DIPARTIMENTO DI SCIENZE AGRARIE ALIMENTARI E AMBIENTALI

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN: SCIENZE AGRARIE E DEL TERRITORIO

GESTIONE DELLA CHIOMA IN OLIVO AD ALTA DENSITÀ

HIGH DENSITY OLIVE TREE CANOPY MANAGEMENT

TESI: Sperimentale

Studente:
LUCA GOBBI

Relatore:
PROF. DAVIDE NERI

Correlatori:

DOTT.SSA VERONICA GIORGI

DOTT. STEFANO CHIAPPINI

ANNO ACCADEMICO 2021/2022

Sommario

1. PREMESSA 2
2. INTRODUZIONE 4
    2.1. Modello di crescita della pianta di olivo 4
    2.2. Impianti ad alta densità, caratteristiche architettoniche delle piante 8
    2.3. Potatura in alta densità 11
        2.3.1. Potatura minima selettiva 12
        2.3.2. Potatura estiva 13
    2.4. Avversità abiotiche: danni da freddo 14
        2.4.1. Gelate tardive 15
    2.5. Sistemi di raccolta in alta densità 17
    2.6. Olivicoltura di precisione 20
    2.7 Confronti varietali e schede pomologiche 21
        2.7.1. Descrizione varietale 22
3. OBIETTIVO DELLA TESI 29
4. MATERIALI E METODI 30
    4.1 Descrizione dell'impianto 30
    4.2. Stato dell'oliveto nel pre sperimentazione 33
    4.3. Descrizione prova sperimentale 34
        4.3.1. Misurazione della circonferenza del fusto 34
        4.3.2. Potatura estiva 35
        4.3.3. Indici di maturazione 36
        4.3.4. Raccolta olive 38
        4.3.5. Misurazione dati biometrici tramite LiDAR 40
        4.3.6. Potatura minima selettiva 41
5. RISULTATI 43
    5.1. Accrescimento annuale ASTT 43
    5.2. Peso e tempistiche potatura basale 45
    5.3. Peso e tempistiche potatura minima selettiva 49
    5.4. Differenze biometriche nel pre e post-potaura 53
    5.5. Risultati raccolta 55
6. CONCLUSIONI 58
7. BIBLIOGRAFIA 61
8. SITOGRAFIA 64

1. Premessa

Il settore olivicolo italiano da anni mostra lacune a livello produttivo e gestionale. Gli addetti ai lavori, per poter fronteggiare la competizione di altri paesi, sono tenuti ad ammodernare i loro impianti ed a rivedere quelli che sono i tradizionali canoni olivicoli.

La crisi di settore dipende da diversi fattori: impianti tradizionali che rendono difficoltose ed onerose le normali operazioni colturali, frammentazione delle aziende causata da fattori pedologici ma anche e soprattutto storici, aumento costante del costo della manodopera.

Infine l'organizzazione prettamente familiare delle aziende non facilita il superamento delle vecchie visioni di agricoltura.

Attualmente in Italia si contano circa 800.000 aziende agricole impegnate nella produzione di olive su una superficie totale di circa 1.100.000 ha (ISTAT).

Il tessuto produttivo di questo settore è contraddistinto da aziende di piccole o addirittura piccolissime dimensioni (poco più di 1 ha in media), le quali non riescono ad inserirsi in maniera competitiva all'interno del mercato a causa degli elevati costi di produzione, della mancanza di manodopera specializzata, della difficoltà di intraprendere le correte operazioni colturali in impianti oramai obsoleti e soprattutto della scarsa produttività e dall'alternanza di produzione accentuata dall'aumentata frequenza di eventi climatici estremi.

Gli innovativi impianti specializzati ad alta densità potrebbero risultare una opportunità per contrastare questi problemi; essi infatti permettono di abbattere in maniera importante i costi e i tempi di raccolta così da garantire una maggior efficienza a livello aziendale e possibilmente maggiori guadagni agli agricoltori.

Questa tipologia di impianto si è affermata in Spagna, forte di alcune cultivar autoctone come Arbequina e Arbosana che si sono rivelate performanti, e negli ultimi anni anche in Italia gli ettari dedicati all'alta densità stanno aumentando.

Per mantenere la specificità del prodotto italiano, riconosciuto nel mondo per la qualità e le caratteristiche peculiari delle tante varietà locali, è necessario incrementare la sperimentazione per l'eventuale loro adattabilità ai nuovi impianti.

L'alta densità richiede un'intensificazione dei sesti d'impianto, la messa in atto di tecniche basate su conoscenze di fisiologia della nanizzazione e sulla ricerca accurata di quelle che possono essere le varietà nostrane più adatte per habitus di crescita.

Lo scopo della tesi è quello mettere in luce la corretta gestione della chioma in olivi ad alta densità evidenziando diversi approcci in funzione delle diverse caratteristiche varietali per

poter raggiungere l'obbiettivo di un'intensificazione degli impianti con produzioni elevate e costanti ed una crescente specializzazione di tutto il settore.

Sono state messe a confronto cultivar internazionali (Arbequina), cultivar nazionali (Maurino), cultivar locali che hanno già mostrato discrete performance all'alta densità (Piantone di Mogliano e Piantone di Falerone) ed alcune che presentano una spiccata vigoria e che potrebbero avere una gestione più difficoltosa (Ascolana tenera) ma che, attraverso interventi selettivi e mirati e grazie a macchinari per la raccolta sempre più innovativi potrebbero ben figurare in queste tipologie di impianti.

Figura 1 Oliveto sperimentale in alta densità, costituito nel 2011, Az. Agr. Maggiorana Cinzia, C.da Capparuccia (Fermo)

2. Introduzione

Gli oliveti sono agroecostistemi diffusi negli ambienti mediterranei dove svolgono un ruolo significativo per le economie locali e contribuiscono a diversi servizi ecosistemici, inclusa la mitigazione delle emissioni di carbonio nell'atmosfera (Moriondo *et al*., 2019).
Essendo piante originarie del bacino del Mediterraneo, questa specie ha sviluppato una serie di meccanismi fisiologici per tollerare lo stress da siccità e crescere in condizioni climatiche avverse a causa di periodi di carenza idrica e temperature elevate che intercorrono durante il periodo estivo (Sofo et al., 2008).
L'olio di oliva è riconosciuto come la fonte di grassi insaturi per eccellenza contenente un'alta percentuale di acido oleico e antiossidanti, capaci di contrastare i radicali liberi che vengono sintetizzati dal nostro organismo; per questo, negli ultimi anni, il consumo di olio di oliva è aumentato, portando con se un aumento della produzione.
Quest'aumento della domanda non può essere soddisfatto solamente dai vecchi impianti tradizionali, i quali necessitano di una grande quantità di manodopera. La produzione risulta alternante, mostrando anni di carica ed anni di scarica, soprattutto in condizioni ambientali avverse. Infine le stime della resa altamente imprevedibili (Lodolini e Neri, 2012).
Nuovi impianti, maggiormente performanti, con minori costi di gestione, le cui piante possano entrare in produzione dopo pochi anni sono necessari per aumentare la competitività delle aziende.
Per poter intensificare la coltivazione dell'olivo, risulta necessario conoscere il modello di crescita della pianta di olivo ed inquadrarla così, in un contesto vegeto-produttivo di ridotte dimensioni e alta produttività.

2.1 Modello di crescita della pianta di olivo

L'olivo (*Olea europaea* L.) è una pianta arbustiva perenne con un ciclo vitale estremamente lungo in grado di rinnovare periodicamente la propria chioma tramite i polloni, ovvero germogli giovanili di nuova formazione che fuoriescono dalla ceppaia e formano nuovi fusti.
In natura la pianta si diffonde attraverso la propagazione per seme e la formazione di un individuo con caratteristiche giovanili, incapace di produrre frutti per circa 15-20 anni; in

questo periodo la pianta mostra un'attività rizogena importante con l'obbiettivo di esplorare il maggior quantitativo possibile di terreno; l'individuo destina molte risorse per lo sviluppo radicale nel periodo in cui non espleta la funzione riproduttiva.

