2004). Field evaluation of a calibration method for air assisted sprayers involving the use of a vertical patternator. *Crop Prot.* 23(5): 437-446.
- PERGHER G, GUBIANI R, GASPARINETTI P, DEL CONT BD (1994). Voluntary testing of plant protection equipment in Northern Italy. *Acta Hortic.*, 372: 59-66.
- PERGHER G. (2001). Recovery rate of tracer dyes used for spray deposit assessment. *Trans. ASAE* 44(4): 787-794.
- PERGHER G., PETRIS R. (2008°). A novel, air-assisted tunnel sprayer for vineyards. In: Proceedings of the International Conference “Innovation technology to empower safety, health and welfare in agriculture and agro-food systems” on CD-ROM, Ragusa, Italy, September 15-17
- PERGHER G., PETRIS R. 2008. A Novel, Air-Assisted Tunnel Sprayer for Vineyards. Atti su CD-ROM della International Conference su “Innovation technology to empower safety, health and welfare in agriculture and agro-food systems”, Ragusa, 15-17 settembre 2008.
- PERGHER G., VIERI M., (2007). Progressi della ricerca nell’ ingegneria delle produzioni viticole. Convegno Nazionale A.I.I.A. - Pisa e Volterra 5-7 settembre 2007 “Tecnologie innovative nelle filiere: orticola, vitivinicola e olivicola-olearia” pag.1-12
- PERGHER, G., GUBIANI, R. (1995) Analisi dei tempi di lavoro nella potatura del vigneto. *Macchine e Motori Agricoli*, 7-8, 1995, pp. 49-53.
- PETERSON DL, HOGMIRE HW (1995). Evaluation of tunnel sprayer systems for dwarf fruit trees. *Appl. Eng. Agric.* 11(6): 817-821.
- PEZZI F., BORDINI F., GIUNCHI, A. (2007). Valutazione della resistenza al taglio dei tralci di vite durante la potatura invernale, in: “Tecnologie innovative nelle filiere: orticola, vitivinicola e olivicola-olearia, Agnano Pisano (PI), pp. 99 - 102 (atti di: Convegno Nazionale III, V, VI Sezione A.I.I.A, Pisa e Volterra, 5-7 settembre 2007)
- PEZZI F., C. CAPRARA, F. BORDINI, G. BARALDI,(2007) Interazione Macchina Pianta Nella Vendemmia Meccanica, «VIGNEVINI», 2007, 5, pp. 79 – 82

