

Sottomisura 16.2 Progetto VELTHA (PIF 43/2015) Vite e vino, Eccellenza del Territorio, dell'Habitus e dell'Ambiente Sostenibilità e qualità delle produzioni vitivinicole di eccellenza.

Resoconto delle attività svolte dalla u.o. Unifi

La necessità della introduzione di tecniche di agricoltura di precisione risulta sempre più evidente poiché nell'ambito della stessa realtà produttiva si rileva una eterogeneità delle condizioni gestionali: variabilità interparcellare, suoli e profili pedologici diversi, caratteristiche vegetative differenti, ecc., parametri qualitativi e quantitativi variabili che comportano difficoltà nella gestione delle operazioni.

Nell'ambito del progetto VELTHA (PIF 43/2015) Vite e vino, Eccellenza del Territorio, dell'Habitus e dell'Ambiente Sostenibilità e qualità delle produzioni vitivinicole di eccellenza, l'unità di ricerca dell'Università degli Studi di Firenze (Dagri, già Gesaaf) ha svolto le attività previste relative alle seguenti Azioni (Fig.1):

Fig. 1 Azioni di progetto



- * Azione 2 - Identificazione dei criteri per l'applicazione efficace e sostenibile delle tecnologie disponibili di Agricoltura intelligente e di Precisione ai sistemi aziendali e ai supporti di rete.
- * A 3.3 Criteri di gestione delle tecnologie di trattamento a rateo variabile
- * A 3.4 Identificazione delle caratteristiche dimensionali della chioma in relazione ai trattamenti
- * A 4.1 analisi delle soluzioni adottabili nella azienda pilota per attuare interventi culturali a basso livello di compattamento



Relativamente alla esigenza di trasferire tecnologie e tecniche di agricoltura di precisione, il settore agricolo sta attraversando un passaggio culturale che risulta piuttosto caotico, a causa di un mercato che propone soluzioni tecnologiche, spesso non ancora appropriate per essere introdotte proficuamente. Questo nuovo approccio richiede, invece, una efficace identificazione della architettura tecnologica, della formazione degli operatori e della creazione ottimale, affidabile di prodotti e servizi.

Il cuore reale della innovazione è la possibilità di attuare in maniera effettiva e proficua una Agricoltura di Precisione Sostenibile. La disponibilità di tecnologie di misura e di gestione automatizzata ci permette di riappropriarsi della complessità della viticoltura. La conoscenza delle condizioni del suolo, dell'ambiente e di altri fattori come la dinamica delle popolazioni dei parassiti, rappresenta il primo grande strumento di realtà aumentata che ci permette di incrementare le nostre capacità di gestione sia nel particolare che

nell'estensione delle nostre azioni. Nello sviluppo dei nuovi sistemi di alta tecnologia risulta di fondamentale importanza l'approccio multiattore e multicompentence: sono necessarie figure specializzate, cui si aggiungono i servizi di assistenza tecnologica e tecnica. Non considerare la complessità di questi sistemi di alta tecnologia e la necessaria complementarietà delle competenze comporta il rischio di abbassare il livello qualitativo di tale approccio, allungarne i tempi di raggiungimento della maturità tecnologica necessaria per diventare efficace, attuabile e proficuo.

Fig. 2 – Il mercato propone un universo caotico di tecnologie, spesso non appropriate ad essere inserite proficuamente in un contesto produttivo

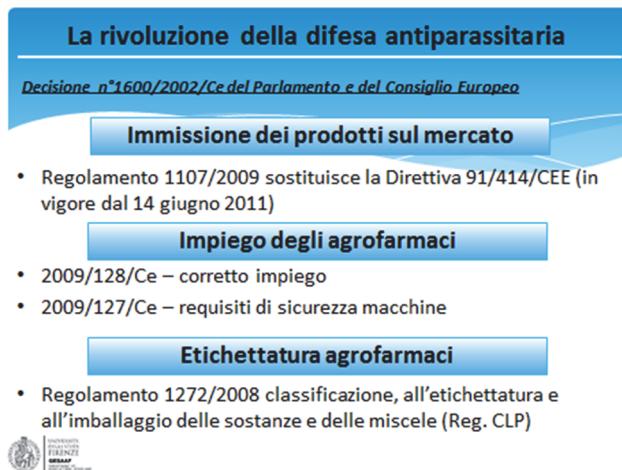


Fig. 3 – Occorrono professionisti specializzati, servizi di assistenza tecnologica e tecnica.