Per ridurre il periodo non produttivo, in olivicoltura, la propagazione delle piante viene oggi effettuata tramite talea, innesto, oppure micropropagazione, tecnica che risulta vantaggiosa grazie all'ottenimento di piante geneticamente uniformi ed esenti da patogeni, alla possibilità di propagare cultivar difficili da ottenere con le altre metodologie e alla maggior possibilità di programmazione (Briccoli Bati *et al*., 2006). La moltiplicazione vegetativa a partire da porzioni mature dell'albero di olivo limita il periodo improduttivo dopo l'impianto anche nel caso della micropropagazione (Neri et al. 2020).

Una volta entrata in produzione, la branca riproduttiva mostra un habitus caratterizzato da turnover a medio o breve termine, il che vuol dire che si rinnova completamente ogni 3-5 anni; le grandi porzioni di chioma e dei rami produttivi nelle piante adulte devono essere sostituite da germogli che diverranno branche produttive; chiaramente, la durata di questo turnover varia in maniera importante a seconda delle cultivar e influisce sul comportamento riproduttivo delle piante (Lodolini e Neri, 2021).

Il ramo di un anno forma le infiorescenze a fine inverno-primavera a partire dalle gemme la cui induzione è avvenuta nella stagione precedente. La gemma terminale del ramo è vegetativa e origina in maggio-giugno un germoglio che cresce nella stagione in corso in contemporanea con i frutti originando una struttura vegeto riproduttiva di più anni: la branca. La crescita di questa struttura avviene generalmente in più anni con nuovi germogli alla base del ramo, più o meno robusti in funzione della gestione dell'oliveto e della cultivar, che possono rinnovare l'equilibrio vegeto-riproduttivo fino a 4-5 anni. In questo caso l'alternanza è meno marcata. La branca deve quindi svolgere più compiti: crescita vegetativa della porzione terminale così da garantire la differenziazione a fiore delle gemme per la produzione dell'anno successivo e contemporaneamente deve espletare il compito produttivo portando le olive a maturazione e, se possibile, far partire nuovi germogli nella parte basale per avere lo stesso ciclo che si ripete negli anni con un costante rinnovo della chioma. Se la branca non viene rinnovata nella parte basale, il germoglio terminale si allunga anno dopo anno sempre di meno portando all'esaurimento della zona produttiva.

Nella branca si ha quindi la formazione di quattro porzioni definite dall'esterno verso l'interno sono: zona vegetativa, mista, produttiva ed esausta. Il turnover nella branca produttiva avviene attraverso il rinnovamento prossimale con il progressivo trasferimento delle funzioni da una zona alla successiva ed una rotazione dell'intera branca verso il basso. Le porzioni esauste, in

ombra, non essendo più utili sono sostituite dalle porzioni fruttifere della zona produttiva che, sotto il peso dei frutti, si piegano verso il basso determinando la sostituzione della zona mista a quella produttiva e la zona vegetativa si posiziona al posto di quella mista (Figura 1) (Lodolini e Neri, 2012).

Figura 2: L'architettura di una branca produttiva adulta di Leccino (Gucci and Cantini, 2001).

Nel corso di ogni singola stagione si susseguono numerosi stadi che portano all'evoluzione dello sviluppo della pianta (figura 2); a seconda dell'andamento stagionale questi possono ritardare a manifestarsi o meno, ma il riconoscimento è fondamentale per la messa a punto di un programma di interventi utili a mantenere la pianta in salute e performante sotto il punto di vista produttivo.

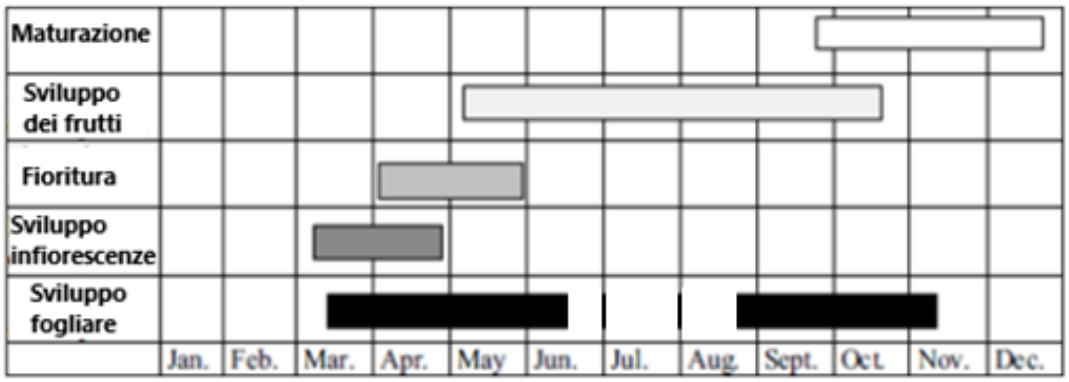

Figura 3: Sviluppo delle piante di olivo durante la stagione vegetativa (Sanz-Cortes et al., 2001).

Da questo punto di vista le diverse fasi fenologiche di crescita dell'olivo sono state descritte dettagliatamente secondo la scala BBCH (Fig 3), sistema che è stato ufficialmente accettato dall'Organizzazione Europea per la Protezione delle Piante (EPPO). Questa è una scala decimale a due cifre in cui la prima (da 0 a 9) corrisponde ad uno stadio di crescita principale (ad esempio la fioritura) e la seconda cifra (anch'essa da 0 a 9) ad uno stadio secondario (ad esempio i primi fiori aperti) (Sanz-Cortes *et al*., 2001).

La comprensione del modello di crescita delle strutture della pianta e l'evoluzione delle sue fasi fenologiche nel corso dell'anno sono strumenti chiave per poter agire in maniera selettiva attraverso corrette pratiche agronomiche e inserire l'olivo in contesti produttivi sempre più innovativi al fine di aumentare sia il numero di individui per unità di superficie ma anche aumentare la produttività di ogni singolo individuo.