- PEZZI F.,(2005). Macchine per una moderna viticoltura. *Mondo Macchina*, 3, 24-29.
- PEZZI F.; BORDINI F., (2004) -Gestione del suolo in viticoltura, «VIGNEVINI», 2004, 10, pp. 61 - 65
- PEZZI, F., BORDINI, F. (2006) La potatura meccanica del vigneto: aspetti tecnici, qualitativi ed economici di differenti livelli di meccanizzazione. *Rivista di Ingegneria Agraria*, n°1, 2006, pp. 55-63.
- PLANAS S., F. SOLANELLES, A. FILLAT. (2002). Assessment of recycling tunnel sprayers in Mediterranean vineyards and apple orchards. *Biosystem Engineering*, 82 (1), 45-52
- PLANAS S., F. SOLANELLES, A. FILLAT. 2002. Assessment of Recycling Tunnel Sprayers in Mediter-ranean Vineyards and Apple Orchards. *Biosystem Engineering*, 82 (1), 45–52.
- POMARICI E., ROCCO L., SPEZIA G. (2006) . Convenienza della meccanizzazione viticola 41/2006 L'Informatore Agrario: 103-109.
- POMARICI E., SARDONE R. (2004), “ Il settore vitivinicolo in Italia, Strutture produttive, mercati e competitività alla luce della nuova Organizzazione Comune di Mercato”, INEA, Studi& Ricerche, Roma;
- PONI, S., (2001) Valutazione dell'efficienza di chiome di vite. L'Informatore Agrario, 14, 2001, pp. 29-37.
- PORRAS-SORIANO A., PORRAS SORIANO M.L., Porras-Piedra A., Soriano Martin. M.L. 2005. Com-parison of the Pesticide Coverage Achieved in a Trellised Vineyard by a Prototype Tunnel Sprayer, a Hydraulic Sprayer, an Air-Assisted Sprayer and a Pneumatic Sprayer. *Spanish Journal of Agricultural Research* 3(2), 175–181.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM. 2009. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org>.
- RASTOGI SK, GUPTA BN, HUSAIN T, MATHUR N. (1989). Respiratory health effects from occupational exposure to wood dust in sawmills. *Am Ind Hyg Assoc J*. 1989 Nov; 50(11):574-8.
- REGIONE LOMBARDIA, (2009) – (Allegato 1) Linee guida regionali per la prevenzione delle patologie muscolo-scheletriche connesse con movimenti e sforzi ripetuti degli arti superiori. direzione generale Sanità decreto n. 3958 del 22 aprile 2009.
- REGIONE VENETO (2002) - Linee Guida per l'applicazione del Titolo VII del D.Lgs. 626/94, come modificato dal D.Lgs. 66/2000, delle attività comportanti esposizione alle attività comportanti esposizione a polveri di legno. Direzione Regionale per la Prevenzione.
- RIMEDIOTTI M., VIERI M., MONTANARI M., (2008). Irroratrice elettrostatica per l'agricoltura ecocompatibile. L'Informatore agrario, 24, 85-88.
- ROMANO E., BONSIGNORE R., CAMILLIERI D., CARUSO L., CONTI A., SCHILLACI G. (2010). Evaluation of Hand Forces During Manual Vine Branches Cutting. In:Atti International Conference Ragusa SHWA2010 “Work Safety and Risk Prevention in

Agro-food and Forest Systems”. Ragusa Ibla Campus- Italy, September 16-18, p. 465-470.

ROMANO E., CAMILLIERI D., BONSIGNORE R., SCHILLACI G. (2011) Perceived stress and measured forces in vineyard pruning. In:Atti XXXIV CIOSTA CIGR V Conference 2011.

ROSSI, A. (1955) La viticoltura in Sicilia. Istituto della vite e del vino, Palermo, 1955.

SAMMONS P. J., FURUKAWA T. AND BULGIN A.(2005), “Autonomous Pesticide Spraying Robot for Use in a Greenhouse,” 2005 Australian Conference on Robotics and Automation (CD-ROM), December 5-7, 2005, Sydney, pp. 1-8, 2005.

SANCHEZ-HERMOSILLA J., RODRIGUEZ F., GONZALEZ R., GUZMAN J. L. AND BERENGUEL M. (2010). “A mechatronic description of an autonomous mobile robot for agricultural tasks in greenhouses”, Mobile Robots Navigation, Alejandra Barrera (Ed.), ISBN: 978-953-307-076-6, INTECH.

SARTORI L., ROTA M., (2006). Utilizzo della tecnologia Gps nell’impianto del vigneto. L’informatore Agrario, 7, 60 – 62.

SCARSELLI A. MARINACCIO A., NESTI M, MARCONI M. (2002) “Occupational exposure to silica in Italy: assessing the extent of workers using administrative data”. La medicina del lavoro, Vol. 93,supplemento 2002 – 3RD International Symposium on Silica, Silicosis, Cancer and Other Diseases –S. Margherita Ligure 21-25 october 2002

SCHILLACI G., BALLONI S., BONSIGNORE R., CAMILLIERI D. (2011). Influenza del fattore frequenza nella valutazione del rischio muscolo scheletrico. In Atti Convegno di Medio Termine dell’Associazione Italiana di Ingegneria Agraria. Belgirate, 22-24 settembre 2011.