Il recepimento della Direttiva europea 2009/128/CE e del PAN Piano di Azione Nazionale per l'uso sostenibile dei pesticidi decreto legislativo 14 agosto 2012, n. 150, impone, anche in Italia, l'adozione da parte delle aziende agro-forestali, importanti provvedimenti inerenti le pratiche di difesa fitosanitaria. Nello specifico si richiedono interventi finalizzati alla ottimizzazione della distribuzione dei pesticidi, ed anche misure volte alla risoluzione di problematiche riguardanti lo stoccaggio, la manipolazione, la diluizione e miscelazione di pesticidi prima e dopo l'applicazione. La gestione di tali aspetti, in ambito aziendale, è caratterizzata da forte criticità. Il sempre più complesso processo di gestione dei trattamenti di difesa antiparassitaria per gli evidenti cambiamenti climatici e l'aumento del costo delle materie prime, nutrienti e pesticidi, impone una ottimizzazione nella corretta applicazione. Su oltre 1000 €/ha/anno il risparmio ottenibile è del 25% ciò che significa 25.000€/anno in una azienda imprenditoriale di 100 ettari.

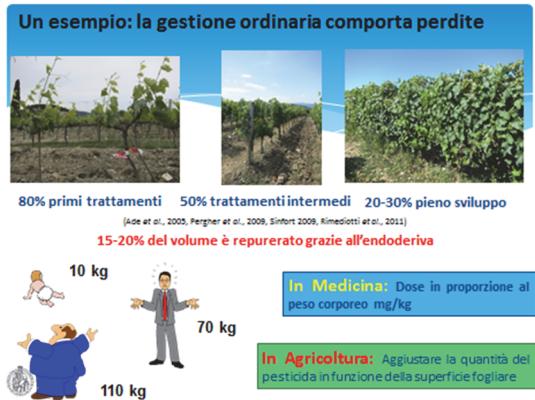
Fig. 4 - Normative sull'uso sostenibile dei prodotti fitosanitari: nuovi approcci gestionali



La necessità di adempiere agli obblighi previsti dal piano nazionale sull'uso sostenibile dei prodotti antiparassitari (PAN)

hanno indirizzato le attività verso una analisi volta a caratterizzare i parametri di erogazione delle macchine irroratrici come set-up di supporto decisionale per la gestione VRA. Lo studio dei corretti criteri di applicazione dei prodotti fitosanitari è iniziato già negli anni 80 e sono stati approfonditi nell'ultimo decennio con sviluppo di metodi per stimare con precisione il quantitativo sufficiente per una corretta copertura fitoietrica.

Fig 5 – Adeguamento proporzionale dei volumi e delle dosi allo sviluppo vegetativo



L'impiego di macchine irroratrici a recupero rappresenta una delle principali soluzioni tecniche per l'abbattimento delle dispersioni fuori "bersaglio", il quantitativo di miscela che non raggiunge direttamente la vegetazione viene aspirato e recuperato nel serbatoio, con notevoli vantaggi in termini di riduzione della deriva e risparmio economico.

Fig. 6 - Definizione dei corretti criteri di applicazione attraverso misurazioni di campo durante le operazioni di difesa antiparassitaria, volte alla definizione dei parametri più appropriati per l'identificazione della corretta dose e del volume di prodotto da impiegare nelle diverse fasi di sviluppo della chioma. Impiego di una irroratrice a recupero