STADIO PRINCIPALE 0: SVILUPPO DELLE GEMME	
00	Riposo vegetativo. Le gemme fogliari sono chiuse
01	Le gemme fogliari iniziano ad ingrossarsi e ad aprirsi, mostrando i primordi della nuova vegetazione
03	Le gemme fogliari si allungano e si separano dalla base
07	Le piccole foglie lanceolate sono aperte ma non ancora completamente separate in quanto sono unite all'apice
09	Le piccole foglie sono completamente separate e le loro punte si incrociano
STADIO PRINCIPALE 1: SVILUPPO DELLE FOGLIE	
11	Le prime foglie sono completamente separate e appaiono di colore grigio-verde
15	Ulteriori foglie si presentano completamente separate, pur non avendo ancora raggiunto le dimensioni finali. Le prime foglie virano di colore diventando verdastre nella parte superiore
19	Le foglie raggiungono la forma e le dimensioni tipiche della varietà
STADIO PRINCIPALE 3: SVILUPPO DEI GERMOGLI	
31	Inizio sviluppo germogli. I germogli raggiungono il 10% delle dimensioni finali
33	I germogli raggiungono il 30% delle dimensioni finali
37	I germogli raggiungono il 70% delle dimensioni finali
STADIO PRINCIPALE 5: SVILUPPO DEI BOTTONI FIORALI	
50	Le gemme a fiore all'ascella delle foglie sono completamente chiuse, di forma appuntita e color ocra. Il picciolo non è visibile
51	Le gemme a fiore iniziano a rigonfiarsi e il picciolo risulta visibile
52	Le gemme a fiore si aprono. Le mignole iniziano ad allungarsi e a distendersi
54	Crescita dell'infiorescenza: le singole mignole si distendono
55	Mignolatura. L'infiorescenza ha raggiunto la dimensione finale ed i singoli fiori iniziano a distanziarsi
57	La corolla, colorata di verde, è più lunga del calice
59	La corolla vira di colore, dal verde al bianco
STADIO PRINCIPALE 6: FIORITURA	
60	Primi fiori aperti
61	Inizio della fioritura: il 10% dei fiori è aperto
65	Piena fioritura: almeno il 50% dei fiori è aperto
67	Caduta dei primi petali
68	La maggior parte dei petali è caduta o appassita
69	Fine della fioritura; allegagione e cascola degli ovari non fecondati
STADIO PRINCIPALE 7: SVILUPPO DEI FRUTTI	
71	Le drupe hanno raggiunto circa il 10% delle dimensioni finali
75	Le drupe hanno raggiunto circa il 50% delle dimensioni finali. Indurimento del nocciolo (nocciolo che lignifica mostrando resistenza al taglio)
79	Le drupe hanno raggiunto circa il 90% delle dimensioni finali. A questo stadio può iniziare la raccolta delle olive verdi da mensa
STADIO PRINCIPALE 8: MATURAZIONE	
80	Inizio del viraggio del colore dei frutti da verde cupo a verde chiaro, giallastro
81	Inizio della colorazione dei frutti (inizio invaiatura)
85	Comparsa del colore tipico della varietà (invaiatura)
89	Maturazione di raccolta; i frutti raggiungono pienamente il colore tipico della varietà, rimanendo turgidi e adatti all'estrazione dell'olio
STADIO PRINCIPALE 9: ENTRATA IN RIPOSO	
92	Ultramaturazione: i frutti perdono il loro turgore e iniziano a cadere

Pasquini et al. 2006 Collana di Agrofenologia Vol

Figura 4: Scala BBCH in olivo (Pasquini et al., 2006).

2.2 Impianti ad alta densità, caratteristiche architettoniche delle piante

Negli ultimi decenni, prima in Spagna e poi in altri paesi del bacino del Mediterraneo, i tradizionali impianti che prevedevano la messa a dimora di un numero di olivi compreso tra le 200 e le 600 unità, sono stati sostituiti, seppur parzialmente, dai più moderni impianti ad altissima densità, con numero di piante superiore alle 1500/ha ed una raccolta continua per mezzo di macchine semoventi al fine di ridurre i costi di raccolta.

La rapida espansione di questi impianti "a siepe" è dovuta alla possibilità di anticipare l'inizio della fase produttiva, all'ottenimento di abbondanti produzioni fin dai primi anni di impianto e alla possibilità di meccanizzare la raccolta che determina un abbattimento sostanziale dei tempi e dei costi; sebbene il costo di realizzazione per questa tipologia di impianto sia notevolmente superiore rispetto a quelli più tradizionali (circa 8000€/ha rispetto ai 3500€/ha), i vantaggi descritti precedentemente hanno rappresentato la chiave per un rapido sviluppo di questi sistemi innovativi (Tous *et al*., 2010).

Per essere economicamente sostenibili negli ambienti più vocati, un impianto ad alta densità deve entrare precocemente in produzione e far sì che già al secondo/terzo anno si arrivi alle 7-8 t di olive per ettaro e che queste produzioni vengano mantenute per almeno 15 anni di età (Godini *et al.*, 2006). In ambienti dell'Italia centrale si deve ridurre la stima di produzione per ettaro a 4-5 t di olive

"La forma che più si avvicina alle condizioni ideali per l'alta densità è rappresentata da un albero ad asse centrale, con branche principali a sviluppo longitudinale contenuto, ben rivestite da branche secondarie e branchette fruttifere relativamente corte. L'asse centrale è infatti una forma di allevamento contenuta, a sviluppo libero prevalentemente verticale. Sull'asse centrale, a partire da 60-70 cm da terra, si inseriscono, a spirale, branche di lunghezza decrescente dalla parte basale verso quella apicale della pianta. La particolare conformazione della chioma consente di ridurre le distanze tra le piante e la vicinanza della produzione al tronco consente buone rese di raccolta. Nel tempo, la verticalità della struttura viene persa a favore di un maggiore sviluppo dei palchi medio-basali che andranno a costituire una forma appiattita assimilabile alla palmetta libera, in grado di garantire la piena occupazione dello spazio lungo la fila, attraverso la formazione di una parete vegetativa continua" (Tarragoni, 2014).

In questo nuova tipologia di oliveto, gli alberi sono distanziati di 3,5-4,5 m tra le file e di 1,5-2 m lungo la fila; la scelta della distanza tra i filari dipende da due aspetti fondamentali: tipologia di macchine operatrici utilizzabili ed regime luminoso dell'impianto: se l'orientamento, nelle nostre latitudini, risulta essere N-S, l'illuminazione delle pareti vegetative sarà garantita al massimo e di conseguenza la distanza tra le file potrà essere ridotta; al contrario, un orientamento che tenderà verso O-E andrà a determinare un maggior ombreggiamento tra le diverse pareti vegetative con una necessità di aumentare le distanze tra le file e ridurre il numero di piante per unità di superficie.

La distanza sulla fila invece è una variabile che deve essere calibrata in funzione alla cultivar che si sta utilizzando e in base all'architettura della chioma che si vuole ottenere; non è possibile standardizzare la distanza sulla fila poiché ogni cultivar ha un diverso sviluppo vegetativo: con distanze troppo ridotte si potrebbe avere una difficoltà nella gestione della chioma ed un eccessivo ombreggiamento soprattutto nelle porzioni basali che non andrebbe a favorire una buona produzione. Mentre con distanze troppo elevate, varietà con habitus contenuto impiegherebbero troppo tempo a riempire il volume di spazio messo loro a disposizione con conseguente perdita di produzione cumulata per unità di superficie.

La comprensione della struttura epigea, la consapevolezza che diverse cultivar presentano habitus ben differenziati e la plasticità dell'olivo che permette di adattarsi a diversi contesti (Figura 4) sono strumenti importanti per riuscire a costituire una forma di allevamento a parete che ha rivoluzionato il mondo dell'olivicoltura moderna.

L'analisi dell'architettura della pianta è importante per la comprensione della crescita della stessa, del modello di ramificazione e della loro resa. I principali parametri che si ritiene possano essere importanti per valutare le caratteristiche architetturali delle chiome sono: diametro del tronco, numero dei nodi sul tronco, caratteristiche delle branche inserite sull'asse principale e numero, diametro e lunghezza dei rami a frutto.

Figura 5: Plasticità dell'olivo dal bonsai di pochi centimetri agli alberi monumentali agli impianti "a siepe"

Successivamente a queste sono stati poi inseriti altri due parametri per cercare di differenziare al meglio le diverse caratteristiche tra le cultivar:

- La Branching frequency che equivale al numero di branche laterali che si formano sul tronco per numero di germogli;
- La Branching efficiency, che si ottiene prendendo in considerazione il numero di branche laterali alla sezione trasversale del tronco (Rosati *et al*., 2013).

Nel corso degli studi si è visto che le cultivar che presentano una crescita del tronco più bassa risultano avere anche una maggior branching frequency; questo maggior numero di branche equivale ad un minor vigore delle stesse e questo sembrerebbe essere associato ad un'entrata in produzione più rapida, caratteristica fondamentale per queste tipologie di impianti.

In sintesi, varietà con tronchi, branche e germogli più sottili ed in più valori elevati di frequenze di ramificazione implicano una maggior capacità di riempire il volume della chioma con potenziali siti fruttiferi e contemporaneamente, una minor produzione di strutture portanti che non rappresenterebbero siti di produzione idonei (Rosati *et al*., 2013).