SCHILLACI G., BALLONI S., BONSIGNORE R., CAMILLIERI D., ROMANO E. (2010). Forze misurate e sforzi percepiti nel taglio dei sarmenti di vite. In atti III Convegno Nazionale di Viticoltura - CONAVI 2010, 5-9 luglio, IASMA, San Michele all’Adige (TN).

SCHILLACI G., BALLONI S., CAMILLIERI D., CONTI A., TIRRÒ G., CARUSO L. (2009). Determinazione di residui sospesi in aria dopo trattamenti in serra con agrofarmaci. Atti su CD rom del IX Convegno Nazionale AIIA 12-16 settembre, Ischia Porto (NA).

SCHILLACI G., BALLONI S., CARUSO L., CAMILLIERI D. (2010). Risk due to repetitive movements in manual vineyard pruning. In: Atti su CD “Third International Congress on Mountain and Steep Slope Viticulture”. 12–14 maggio 2010, Castiglione di Sicilia (CT) (Italy).

SCHILLACI G., BALLONI S., CARUSO L., CONTI A., PENNISI A., LONGO D., MUSCATO G. (2009). "Prove di funzionamento telecomandato e autonomo di un veicolo elettrico multifunzionale destinato alle colture in serra", Proceedings of the IX Convegno Nazionale dell’Associazione Italiana di Ingegneria Agraria AIIA 2009, Memoria n. 7-37, 12-16 september 2009, Ischia Porto, Italy.

SCHILLACI G., BONSIGNORE R., CARUSO L., BALLONI S., TIRRO' G., ROMANO E. (2011). Observations on Wood Dust and VOC emissions during Mechanical Pre-pruning in Vineyards. XXXIV CIOSTA – CIGR V Conference 2011 - Efficient and safe production processes in sustainable agriculture and forestry

SCHILLACI G., BONSIGNORE R., CAMILLIERI D., BALLONI S., ROMANO E. (2010). Hand forces during manual vine branches cutting. Atti su CD III Congresso internazionale Cervim di viticoltura di montagna ed in forte pendenza. 12–14 maggio 2010, Castiglione di Sicilia (CT) (Italy).

SCHILLACI G., BONSIGNORE R., CAMILLIERI D., ROMANO E. (2010). Assessment of the “Strain” Parameter in the Calculation of the Biomechanical Risk Index as Regards the Upper Limbs in Vineyard Manual Pruning. In: Atti International Conference Ragusa SHWA2010 “Work Safety and Risk Prevention in Agro-food and Forest Systems”. Ragusa Ibla Campus- Italy, September 16-18, p. 353-359.

SCHILLACI G., BONSIGNORE R., CARUSO L., BRULLO V. (2009) – Potatura verde del vigneto: il ruolo della meccanizzazione. Mondo Macchina vol. 3; p. 50-59, ISSN: 1125-422X

SCHILLACI G., BONSIGNORE R., CONTI A., CARUSO L. (2009) - Una nuova operatrice per la meccanizzazione dei vigneti ad alberello . Atti su CD-rom del IX Convegno Nazionale AIIA: Ricerca e innovazione nell'ingegneria dei biosistemi agro-territoriali. 12 – 16 Settembre 2009 Ischia Porto. memoria n. 380 pp. 1-10

SCHILLACI G., BONSIGNORE R., PENNISI A., LONGO D., MUSCATO G. (2010). “A multifunctional remote controlled and/or autonomous electrical vehicle able to operate in slope vineyard”, Proceedings of the Third International Congress on Mountain Steep Slope Viticulture, Castiglione di Sicilia (CT), Italy, 12-14 May 2010.

SCHILLACI G., CARUSO L., BALLONI S., CAMILLIERI D. (2011). I rischi da sovraccarico biomeccanico nelle attività del vivaio orticolo. Convegno di Medio Termine dell'Associazione Italiana di Ingegneria Agraria. Belgirate, 22-24 settembre 2011.

SCHILLACI G., CARUSO L., BALLONI S., CAMILLIERI D., ROMANO E., RAPISARDA V., (2011). WRMSDs Assessment in Greenhouse Nursery. In: Atti XXXIV CIOSTA CIGR V Conference 2011.