Per la definizione dei criteri sono state condotte misurazioni di campo durante le operazioni di difesa antiparassitaria volte alla definizione dei parametri più appropriati per l'identificazione della corretta dose e del volume di prodotto da impiegare nelle diverse fasi di sviluppo della chioma. Nelle prime fasi sono stati impostati 150 litri/ettaro di volume di prodotto, per arrivare poi, nelle ultime fasi della stagione a 250 litri/ettaro impostati nella macchina. I trattamenti antibotritici che interessavano solo la fascia di parete del grappolo hanno permesso di abbassare il volume impostato a 200 litri/ettaro. La definizione delle soglie di intervento per una gestione VRA è stata realizzata mediante analisi dei volumi di miscela recuperata da una irroratrice a tunnel. Tale tecnologia consente infatti di ridurre sensibilmente le dispersioni nell'ambiente fornendo quindi indirettamente un dato significativo sui volumi applicati sulla vegetazione. Per calcolare le percentuali di recupero di ogni trattamento sono state utilizzate delle specifiche bilance, poste sotto le ruote del complesso trattore-macchina irroratrice, al fine di determinare le variazioni di massa, quindi volume, prima e dopo l'esecuzione dei trattamenti. La differenza, corretta dagli errori di tipo sistematico, rappresenta l'effettiva quantità

di prodotto irrorata quindi la percentuale di prodotto recuperato nel trattamento.

Per verificare la qualità della copertura dei trattamenti, sono state poste delle cartine idrosensibili sulle parete vegetativa in almeno 10 repliche per trattamento su diverse varietà di vitigno in modo da ottenere la più ampia casistica. Successivamente le cartine idrosensibili sono state scannerizzate ed analizzate mediante software per analisi di immagine Imagej, per la quantificazione dei volumi unitari di prodotto $\mu\text{L}/\text{cm}^2$ e le dosi unitarie in ng/cm^2 . L'analisi ha consentito di caratterizzare dose e volume di miscela da utilizzare per ogni trattamento, in modo da ridurre al minimo le dispersioni ed ottimizzare la distribuzione in funzione delle caratteristiche dimensionali del bersaglio. Inoltre ciò ha permesso di individuare delle soglie di volumi standardizzate in grado di garantire una ottimale copertura dei trattamenti nei differenti stadi di sviluppo fisiologico riducendo fino a valori massimi del 50% i volumi complessivi di utilizzazione annua di acqua.

Fig. 7 – Irroratrice a recupero impiegata nelle attività di progetto



Fig. 8 – materiali e metodologie impiegate



Nel più generale ambito della gestione della chioma e in riferimento particolare alle operazioni di difesa antiparassitaria eseguite con macchine irroratrici, è stato analizzato lo sviluppo della chioma in relazione alle fasi fenologiche e agli interventi di gestione del verde in funzione delle prescrizioni di dose ad ettaro di formulato commerciale e di volumi impiegati. Il limite attuale della gestione della difesa antiparassitaria è costituito dall'impossibilità di definizione preliminare dei quantitativi di miscela necessaria e di dose di fitofarmaco da impiegare. Infatti, sia nella fase iniziale di accrescimento del vigneto che durante la gestione in verde, dove prevista, si determinano variazioni del volume della chioma e, conseguentemente, anche variazioni nelle quantità di pesticida necessario/intercettato dalla pianta. In tal senso la ricerca scientifica ha prodotto alcuni metodi di adeguamento della dose tra cui il metodo Canopy Height (CH), Leaf wall area (LWA), Tree Row Volume (TRV), Canopy Adapted Spray CAS. Tali metodologie di caratterizzazione dei volumi e delle superfici fogliari rappresentano la concretizzazione della corretta impostazione delle pratiche di difesa antiparassitaria risultando in linea con le direttive comunitarie e nazionali di recente introduzione e al contempo avveniristiche e in controtendenza alla gestione ordinaria. La riduzione dei rischi ambientali connessi alla irrorazione di pesticidi deve infatti essere orientata verso un adeguamento delle dosi alle reali esigenze della coltura garantendo al contempo l'efficacia biologica.