L'attenzione posta ai rami a frutto è stata importante per valutare quale fosse il rapporto ottimale tra il numero delle infiorescenze e il successivo numero di frutti in un medesimo ramo fruttifero per andare a valutare l'adattabilità della cultivar a condizioni d'impianto forzate.

Studi effettuati nel centro Italia hanno cercato di valutare il ritorno a fiore e l'attitudine riproduttiva in rami misti caratterizzati da una diversa velocità di crescita del germoglio nell'anno precedente e si è visto che una maggior velocità di crescita del germoglio del ramo misto influisce sul ritorno a fiore nell'anno successivo favorendo un maggior numero totale di infiorescenze per ramo ma con numero di bottoni fiorali per singola infiorescenza inferiore e senza influire sul carico finale di frutti per ramo (Tarragoni *et al*., 2014).

2.3 Potatura in alta densità

Le condizioni in cui si trovano gli olivi in impianti ad alta densità sono ben diverse rispetto agli impianti tradizionali soprattutto per quanto riguarda i ridotti spazi che vengono assegnati alle piante.

Ne consegue che le pratiche devono essere ben differenziate per poter mantenere la pianta in una condizione forzatamente nanizzante ma contemporaneamente far sì che il suo equilibrio vegeto produttivo rimanga ottimale.

La potatura è sicuramente una delle pratiche più importanti attraverso la quale si riesce a modificare il volume della chioma e assicurare un costante rinnovo della vegetazione; questo volume che si vuole ottenere, per quanto riguarda gli impianti ad alta densità, è generalmente definito dalle dimensioni delle macchine scavallatrici che vengono utilizzate per la raccolta (Figura 5); questo vincolo ha portato in molti casi a tecniche di potatura drastiche le quali tendono a formare delle chiome squadrate e modellate rispetto al profilo delle macchine raccoglitrici (Tombesi e Farinelli, 2012).

Figura 6: Scavallatrice semovente (Edagricole).

2.3.1 Potatura minima selettiva

Il ripetuto topping stimola la formazione di germogli vegetativi che sviluppano soprattutto nella zona apicale andando ad ombreggiare poi la zona basale; ciò va in contrasto con gli obiettivi della potatura, con la quale si deve migliorare l'esposizione delle foglie e dei frutti alla luce, influenzando il corretto accrescimento dei germogli (Panelli, 2012).

Questo fenomeno, alla lunga, potrebbe portare ad ombreggiamenti troppo elevati nella parte basale della pianta con conseguente perdita di porzioni fogliari.

In ogni singolo individuo è necessario mantenere un gran numero di strutture produttive abbattendo i costi e riducendo la biomassa. Negli oliveti ad alta densità si raccomanda una rimozione minima della biomassa, soprattutto nella fase iniziale dell'impianto, per anticipare l'inizio della produzione ed in più, un altro obiettivo è quello di aumentare la produzione di rami di un anno nella porzione ben illuminata della chioma dove vengono prodotte preferenzialmente le olive (Lodolini *et al*., 2018).

Quindi, per adattarsi al meglio alla raccolta meccanica, la chioma delle piante allevate negli oliveti al alta densità deve essere elastica; questa flessibilità può essere definita come la capacità delle branche che la costituiscono di piegarsi senza subire rotture durante la fase di raccolta. Questa flessibilità è funzione principale di due fattori: il diametro della branca stessa e la sua lunghezza. Si è visto che il carico di forza applicabile ai rami senza che questi vadano a spezzarsi è inversamente proporzionale alla loro lunghezza e direttamente proporzionale al diametro (Panelli 2012).

Diametri troppo importanti però andrebbero a determinare una rigidità nella chioma con rischi di rotture dei battitori delle raccoglitrici e danneggiamenti della chioma in fase di raccolta; è necessario trovare un compromesso in cui le branche di diametro maggiore dovranno partire dalle posizioni basali ed essere posizionate verticalmente in modo da garantire un braccio sufficientemente lungo mentre nelle zone più alte della chioma le branche dovranno essere di un diametro abbastanza contenuto (massimo 20 mm) poiché il punto di applicazione della forza si colloca molto vicino al punto di imbracatura del ramo con il fusto (Panelli, 2012).

È dunque necessario applicare un potatura minima selettiva, tale per cui l'intensità dei tagli non debba essere troppo pesante e determinare un'elevata emissione di germogli vegetativi che andrebbero a limitare la potenzialità produttiva, ma contemporaneamente saper selezionare quelli che sono i rami troppo lunghi che causano un eccessivo ombreggiamento al fine di mantenere una costanza produttiva e un rinnovo costante della vegetazione.

Una potatura di adeguata intensità determina un equilibrato sviluppo dell'apparato aereo e radicale che consente un'elevata funzionalità della chioma e una fruttificazione correlata alle

disponibilità nutrizionali; l'indicazione del raggiungimento di questo equilibrio è la formazione di germogli di media lunghezza (20-60 cm in dipendenza della cultivar), a portamento semi-assurgente, orizzontale o pendulo. Una potatura troppo blanda causa un'eccessiva densità della chioma con conseguente ombreggiamento, riduzione della dimensione dei frutti e del loro contenuto percentuale in olio, depressione dell'attività vegetativa e maggiori danni causati da parassiti. Una potatura troppo intensa sull'intera chioma induce un generale forte germogliamento ed una vigorosa crescita dei succhioni e polloni (che determinano un notevole depauperamento delle riserve dell'albero) e, di conseguenza, riduce l'attività produttiva. Un errore piuttosto diffuso è proprio l'eccessiva intensità dell'intervento rispetto alle reali necessità; nel medio/lungo periodo ciò provoca un generale indebolimento dell'albero. Occorre anche considerare che, rispetto al passato, è opportuno eseguire una potatura di produzione più leggera perché l'intensificazione colturale (concimazione, irrigazione, assenza di coltivazioni in consociazione, trattamenti antiparassitari, rinnovamento degli impianti) ha reso gli alberi più vigorosi e a maggiore potenziale produttivo. In linea generale, la quantità di vegetazione asportata con la potatura annuale non dovrebbe essere superiore al 20-30% della chioma (Proietti et al., 2008).

2.3.2 Potatura estiva

Da sempre si ritiene che l'olivo, in qualsiasi forma esso si trovi, si debba potare esclusivamente nel periodo di riposo vegetativo, ovvero quello che nei nostri ambienti risulta essere il lasso di tempo che intercorre da febbraio a fine aprile circa.

La potatura invernale è stata infatti associata ad una crescita abbondante dei germogli necessaria alla formazione di sufficienti strutture fotosintetizzanti e contemporaneamente zone per la differenziazione a fiore.

In altre specie sono già attuati da tempo anche le potature estive che, come è stato dimostrato ad esempio sul melo, può offrire numerosi vantaggi tra cui migliore illuminazione dei frutti, maggior pezzatura degli stessi, riduzione della crescita della vegetazione a seguito dei tagli ed una ridotta traspirazione della chioma in condizioni di alta densità vegetale (Albarracìn et al., 2017).

Nell'olivo, la potatura estiva non è pratica comune, sebbene durante l'estate venga eliminata sempre più frequentemente la porzione apicale della chioma meccanicamente per favorire la raccolta meccanica.
Oltre ai vantaggi sopra descritti per questa tipologia di potatura, che però devono essere del tutto confermati in olivo in quanto i dati sono ancora insufficienti, è molto importante dire che l'eliminazione dei succhioni e dei polloni, andrebbe effettuata preferibilmente in Luglio-Agosto, quando si attenua la capacità di formarsi nuovamente (Caruso e Proietti, 2011).