SCHILLACI G., CARUSO L., BONSIGNORE R., CAMILLIERI D., EMMA G., TIRRO' G., RAPISARDA V. (2010). Produzione di polveri di legno e emissione di VOC durante la prepotatura delle viti. Atti su CD III Congresso internazionale Cervim di viticoltura di montagna ed in forte pendenza. 12 – 14 maggio 2010, Castiglione di Sicilia (CT).

SCHILLACI G., CARUSO L., CAMILLIERI D., BONSIGNORE R. (2009). Macchine e tecniche di potatura invernale nella vite allevata a cordone speronato. Atti su CD-rom del IX Convegno Nazionale AIIA: Ricerca e innovazione nell'ingegneria dei biosistemi agro-territoriali. 12 – 16 Settembre 2009 Ischia Porto. (NA).

SCHILLACI G., CERRUTO E., BALLONI S., CONTI A., CARUSO L. (2009): “Prove di ottimizzazione di una barra verticale installata su un veicolo semovente per la distribuzione di agrofarmaci in serra”. Proceedings of the IX National Congress AIIA: Ricerca e innovazione nell'ingegneria dei biosistemi agro-territoriali. September 12 – 16 2009 Ischia Porto. pp. 1-10 ISBN: 978-88-89972-13-7.

SCOEL. (2003). Recommendation from Scientific Committee on Occupational Exposure Limits for Wood dust. SCOEL/SUM/102 final.

SIEGFRIED W, VIRET O, HOLLIGER E, MITTAZ C, CRETENAND Y, ANTONIN P (1999). Qualité de l'application des produits phytosanitaires en viticulture et efficacité de la lutte contre les maladies fongiques. Rev. Suisse de Viticulture, d'Arboriculture et d'Hort. 31(4): I-VIII.

SLAUGHTER D.C., GILES D.K., DOWNEY D. (2008); "Autonomous robotic weed control systems: a review"; Computers and electronics in agriculture, Vol. 61, pp 63-78, Elsevier.

SMART R.E, J.K. DICK, I.M. GRAVENT, B. M. FISHER (1990) – Canopy Management to improve grape yield and wine quality. Principles and Practices. S. Afr. J. Enol. Vitic., Vol 11(1), 1990

SOTTILE, I., BARATTA, B., DI LORENZO, R., PIPITONE, F. (1978) Primi risultati della trasformazione dell'alberello appoggiato siciliano in sistemi di allevamento a controspalliera. Atti Conv. Naz. Vend. meccanica in Italia. Firenze, 1978.

SPEZIA G., VIERI M. (2008) - la gestione della chioma nella moderna viticoltura – MMW n. 5/2008 pagg 12-23

Spezia, G, Vieri, M. (2008) La gestione della chioma nella moderna viticoltura. Mondo Macchina, 5, 2008, pp. 12-22.

STORCHI P., GENTILE S., MORELLI A., ANDRENELLI C., COSTANTINI E., (2009). Indagine ARP, nuovo strumento per la conoscenza del suolo. VigneVini, 6, 84-86.

STORCHI P., TOMASI D., 2005. Ecologia viticola e zonazioni. Manuale di Viticoltura, 17-34, Edagricole (Bologna).

THÉRIAULT R, SALYANI M, PANETTON B.(2001). Development of a recycling sprayer for efficient orchard pesticide application. Appl. Eng. Agric. 17(2): 143-150.

UNI CEN, 1994. Norma UNI EN 481 "Atmosfera nell'ambiente di lavoro. Definizione delle frazioni granulometriche per la misurazione delle particelle aerodisperse". Ed. Ottobre 1994.

UNI ISO, 1998. Norma UNI ISO 7708 "Qualità dell'aria. Definizioni delle frazioni granulometriche per il campionamento relativo agli effetti sanitari. Ed. settembre 1998.