Fig. 9 - Sviluppo della chioma in relazione alle fasi fenologiche e agli interventi di gestione del verde



La ricerca, condotta in modo partecipativo e collaborativo da tutti i soggetti coinvolti, ha cercato di individuare e collaudare strumentazioni e protocolli di misura volti a quantificare in modo rapido e preciso l'area fogliare del vigneto (LAI Leaf Area Index). La caratterizzazione dello sviluppo della parete è stata effettuata prendendo in esame l'indice di area fogliare L.A.I. (Leaf Area Index, indice di area fogliare), ossia di area della superficie fogliare (m^2) per unità di superficie di terreno (m^2) ed è perciò un indice adimensionale. Le misurazioni sono state realizzate sia mediante l'utilizzo di applicazioni per smartphone che restituiscono sulla base di fotografie un valore istantaneo (Vitanopy (De Bei R. et al., 2016) PoketLAI (Confalonieri R. UNIMI) che mediante sistemi laser che consentono l'acquisizione in LiDAR 2D del profilo delle chiome. I valori ottenuti dai supporti digitali sono stati successivamente comparati con misurazioni distruttive per valutare la significatività dei valori misurati. Inoltre è stato implementato un modello matematico che mette in relazione la lunghezza delle nervature centrali (cm) della foglia, con la sua area espressa in cm^2 . Parallelamente sono proseguiti i monitoraggi di efficacia dei trattamenti in relazione alla riduzione della dose.

Fig. 10 – Efficacia del trattamento in termini di % di copertura, mediante l'impiego di cartine idrosensibili

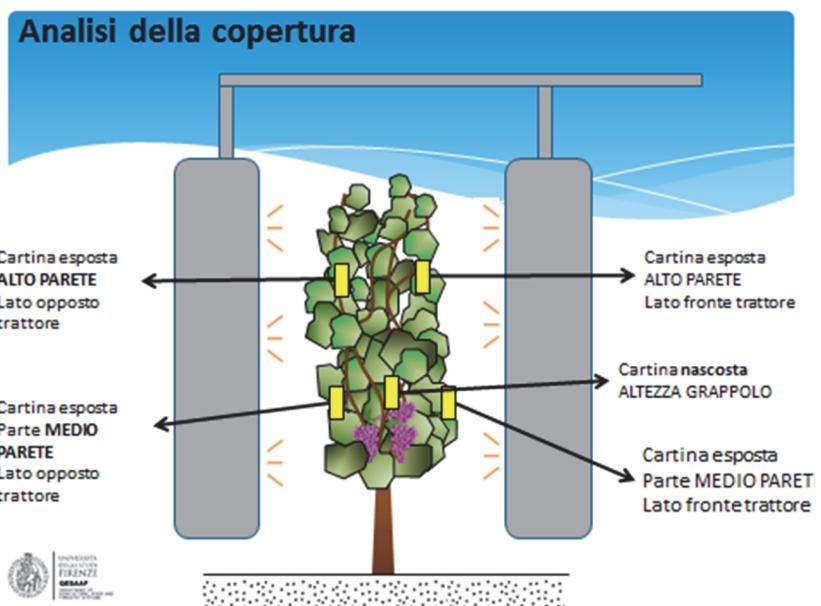


Fig.11 – correlazione fra miscela recuperata e sviluppo della parete su merlot

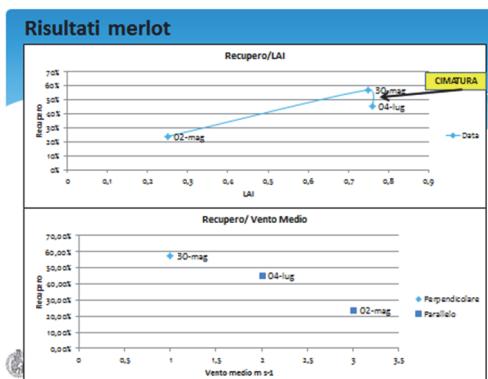


Fig. 13 – risultati della % di copertura su merlot

Fig. 12 - correlazione fra miscela recuperata e sviluppo della parete su cabernet sauvignon