2.4 Avversità abiotiche: danni da freddo

La gestione della chioma in oliveto non può prescindere dai danni che si potrebbero creare a seguito di eventi abiotici eccezionali che negli ultimi anni risultano essere sempre più frequenti a causa dei cambiamenti climatici che sono sotto l'occhio di tutti.
In generale le basse temperature sono determinanti per il successo agronomico e commerciale dell'oliveto, poiché possono influenzare la fisiologia della pianta rallentando molti processi vitali, come in caso di lesioni da freddo, o inducendo danni da gelo, che possono essere più o meno dannosi, in relazione alla tempistica dell'anno in cui si verificano. Tuttavia, è necessario che la pianta passi un determinato numero di ore di freddo per interrompere la dormienza dei boccioli di fiori. Infatti, lo sviluppo dell'infiorescenza e la successiva produzione di frutti sono generalmente proporzionali alla quantità di freddo ricevuta (Sanzani *et al*., 2012). In questo caso però il freddo di cui si parla sono temperature comprese tra 0°C e 14°C. Lesioni da freddo possono invece verificarsi a temperature comprese tra -15°C e 0°C, a seconda dello stadio vegetativo degli alberi.
La temperatura di soglia al di sotto della quale l'oliva manifesta i primi effetti metabolici del danno da freddo non è facilmente determinabile, poiché dipende da molti fattori, quali lo stadio di crescita e l'età della pianta, il suo stato nutrizionale e sanitario, il tipo di organo colpito; il danno dipende anche dal periodo dell'anno in cui è si verifica la gelata, essendo classificate come gelate precoci, gelate invernali e gelate tardive, che si verificano rispettivamente in autunno, inverno e primavera (Sanzani *et al*., 2012; Lodolini et al., 2016 e Valverde et al. 2020).

Durante gli inverni rigidi, previsti ogni 10-15 anni, possono verificarsi temperature minime comprese tra -10 e -12°C o inferiori nelle aree settentrionali e orientali della regione mediterranea e tra -6 e -7°C o inferiori nelle zona occidentale e centrale. Di conseguenza si producono danni ingenti agli alberi e agli arbusti sempreverdi, compreso l'olivo. Vengono colpiti non solo ramoscelli e rami, ma anche alberi interi, e spesso sopravvive la parte basale del tronco dell'olivo da cui riparte poi la pianta per riformare la parte aerea. Si hanno anche ripercussioni sullo stato sanitario con danni frequenti dovuti alla rogna (Valverde et al. 2020). A parte questi anni freddi ricorrenti, le gelate invernali di solito si verificano quando gli ulivi sono in pausa e non causano danni importanti. Secondo la loro resistenza individuale, le cultivar di olivo tollerano relativamente bene le gelate invernali (Graniti, 1993).

2.4.1 Gelate tardive

Nel sud Italia, come in altre aree mediterranee dove si coltiva l'olivo, sono le gelate tardive piuttosto che le gelate invernali ad essere dannose. Le lesioni provocate dalle gelate primaverili e dai periodi di basse temperature (inferiori a -5°C) sono descritte per foglie giovani, foglie adulte e germogli, ramoscelli e rami di olivo (Graniti, 1993).

In primavera, agli albori della crescita stagionale, l'olivo diventa molto suscettibile alle lesioni da gelo e può soffrire anche a temperature appena sotto lo zero. Il danno diretto si osserva dapprima sui tessuti più idratati, come gli apici vegetativi e le giovani foglie che essiccano, diventando marroni. Inoltre, possono essere danneggiati grappoli di fiori interi (Figura 6) così come singoli fiori e in particolare i loro pistilli. Le basse temperature possono essere uno dei fattori che determinano la produzione di pseudo-drupe, dette anche "shotberry"; questi sono frutti tipicamente piccoli, quasi sferici che si sviluppano in grappoli (Figura 7), in cui il pericarpo è completo mentre l'endocarpo contiene pseudosemi che mostrano la degenerazione dei quattro ovuli e nessun embrione (Sanzani *et al.,* 2012).

Si hanno ancora pochi studi che dimostrano queste tipologie di danni, soprattutto per quanto riguarda il disseccamento delle mignole, in quanto, fino a poco tempo fa, questo era un fenomeno poco osservato, ma che con i cambiamenti climatici e a causa di temperature sempre più variabili (inverni miti e ritorni di freddo in primavera) provocano perdite non prevedibili sempre più alte a livello di produzione, che causano danni molto gravi agli agricoltori.

Figura 7: Danni da gelate tardive su mignole appena formate.

Figura 8: Pseudodrupe sviluppatesi a seguito di gelate tardive (Sanzani et al., 2012).

2.5 Sistemi di raccolta in alta densità

La raccolta in olivicoltura ha sempre rappresentato una delle pratiche, assieme alla potatura, più onerose in assoluto che assorbono gran parte del reddito dell'agricoltore.
Con il modificarsi delle condizioni socioeconomiche della nostra società negli ultimi 30-40 anni, si è reso necessario un cambiamento nei modi di fare olivicoltura a causa di una scarsa disponibilità di manodopera e un elevato costo della stessa.
Negli ultimi anni quindi la meccanizzazione delle operazioni di raccolta delle olive ha raggiunto livelli tecnologici che consentono di poter disporre di attrezzature e macchine dotate di un'elevata versatilità, capaci di soddisfare le esigenze di ogni tipologia di oliveto.
Le condizioni in cui verte l'olivicoltura italiana ai giorni d'oggi è molto eterogenea, con una frammentazione quasi esasperata degli impianti e con un'elevata diversità in termini di tipologie di impianti; ciò fa sì che le metodologie di raccolta meccanica siano diverse e dipendano da: tecnica di distacco delle olive, sistema di intercettazione del prodotto, organizzazione del cantiere del lavoro, epoca di raccolta e tipologia di impianto (Panelli, 2012).
Ne consegue che è possibile utilizzare diversi macchinari tra cui: attrezzature agevolatrici, scuotitori al tronco, bacchiatori e diverse macchine per la raccolta in continuo.
La meccanizzazione integrale nell'olivicoltura è strettamente legata alla espansione degli investimenti nell'olivicoltura ad alta densità la quale permette una completa meccanizzazione della raccolta. L'obiettivo fondamentale è soddisfare le richieste del mercato nazionale e internazionale e contemporaneamente ridurre i costi di produzione per aumentare la competitività e rendere sostenibile la produzione (Vieri, Sarri, 2010).
Le macchine utilizzate sono scavallatrici opportunamente modificate a partire dalle vendemmiatrici. Gli organi lavoranti devono essere adatti alle configurazioni morfologiche delle piante e alla collocazione delle olive nella chioma (Panelli, 2012).
Le modifiche apportate riguardano l'aumento del numero delle barre di scuotimento da quattro a dodici per lato, la dimensione della gabbia di scuotimento, che nelle vendemmiatrici è di norma 0,8 m di larghezza e 2,5 m di altezza, viene aumentata fino a un massimo di 3,5 m di altezza per consentire la raccolta sull'intera pianta e permettere un aumento dell'altezza degli olivi compatibilmente con il loro habitus naturale di crescita. Anche i dispositivi di intercettazione del prodotto sono stati resi più efficienti mediante l'adozione di norie e cestelli di varia forma per ridurre le perdite del prodotto. Per ottenere la massima resa di raccolta, la fascia produttiva dell'olivo deve essere al di sopra dei 30-35 cm dal suolo per essere meglio

intercettata; il prodotto viene pulito da due aspiratori prima di essere convogliato in due serbatoi della capacità di circa 1.600 litri ciascuno (Panelli, 2012).

Da questo punto di vista, a livello di risparmio di tempo, queste macchine sono capaci di arrivare ad avere un indice di raccolta pari a 7,5 t/ha o quasi 0,5 ha/ora in condizioni di grandi impianti e terreni non declivi (Vieri, Sarri, 2010).