VALENTI L., CISANI F., MATTIVI F., CARLETTI F., (2004) -Sette forme di allevamento ad alta densità del Sagrantino, Informatore agrario, 48, pagg 49-55.

VERCESI A., SPEZIA G., FREGONI M., (2002). Viticoltura di precisione per le zone viticole ed il vigneto. Supplemento a Informatore Agrario 13, 31-34.

VERCESI, A., (2003) La viticoltura mediterranea: dalle particolarità delle tradizioni le possibilità di sviluppo. Il caso delle cinque Terre. Phytomagazine 17.

VIERI M. (2003). - La distribuzione dei fitofarmaci: i criteri. Cap. 7. Volume "Forme di allevamento della vite e modalità di distribuzione dei fitofarmaci. Bayer Crop Science, Milano 2003. Distribuzione Informatore Agrario.

VIERI M. , GIANCARLO SPEZIA G., PAGNI P. P. (2010) Ingegneria delle produzioni viticole: stato dell'arte e future applicazioni Review n. 11 - Italus Hortus 17 (1), 2010: 33-57

VIERI M. IN AA.VV. (2004) - Come tarare le macchine irroratrici per vigneto. Informatore Agrario. 10/2004, 31-40.

VIERI M., (2003). Forme di allevamento della vite e modalità di distribuzione dei fitofarmaci. Cap. 7. Volume "Forme di allevamento della vite e modalità di distribuzione dei fitofarmaci. Bayer Crop Science, (Milano). Distribuzione Informatore Agrario.

VIERI M., (2004). L'evoluzione tecnica e tecnologica della moderna viticoltura imprenditoriale. Atti Accademia dei Georgofili, Settima serie Vol. L, Firenze.

VIERI M., (2009) Macchine per la gestione del suolo nella moderna viticoltura MMW n. 4-5/2009.pp 48-55,

VIERI M., ZOLI M. (1998). La meccanizzazione dei vigneti su pendici terrazzate. Rivista di Ingegneria Agraria, Quaderno n. 17, 36-68, Trapani 20-23 giugno 1995.

WALKLATE PJ, CROSS JV, RICHARDSON GM, BAKER DE, MURRAY RA (2003). Pesticide dose adjustment to the crop environment (PACE): Systems development. In Proc. VII Workshop on Spray Application Techni. In Fruit Growing, 285-292. Torino, Italy: DEIAFA.

WALKLATE PJ, CROSS JV, RICHARDSON GM, MURRAY RA, BAKER DE (2002). Comparison of different spray volume deposition models using LIDAR measurements of apple orchards. Biosys. Eng. 82(3): 253- 267.