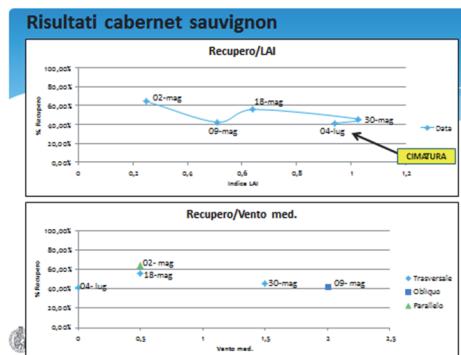
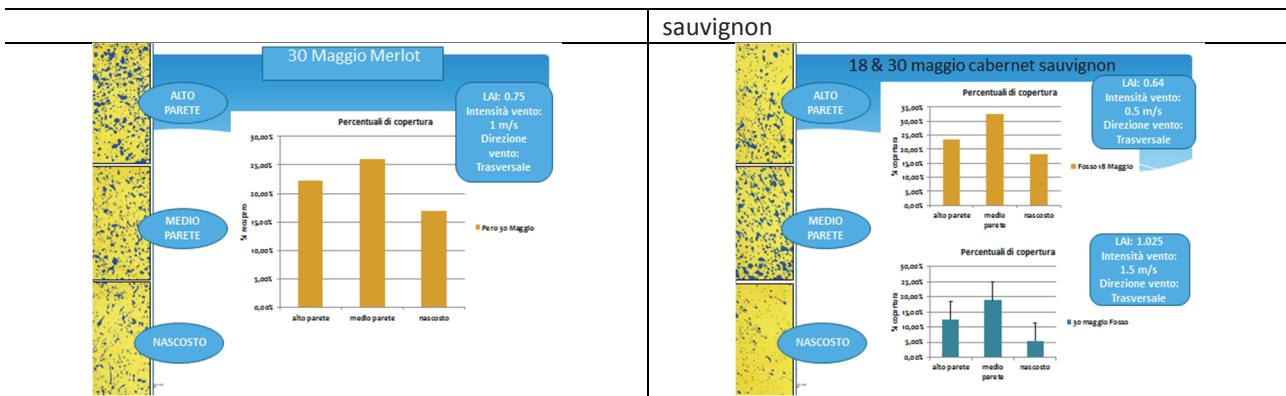


Fig. 14 – risultati della % di copertura su cabernet



L'altro aspetto oggetto delle attività di progetto è stato quello relativo allo studio sul compattamento. A tal proposito sono state effettuate delle prove per determinare il grado di compattamento del terreno in quattro diverse modalità di gestione del suolo nello specifico suolo lavorato, inerbito, sovesciato e pacciamato. Per effettuare queste prove sono state sviluppate due strumentazioni per misurare lo sforzo di taglio del terreno "tenacità" che risulta direttamente correlato al compattamento. La tenacità esprime la resistenza che oppone il terreno ad essere separato secondo una superficie piana da un organo tagliente (coltello o coltro) e pertanto correlata allo stato di compattamento del terreno. Con il coltello su carrello la tenacità si ricava dal lavoro ($F \cdot s$) occorrente per produrre nel terreno un taglio lungo s e profondo p . Lo sforzo F necessario al taglio (in kg per cm, di taglio se p è in cm) si ottiene per differenza fra quello necessario per trainare il carrello col coltello infisso e quello occorrente per trainare sullo stesso percorso il carrello senza coltello (attrito a vuoto del carrello).

Fig. 15 – Numero di passaggi annuo dei mezzi sull'apezzamento in oggetto

Transito dei mezzi tecnici		
Calendario culturale di una azienda vitivinicola convenzionale con sovesci		
cantieri	epoca	Passaggi annuo
Trattore + spandiconcime	Febbraio	1
Trattore + ripet	Marzo	1
Trattore carrello (manutenzione)	dicembre	1
Trattore + atomizzatore	Marzo - settembre	6-10
Trattore + intercoppo	Aprile	1
Trattore + trincia	Novembre-maggio	2
Trattore + gestione verde	Giugno-Luglio	2
Trattore + carrello	Settembre	1
Trattore + gestione suolo	Settembre	1
Trattore + seminatrice	Ottobre	1
Trattore + prepotatrice	Novembre	1

18-25 passaggi anno

Interventi in periodi critici
Vincoli tempestività
Vincoli di rispetto degli inerbimenti