Questi sistemi di raccolta, indubbiamente più efficienti e tecnologici, hanno avuto un enorme successo in Paesi in cui la conformazione orografica permette la costituzione di grandi impianti contigui ed in territori pianeggianti; in Spagna infatti, specie nelle regioni dell'Andalusia e della Catalogna, questi sistemi, anno dopo anno, stanno scalzando quelli più tradizionali in cui la raccolta manuale o agevolata crea grandi dissipazioni di tempo e denaro e determinano una minor uniformità di prodotto che arriva in frantoio con un conseguente decadimento qualitativo.

In Italia l'impiego di queste macchine per la raccolta in continuo faticano ad espandersi; la conformazione del territorio italiano e le caratteristiche climatiche non permettono la costituzione di grandi impianti in pianura; la raccolta in continuo mediante queste tipologie di macchine su oliveti ad alta densità in ambienti collinari risulta difficoltosa sia a causa delle grandi dimensioni delle scavallatrici e anche a causa delle condizioni climatiche durante il periodo di raccolta che non permettono una sicurezza di lavoro.

Un'altra motivazione molto importante riguarda la notevole differenza varietale tra le cultivar spagnole, alcune delle quali molto adatte all'alta densità come Arbequina e Arbosana, e quelle italiane, molte della quali caratterizzate da maggior vigoria e da diversi habitus di crescita.

Per poter continuare a coltivare in modo sostenibile, anche dal punto di vista economico, l'enorme ricchezza di varietà locali italiane, se ne sta studiando la potenziale adattabilità ad impianti ad alta densità in cui le dimensioni della siepe, la struttura dell'albero ed il comportamento fruttifero deve essere adatto alle raccoglitrici scavallatrici soprafilari (Connor *et al*., 2014).

La forma, la larghezza, la lunghezza e la densità della chioma influiscono sull'efficienza della raccolta meccanica influenzando la trasmissione delle vibrazioni della mietitrice e la quantità di danni agli alberi; le macchine scavallatrici possono raccogliere in modo efficiente Arbequina, Arbosana e Koroneiki, ma ci sono pochi risultati disponibili per altre cultivar. L'oliveto ideale per un'efficiente raccolta meccanica è quindi una siepe di larghezza e altezza limitate, con accesso al tronco e spazio libero sotto la chioma per raccogliere i frutti (Lodolini *et al*., 2018).

Prove sperimentali sono state condotte in oliveti ad alta densità nelle Marche per valutare il danno indotto da due raccoglitrici scavallatrici soprafila; le cultivar sono state raggruppate in tre gruppi in base alla gravità del danno indotto. Le cultivar sono state distinte in leggermente, moderatamente e gravemente danneggiate in base alla quantità di corteccia danneggiata e alla rottura degli arti (Figura 8) e si è arrivati alla conclusione che tra le cultivar nazionali e locali, Maurino e Piantone di Mogliano sono altamente idonei alla raccolta meccanica, paragonabili ad Arbequina. Per altre cultivar locali tra cui il Piantone di Falerone, la buona performance iniziale è diminuita con l'invecchiamento dell'albero, suggerendo la necessità di valutare i cambiamenti nella flessibilità delle piante con l'invecchiamento degli oliveti. La Rosciola ha invece subito gravi danni in tutti gli studi (Lodolini *et al*., 2018).

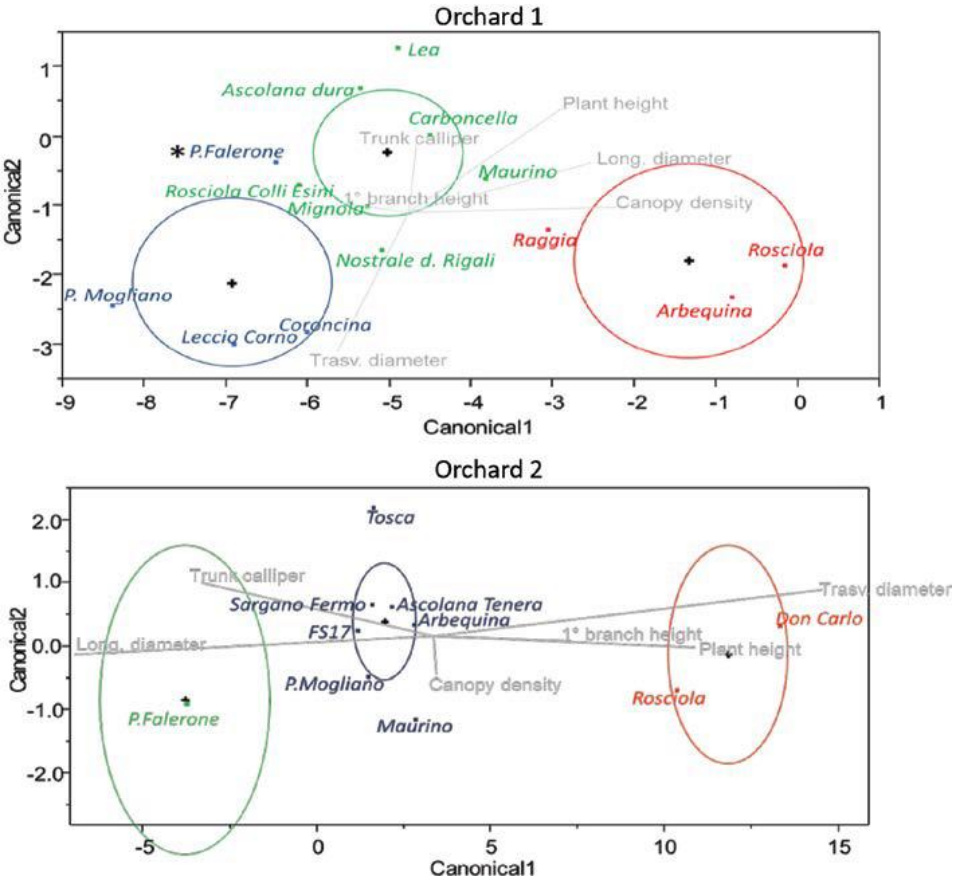

Figura 9: Grafico che mostra la differenziazione nella suscettibilità alle lesioni dovute alle caratteristiche morfologiche della chioma. Le cultivar sono state distinte in danno leggero (blu), moderato (verde) e pesante (rosso) in base alla quantità di corteccia danneggiata e alla rottura degli arti (Lodolini E.M. et al., 2018).

2.6 Olivicoltura di precisione

Il costante aumento della popolazione mondiale, l'incessante diminuzione di suolo coltivabile e il cambiamento climatico sono fattori importanti da considerare nel momento in cui si vogliono intraprendere percorsi di produzione agricola.

Le metodologie e le tecnologie dell'agricoltura di precisione costituiscono attualmente l'approccio più affidabile ed economico per una gestione ambientale sostenibile simultanea ad una produzione efficiente. Lo sviluppo recente delle più moderne tecnologie e la notevole riduzione dei loro costi, consentono a più utenti di beneficiare delle applicazioni dell'agricoltura di precisione (Gertsis *et al*., 2013).

Queste nuove metodologie infatti permettono di andare ad ottimizzare le tecniche colturali attraverso una diversa visualizzazione delle superfici coltivate determinando una diminuzione delle concimazione, dei trattamenti fitoiatrici ed un'eventuale eliminazione di interventi non necessari alla coltura stessa.

Nello specifico, in olivicoltura, l'agricoltura di precisione è stata utilizzata per andare a rilevare le chiome degli alberi al fine di visualizzare il loro stato vegetativo e di salute per andare a calibrare interventi colturali come potature, trattamenti o concimazioni.