PRINCIPALE SITOGRAFIA

www.inea.it/

www.istat.it/

www.ismea.it

www.sias.regione.sicilia.it/

www.vinexpo.com

www.vitevino.it/

www.parcoetna.it

www.regione.sicilia.it

<http://agency.osha.eu.int/publications/>

<http://www.federchimica.it>

<http://venetoagricoltura.regione.veneto.it/>

www.viticulturasostenibile.it

www.wikipedia.it

APPENDICE A

Norme generali sugli aspetti della sicurezza

1. D.P.R. 27 aprile 1955 n.547 Norme per la prevenzione degli infortuni sul lavoro. Tutela della sicurezza dei lavoratori nel luogo di lavoro (G.U. del 12/07/55 n.158, s.o.)
2. D.P.R. 19 marzo 1956 n.303 Norme generali per l'igiene del lavoro. Tutela della salute dei lavoratori nel luogo di lavoro (G.U. del 30/04/56 n.105, s.o.)
3. LEGGE 19 novembre 1984 n.862. Ratifica ed esecuzione delle convenzioni dell'Organizzazione Internazionale del lavoro (OIL) n.148; 149, 150, 151 e 152. Tutela della salute dei lavoratori sul luogo di lavoro. La Convenzione n.148 riguarda la protezione dei lavoratori contro i rischi professionali dovuti all'inquinamento dell'aria, al rumore e alle vibrazioni sui luoghi di lavoro. (G.U. del 20/12/84 n.349, s.o.)
4. DECRETO LEGISLATIVO.15 agosto 1991 n.277 Attuazione delle Direttive 80/1107/CE E, 82/605/CEE, 83/477/CEE e 88/642/CEE in materia di protezione dei lavoratori contro i rischi derivanti da esposizioni ad agenti chimici, fisici e biologici durante il lavoro, a norma dell'art.7 della legge 30 luglio 1990 n.212. (G.U. del 27/08/91 n.200, s.o.)
5. DECRETO LEGISLATIVO 19 settembre 1994 n.626 e successive modifiche del 1996, 1999, 2000 Attuazione delle direttive 89/391/CEE, 89/654/CEE, 89/655/CEE, 89/656/CEE, 90/269/CEE, 90/270/CEE, 90/394/CEE e 90/679/CEE, riguardanti il miglioramento della sicurezza della salute dei lavoratori nel luogo di lavoro. (G.U. del 12/11/94 n.265, s.o.)
6. DECRETO LEGISLATIVO 19 dicembre 1994 n.758. Modifica alla disciplina sanzionatoria in materia di lavoro. Vigilanza sul lavoro. (G.U. del 26/01/95 n.21, s.o.)
7. D.P.R. n 459 del 24/07/1996 Regolamento per l'attuazione delle direttive 89/392/CEE, 91/368, 93/44 e 93/68 concernenti il riavvicinamento delle legislazioni degli Stati membri relative alle macchine. G. U., S. O. n 209 del 06/09/1996
8. DECRETO LEGISLATIVO 14 agosto 1996 n.493 Attuazione della Direttiva 92/58/CEE concernente le prescrizioni minime per la segnaletica di sicurezza e salute sul luogo di lavoro. Segnaletica di sicurezza. (G.U. del 23/09/96 n.223, s.o.)
9. DECRETO MINISTERIALE 16 gennaio 1997. Individuazione dei contenuti minimi della formazione dei lavoratori, dei rappresentanti dei lavoratori per la sicurezza e dei datori di lavoro che possono svolgere direttamente i compiti propri del Responsabile del Servizio di prevenzione e protezione. (G.U. del 03/02/97 n.27)
10. D.M. 17 gennaio 1997 Elenco di norme armonizzate concernente l'attuazione della Direttiva 89/686/CEE relativa ai dispositivi di protezione individuale.(Il decreto integra quanto già disposto dal D.Lgs.626/94 e dalla normative previgente in materia di DPI). (G.U. del 06/02/97 n.30)
11. D.M. 4 maggio 1999 n.86 Approvazione del codice di buona pratica agricola. Pratiche agricole.
12. DECRETO LEGISLATIVO 4 agosto 1999 n.345 Attuazione della Direttiva 94/33/CE, relativa alla protezione dei giovani sul lavoro. (G.U. del 08/10/99 n.237)
13. DECRETO LEGISLATIVO.4 agosto 1999 n.359 Attuazione della Direttiva 95/63/CE che modifica la direttiva 89/655/ CEE relativa ai requisiti minimi di sicurezza e salute per l'uso di attrezzature di lavoro da parte dei lavoratori. Stabilisce le norme per il corretto impiego delle attrezzature da lavoro, introducendo modifiche al Titolo III del D.Lgs.626/94. (G.U. del 19/10/99 n.246)
14. DECRETO LEGISLATIVO. 8 giugno 2001. n. 231 Disciplina della responsabilita' amministrativa delle persone giuridiche, delle societa' (G.U. del 19/06/01 n.140)