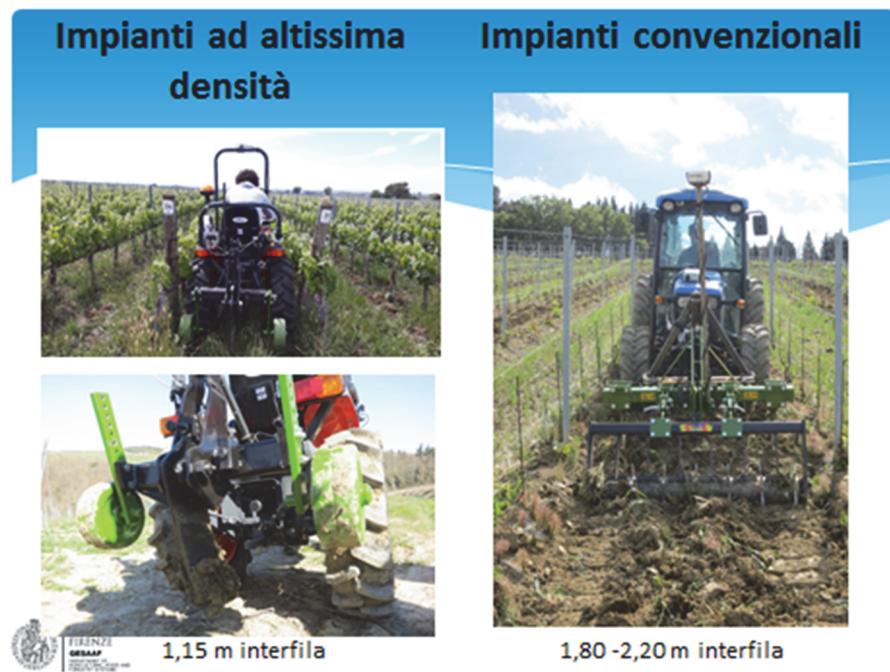
Fig. 16 – Tipologie di mezzi aziendali analizzati per lo studio sul compattamento



Per il perseguimento dell'obiettivo sono state sviluppate due strumentazioni per misurare il grado di compattamento del terreno direttamente correlato alla forza di resistenza al taglio del suolo. L'analisi dell'entità del compattamento è stata confrontata poi attraverso misurazioni di tipo diretto della resistenza meccanica del suolo, definita come la resistenza al movimento delle radici delle piante o degli utensili di lavorazione attraverso il suolo, che risulta direttamente correlata alla forza di resistenza del suolo. La prima delle due attrezzature consiste di un coltello dinamometrico georeferenziato a singola lama montato su trattore Kubota, ha permesso di misurare il compattamento di vigneti ad elevata e bassa densità di piantagione. Le ridotte dimensioni del trattore Kubota (carreggiata 1,15 m), hanno permesso la misurazione di tutte le corsie in cui avviene il calpestamento dei pneumatici/cingoli dei trattori. La seconda tipologia di attrezzatura si compone di due elementi principali: un dispositivo di accoppiamento sensibilizzato che replica i tre punti di ancoraggio del trattore, normalmente presenti per l'accoppiamento di attrezature e macchine operatrici e di un carrello dotato di supporti per l'installazione di ancora di misura e un rullo di sostegno per il mantenimento della profondità di misurazione. La determinazione dello sforzo avviene per mezzo di un sistema di misura a compressione dotato di tre celle di carico in grado di misurare forze comprese fra 1 e 10.000 ($\pm 0,1$) kg poste in corrispondenza dei tre punti di aggancio (bracci e terzo punto). Un applicativo software sviluppato allo scopo permette di impostare curve di calibrazione delle celle di carico in funzione del range delle forze da misurare e l'archiviazione dei