Negli ultimi anni l'innovazione dei sistemi di navigazione ha spinto la comunità scientifica verso l'utilizzo di diversi tipi di sensori che sono ampiamente utilizzati nella comunità geomatica, come le tecnologie MLS, che permettono di acquisire l'ambiente circostante in modo rapido ed efficiente attraverso la localizzazione dei dati (Chang et al., 2019).

Gli MLS o Mobile Laser Scanner sono dei sistemi di rilevamento di ultima generazione che permettono la scansione dell'oliveto dall'alto tramite dei droni o attraversando l'impianto tramite dei sistemi portatili. Tra questi abbiamo il LiDAR (light detection and ranging) ovvero una tecnica di telerilevamento analoga al radar, ma che va ad utilizzare luce laser. Gli strumenti Lidar misurano il tempo di andata e ritorno per un impulso di energia laser che viaggia tra il sensore e un bersaglio. Questo impulso di energia incidente riflette le superfici del suolo, i rami e le foglie dell'impianto preso in considerazione, quindi torna allo strumento, dove viene raccolto da un telescopio. Il tempo di percorrenza dell'impulso, dall'inizio fino al ritorno al sensore, fornisce una distanza o un intervallo dallo strumento all'oggetto. Tenendo conto della velocità costante delle radiazioni elettromagnetiche si può calcolare la distanza tra la fonte e l'oggetto che ha riflesso la radiazione e l'assegnazione delle coordinate ai singoli punti viene effettuata considerando il tempo di ritorno della radiazione (Dubayah e Drake, 2000).

Una volta terminato il passaggio nell'oliveto tramite quest'apparecchiatura, ciò che si ottiene è una nuvola di punti "grezza" che dovrà essere processata tramite dei sistemi informatici al fine di ottenere una rappresentazione grafica tridimensionale delle singole piante.

2.7 Confronti varietali e schede pomologiche.

L'oliveto ad altissima densità (SHD) è stata introdotto in Italia, principalmente nelle regioni meridionali (zone pianeggianti della Puglia e della Sicilia), a metà degli anni 2000, utilizzando solo tre cultivar di bassa vigoria: Arbequina, Arbosana e Koroneiki. La scelta limitata delle cultivar è ancora considerata uno dei problemi principali per l'alta densità nell'Italia centrale (Farinelli, Tombesi, 2015).

Da diversi anni si stanno susseguendo diversi studi per andare a mostrare quelle che sono le effettive potenzialità di cultivar nazionali e locali che possano essere inserite in queste tipologie di impianti ed alcuni di questi hanno indicato la varietà Maurino come cultivar nazionale idonea ad essere allevata in alta densità grazie al suo elevato livello produttivo, al suo basso vigore e anche grazie all'ottenimento di oli con elevati livelli qualitativi (Farinelli, Tombesi, 2015).

Altri studi hanno mostrato caratteristiche promettenti per altre due cultivar locali della regione Marche, quali Piantone di Mogliano e Piantone di Falerone, entrambe caratterizzate da un basso vigore arboreo e da una chioma compatta e fitta, apparse molto adatte all'adozione di raccoglitrici meccaniche soprafilari e ad essere gestite in parete (Lodolini et al, 2018).

Altre cultivar marchigiane ma di interesse nazionale, come l'Ascolana tenera, sono inserite in progetti sperimentali per valutare l'effettiva adattabilità all'alta densità con risultati per il momento meno incoraggianti rispetto alle due precedenti varietà. L'Ascolana tenera è infatti caratterizzata da una vigoria elevata che rende difficoltosa la gestione in sistemi di allevamento in cui la chioma deve essere mantenuta entro una certa altezza; altra problematica è rappresentata dalla metodologia di raccolta: infatti questa varietà è conosciuta in tutto il mondo grazie alle sue eccellenti caratteristiche gustative e consistenza tenera della polpa che fanno di lei una delle regine delle olive da mensa. La raccolta meccanica risulta problematica a causa delle lesioni alle drupe che non ne permettono la trasformazione all'interno dello standard della DOP.

Altri studi sono necessari per valutare dei sistemi di raccolta in alta densità per le olive da mensa ma è altrettanto vero che la costituzione di impianti a filari di Ascolana tenera sarebbero

altrettanto convenienti rispetto agli impianti tradizionali in quanto, oltre ad un aumento sostanziale di piante per unità di superficie, si avrebbe un'entrata precoce in produzione, una possibilità di irrigare la fila in maniera più efficace e con meno perdite, una standardizzazione nelle operazioni di potatura per rispettare le caratteristiche architetturali della pianta garantendo una maggior altezza del filare. Per quanto riguarda la raccolta, anche se non ci sono ancora soluzioni per una raccolta meccanica utilizzabile per le olive da mensa, in un impianto con conformazione "a siepe" si ha la possibilità di attivare un cantiere di raccolta più specializzato e veloce avendo a disposizione una parete di vegetazione continua invece di piante singole di grandi dimensioni.

Un'altra varietà nazionale, FS-17, invece ha un modello architetturale caratterizzato da una crescita più veloce dei germogli e una ramificazione distale per cui necessita di un sesto di impianto più ampio e di una potatura minima selettiva e rigorosamente accurata, per permettere il corretto funzionamento della chioma e mantenere una ramificazione compatibile con gli ingombri previsti in alta densità, alla base di una produzione costante ed elevata. Si può dire che varietà a basso vigore e intensa ramificazione, come Arbequina, e i due Piantoni, sono adatte all'alta densità con limitati aggiustamenti della tecnica di gestione della branca produttiva. Al contrario per varietà a bassa ramificazione e alto vigore come FS-17, la gestione per garantire costanza e livelli produttivi deve comprendere un sesto più ampio e una precisa gestione della potatura.

2.6.1 Descrizione varietale

Le cultivar che stanno per essere descritte sono oggetto di studi in alcuni oliveti sperimentali nel centro Italia per valutare l'effettiva adattabilità di queste ad impianti moderni, a confronto con una varietà controllo, l'Arbequina, regina degli impianti SHD.

Arbequina

L'Arbequina è una tipologia di pianta capace di adattarsi perfettamente al metodo di olivicoltura ad alta densità, per le sue spiccate caratteristiche di resistenza e durata nel tempo. La pianta deve questa sua denominazione alla zona di Ieridano di Arbeca in Spagna, dalla quale proviene.

Pianta originaria della Catalogna, con il tempo si è diffusa anche nel resto della Spagna, soprattutto in Andalusia. Proprio per la sua adattabilità al metodo di coltivazione dell'olivo superintensivo, inoltre, è stata piantata in molti altri paesi europei e non solo.

Per quanto riguarda le sue caratteristiche, si possono illustrare:

- Le dimensioni della foglia, che si presenta piccola e corta, di larghezza media e dalla forma ellittica-lanceolata;
- Fruttificazione a grappolo;
- Il frutto, di dimensione piccola e dalla forma sferoidale e simmetrica, di colore nero quando completamente maturo e con una relazione polpa/ nocciolo media;
- Il nocciolo, di forma ovoidale e simmetrica con una superficie rugosa dai sette ai dieci solchi fibrovascolari.

È una pianta dal rendimento grasso elevato che consente al suo olio di oliva una resa eccellente, pur con bassa stabilità.

La resilienza della pianta Arbequina è alta, soprattutto per quanto riguarda la sua resistenza o tolleranza a patologie gravi quali la tuberculosi, la maculatura del fogliare e la verticillosi. È resistente al freddo, fattore che la rende ideale per la coltivazione dell'olivo con il sistema integrato superintensivo.

Le caratteristiche della pianta sono il suo ridotto vigore, il portamento aperto della pianta con una densità della chioma medio-alta, frutti piccoli e neri a maturazione.

Le piante di olivo Arbequina sono considerate auto-fecondanti e assicurano un ingresso precoce nella produzione, con una produttività alta e costante; possiedono inoltre una capacità di radicazione eccellente (Agromillora group).