15. DIRETTIVA 2006/42/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 17 maggio 2006, relativa alle macchine e che modifica la direttiva 95/16/CE G.U.U.E. del 9.6.2006 L 157/24.
16. DECRETO LEGISLATIVO 9 aprile 2008 , n. 81. Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro.(G.U. n. 101 del 30 aprile 2008)
17. DECRETO LEGISLATIVO 3 agosto 2009, n. 106. Disposizioni integrative e correttive del decreto legislativo 9 aprile 2008, n. 81, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro (G.U. n. 180 del 5 agosto 2009)
18. DECRETO LEGISLATIVO 27 gennaio 2010, n. 17 recante "Attuazione della direttiva 2006/42/CE, relativa alle macchine e che modifica la direttiva 95/16/CE relativa agli ascensori s.o. n. 36 (GU n. 41 del 19/02/2010).
19. DIRETTIVA 2009/127/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 21 ottobre 2009 che modifica la direttiva 2006/42/CE relativa alle macchine per l'applicazione di pesticidi. G. U. U.E. del 25.11.2009 L 310/29

Ringraziamenti

Al termine di questo lavoro sento di voler ringraziare le tante persone che ho incontrato e contattato e con le quali ho condiviso questo intenso percorso formativo.

Ringrazio per primi i docenti, i ricercatori e il personale del Dipartimento di Ingegneria Agraria, oggi Dipartimento GeSA, per la disponibilità e la collaborazione che mi hanno offerto.

Un particolare ringraziamento va al prof. Giampaolo Schillaci che mi ha caricato di entusiasmo in tutto il percorso di dottorato e con capacità di insegnamento, mi ha dato tanti preziosi consigli, mi ha guidata nella ricerca e nella redazione della tesi.

Desidero ringraziare il dott. Luciano Caruso, che conosco da anni, per la sua disponibilità e gentilezza, per il materiale scientifico offertomi e per aver discusso e condiviso con me le attività svolte nel corso di studi e nella ricerca.

Un grazie di cuore al signor Gaetano Di Pino, sempre attento alle innovazioni in agricoltura, per avermi reso partecipe dei suoi progetti e delle sue idee sulle soluzioni meccaniche per il vigneto e avermi aperto le porte dell'azienda "Zisola" della famiglia Mazzei.

Ringrazio, inoltre, la FAMA (MN), la Sciacco srl (RG), la Vindigni-Tringali V. sas (RG) e tutte le aziende vitivinicole che hanno reso possibile lo svolgimento delle attività di ricerca. Grazie, anche all'ing. Mimmo Longo per avermi introdotto al mondo della robotica.

Ringrazio i colleghi di dottorato, nonché amici e vicini di scrivania, Silvio Balloni, Davide Camillieri e Andrea Conti che con la loro disponibilità, cortesia e simpatia, mi hanno dedicato del tempo e mi hanno fornito tanti dati puntuali e precisi.

Un sentito grazie al prof. Emanuele Cerruto e all'ing. Giuseppe Manetto per i contributi importanti che mi hanno fornito. Grazie alla dott.ssa Sabina Failla per la sua amicizia e l'incoraggiamento offertomi.

Sono grata al dott. Elio Romano del CRA-ING (BG) per la sua importante collaborazione, mista a simpatia e gentilezza.

Ringrazio gli amici conosciuti in Dipartimento, Lara, Paola, Ilaria, Salvo, Gaetano, Alba per la loro piacevole compagnia e per lo scambio di esperienze che mi hanno arricchito a livello umano e professionale.

Devo ringraziare Vera e tutti i colleghi che in questi anni mi sono stati vicini e mi hanno supportato con la loro generosa disponibilità, consentendomi di portare avanti, contemporaneamente alla mia articolata attività lavorativa di funzionario dell'Assessorato Risorse Agricole e Alimentari, anche questa di studio e ricerca.

Ringrazio mia mamma e mia sorella Simona, a cui ho rubato tanti momenti per svolgere le mie ricerche. Ringrazio mio papà per gli insegnamenti che mi ha lasciato e per i bellissimi ricordi che mi accompagnano ogni giorno in ogni cosa che faccio.

Infine, condivido questo traguardo e la mia gioia con mio marito Giuseppe, per aver accettato con pazienza che sottraessi a lui del tempo per realizzare questo percorso.

Acireale, 9 dicembre 2011