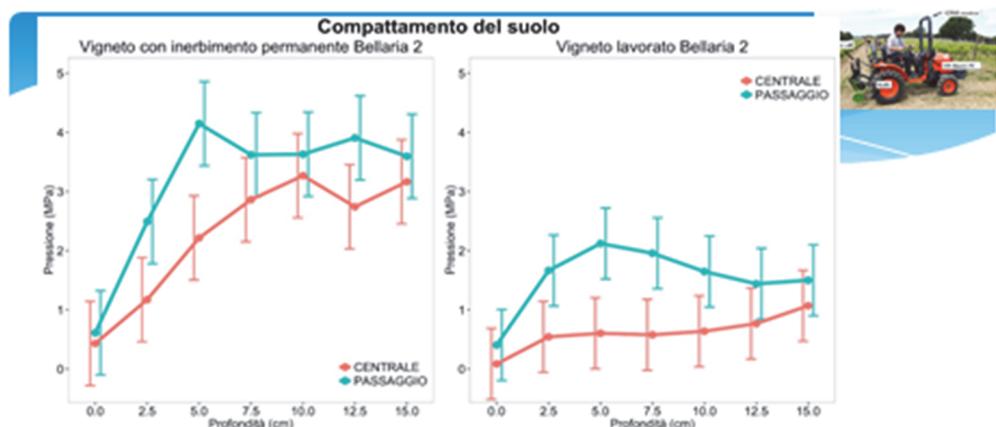
dati. Questi ultimi sono stati georeferenziati per mezzo di un ricevitore satellitare GNSS. Il carrello consente di effettuare misurazioni a profondità variabile fra 0 e 0,5 m agendo sui perni di sostegno del rullo mediante l'impiego di ancora singola o doppia. Le due tipologie di strumentazioni si differenziano per il contesto di applicazione: il primo costituito da una lama singola applicata al trattore sperimentale noleggiato, ha la peculiarità di effettuare i rilievi in zone più ristrette, vicino alle piante; b) il secondo costituito da un telaio porta-attrezzi sensibilizzato, può essere applicato a qualsiasi trattore sia in posizione posteriore che anteriore.

Fig. 17 – Due tipologie di attrezzature impiegate per i rilievi sul compattamento



Per la riduzione delle problematiche di compattamento dei suoli sono stati inoltre testati degli innovativi pneumatici. Il pneumatico PneuTrac di Trelleborg appare come una soluzione ad alto potenziale, per la riduzione delle problematiche del compattamento. Progettato sulla base della CupWheel Technology della Galileo Wheel Ltd, strutturalmente differisce dai radiali e da quelli a tela diagonale con profilo ad "U" per una complessa architettura della struttura e delle mescole delle gomme presenti. Presentano un profilo ad omega della spalla che, incurvato verso la parte interna della carcassa, incrementa la capacità di resistenza al carico, la flessibilità e determina un'ampia impronta a terra. Tale configurazione permette di operare a pressioni di gonfiaggio dimezzate rispetto ad i radiali montati su trattori specializzati e comporta un effetto di spinta delle forze di carico verso l'esterno che generano, a loro volta, forze risultanti e un maggiore appiattimento del battistrada. Ne risulta un comportamento nell'avanzamento intermedio fra pneumatico radiale e cingolo, ovvero si mantiene la manovrabilità e la facilità di gestione del radiale, incrementandone impronta a terra e comfort di guida.

Fig. 18 – Risultati ottenuti relativamente al compattamento del suolo



Lavorazione convenzionale	Forza (N) (\pm SE)	Incremento	Bulk density g cm^{-3}
Centrale	2653,07 (23,60)		1,451
Passaggio	3941,16 (23,60)	+ 1288,09 (33,37)	1,537
Inerbimento permanente			
Centrale	5820,25 (31,53)		1,613
Passaggio	6184,96 (31,53)	+364,71 (44,60)	1,601
High density vineyard			
Centrale – lavorato 2016	5683,33 (54,90)		1,479
Centrale – non lavorato 2016	7029,55 (54,90)	+1346,22 (77,63)	1,551

Fig.19 – Pneumatici innovativi PneuTrac, per la riduzione dei fenomeni legati al compattamento

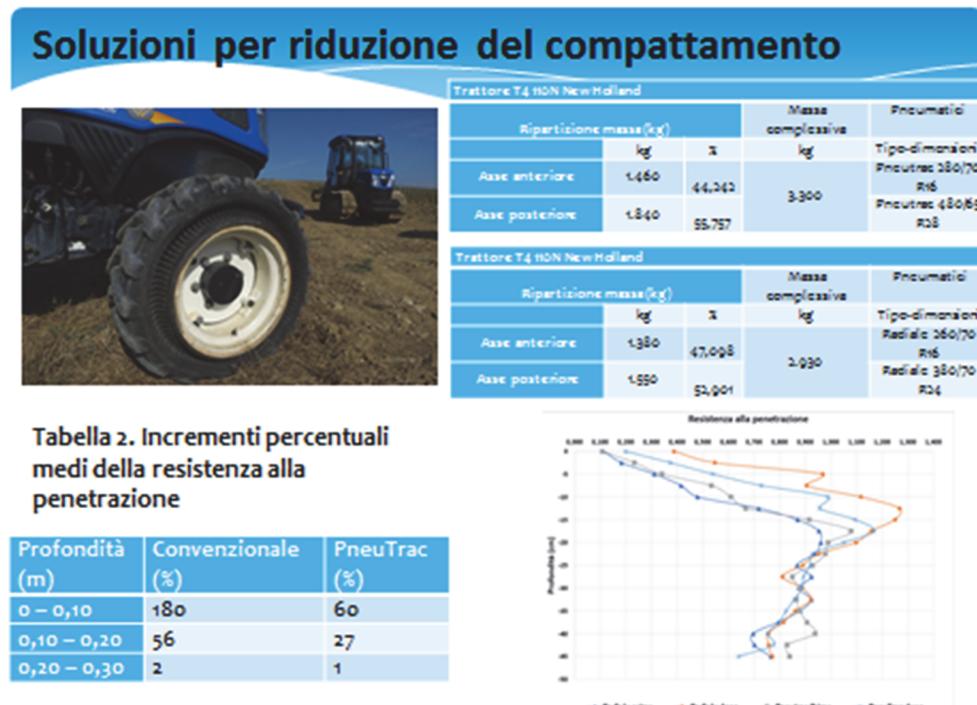


Tabella 2. Incrementi percentuali medi della resistenza alla penetrazione

Profondità (m)	Convenzionale (%)	PneuTrac (%)
0 - 0,10	180	60
0,10 - 0,20	56	27
0,20 - 0,30	2	1

Nell'ambito del progetto sono stati organizzati i seguenti seminari divulgativi:

- Convegno Nazionale Agricoltura di precisione e tutela ambientale - Accademia dei Georgofili 16 novembre 2016.
- Seminario introduttivo con la collaborazione dell'azienda capofila del progetto (Tenuta dell'Ornellaia), presso l'aula Magna dell'Università di Agraria di Firenze in data 2 Febbraio 2017, alla presenza della capofila, dei partner scientifici del progetto e dei rappresentanti delle istituzioni. L'evento ha raccolto un buon successo di pubblico ed alla fine dei lavori la Capofila ha organizzato un buffet di chiusura per tutti i partecipanti.

Inoltre, la disseminazione ha previsto l'esposizione dei risultati a livello internazionale nel convegno ECPA 2017 - 11th European Conference on Precision Agriculture, con un poster intitolato High Technology Farming Regional Platform ECPA 2017, Edimburg 16-20 Luglio 2017 e nel convegno (ESEE) European Seminar on Extension (and) Education con una comunicazione intitolata "Tuning up a Method for an Appropriate Introduction of the New Paradigm of Sustainable Agriculture Management Inducted by the Innovative High Technology Farming ESEE 2017, Chania, 4-7 Luglio 2017. I risultati sono stati poi riportati al 42° Congresso Nazionale Il suolo al servizio degli ecosistemi organizzato da Società Italiana della Scienza del Suolo Member of the International Union of Soil Sciences con una comunicazione intitolata Interazioni suolo-macchina in viticoltura: analisi e valutazione preliminare di una innovativa strumentazione per la misura di resistenza al taglio dei suoli. Firenze, 5-7 dicembre 2017 CREA - Centro di ricerca Agricoltura e Ambiente.

Fig.20 – Seminario conclusivo di presentazione delle attività e dei risultati ottenuti svoltosi il 25 gennaio 2018 presso il CREA, Centro ricerca Viticoltura ed Enologia di Arezzo.