Figura 10: Cultivar Arbequina (Agromillora Group).

Ascolana tenera

Cultivar originaria della provincia di Ascoli Piceno, zona di massima diffusione assieme alla provincia di Teramo, occasionalmente coltivata in tutte le Marche, in Abruzzo e in Sicilia.

Albero di elevata vigoria a portamento mediamente assurgente, chioma voluminosa ad elevata densità; rametti fruttiferi mediamente penduli e ramificati; internodi di media lunghezza; foglie di forma ellittica con lamina spesso ondulata ed elicoidale, di ampia superficie, di colore verde intenso nella pagina superiore; infiorescenze di media lunghezza, a struttura compatta e media ramificazione del rachide.

Entrata in produzione delle piante precoce; drupe di notevoli dimensioni (4- 8g), soggette a variazioni di peso con la carica, forma ellissoidale, in alcuni casi allungata.

Resa in olio intermedia, inolizione medio-tardiva; rapporto polpa-nocciolo molto elevato. Invaiatura tardiva e scalare; colore dei frutti dal verde al giallo paglierino al momento della raccolta come oliva da mensa, fino al violaceo a maturazione; consistenza della polpa bassa fin dai primi stadi di maturazione; resistenza al distacco decrescente con la maturazione.

Periodo ottimale di raccolta intorno alla fine di settembre inizio di ottobre per utilizzazione da mensa, entro il mese di novembre per utilizzazione da olio.

Varietà autosterile, di produttività media e relativamente costante; capacità di radicazione media. Sensibilità al freddo media, alla mosca molto elevata.

Varietà a prevalente utilizzazione per la preparazione di olive verdi in salamoia; adatta ad impianti a ridotta densità di piantagione, con forma di allevamento a vaso policonico a bassa impalcatura, per una raccolta necessariamente manuale (ASSAM).

Figura 11: Cultivar Ascolana Tenera (ASSAM).

FS-17

La cultivar FS-17, o Favolosa, ha avuto origine dalla libera impollinazione della cultivar Frantoio, una delle più antiche e diffuse varietà italiane.

L'FS-17 presenta peculiari caratteristiche come: vigoria contenuta con possibilità di realizzazione di impianti ad alta densità, precocità di entrata in produzione con fruttificazione già dal secondo anno di impianto, formazione di nuovi rami con tendenza produttiva generalizzata, anticipo di inolizione di circa un mese rispetto al Frantoio con resa superiore del 2-3% e una resistenza alla rogna medio/alta; ampia adattabilità a differenti situazione pedoclimatiche, a condizione di disporre di adeguata disponibilità idrica

La pianta risulta avere un'alta capacità rizogena, è autocompatibile e non necessità di altre cultivar impollinanti

Il frutto a maturazione risulta essere di un rosso vinoso acceso, forma sferica, umbone assente, ha un peso medio abbastanza elevato, di circa 2.5 g e presenta un alto rapporto polpa/nocciolo. L'olio che se ne ottiene risulta avere un'alta percentuale di acido oleico, superiore al 75% e un alto contenuto in polifenoli; questi parametri, assieme ad un elevato tenore di sostanze volatili, lo rendono gradevolmente fruttato (Vivaio Elaia)

Figura 12: Cultivar FS-17 (Vivaio Elaia).

Maurino

Originaria della zona di Lucca, è coltivato in tutta la Toscana ed anche in altre zone dell'Italia centrale.

Cultivar autoincompatibile; La fioritura è precoce.

La sua ampia diffusione è legata alla capacità di produrre abbondante polline fertile e compatibile con un gran numero di cultivar; varietà rustica, è stata segnalata anche per la resistenza al cicloconio ed al freddo.

La produttività è discreta. La maturazione dei frutti è medio-precoce e contemporanea.

Buona è la resa in olio; i semi sono utilizzati nel vivaismo olivicolo per la produzione di semenzali portainnesti.

Oli caratterizzati da un livello mediointenso di fruttato, amaro e piccante, con sentori prevalenti di erba/foglia e carciofo e leggere sensazioni di mandorla fresca e pomodoro.

La pianta, dotata di una media-bassa vigoria e di una densità della chioma compatta, è stata descritta come una varietà nazionale molto adatta all'alta densità, che in futuro potrebbe essere paragonata a cultivar come Arbequina, Arbosana e Koroneiki (Regione Toscana).

Figura 13: Cultivar Maurino (Regione Toscana).

Piantone di Falerone

Cultivar marchigiana, diffusa nella provincia di Fermo, in un'area limitata compresa tra i comuni di Falerone e Montegiorgio, ed in zone interne della provincia di Macerata, fino ad elevate altitudini.

Albero di media vigoria, a portamento assurgente; chioma voluminosa ad elevata densità; rami assurgenti con numerose ramificazioni; internodi corti; foglie strette ed allungate, di colore verde scuro nella pagina superiore; infiorescenze lunghe, a struttura rada e media ramificazione del rachide.

Entrata in produzione delle piante precoce; drupa di medie dimensioni (2- 2,5g), di forma tendenzialmente cilindrica; resa in olio medio-elevata, inolizione precoce; rapporto polpa-nocciolo elevato; invaiatura tardiva e contemporanea; colore dei frutti dal verde chiaro al nero violaceo; consistenza della polpa e resistenza al distacco a bassi livelli dall'inizio della maturazione ed in progressiva diminuzione; cascola precoce ed abbondante; periodo ottimale di raccolta entro la metà di novembre.

Varietà autosterile, di produttività media e tendenzialmente alternante; capacità di radicazione media; sensibilità al freddo e al cicloconio media, alla mosca elevata.

Varietà da olio adatta ad impianti ad elevata densità, con forma di allevamento a vaso policonico, per una raccolta manuale o agevolata con pettini pneumatici; adatta anche alla raccolta meccanica (ASSAM).

Figura 14: Cultivar Piantone di Falerone (ASSAM).

Piantone di Mogliano

Cultivar marchigiana, diffusa principalmente nella provincia di Macerata, con maggiore concentrazione nei Comuni di Mogliano, Macerata e limitrofi, fino alle aree interne della provincia, ad altitudini superiori ai 600 m s.l.m.

Albero di limitata vigoria, a portamento assurgente; chioma poco voluminosa ad elevata densità; rami assurgenti con numerose ramificazioni; internodi corti; foglie strette ed allungate; infiorescenze di media lunghezza, a struttura compatta e media ramificazione del rachide; entrata in produzione delle piante precoce.

Drupa di dimensioni medio-grandi (2-3g), di forma ovoidale con apice umbonato.

Resa in olio elevata, inolizione precoce; rapporto polpa-nocciolo elevato; invaiatura tardiva e scalare; colore dei frutti dal verde chiaro al rosso violaceo.

Consistenza della polpa e resistenza al distacco elevate fino a maturazione avanzata. Periodo ottimale di raccolta intorno alla metà di novembre. Varietà parzialmente autosterile, di produttività elevata e costante. Capacità di radicazione media. Sensibilità al freddo e alla siccità bassa, alla rogna e alla mosca media Varietà a duplice attitudine, adatta per impianti ad elevata densità, con forma di allevamento a vaso policonico, per una raccolta manuale o agevolata con pettini pneumatici (ASSAM).

Figura 15: Cultivar Piantone di Mogliano (ASSAM).

Obiettivo della tesi

Attraverso questo lavoro di tesi si è intervenuti nel recupero di un oliveto ad alta densità in cui la gestione, in particolar modo la potatura, era stata non adeguata dal 2017 e conseguentemente a questo, è stato impostato un protocollo di gestione della chioma ottimizzato in funzione della cultivar.

Diverse varietà, sia nazionali che locali, sono ancora in fase di studio per gli habitus di crescita e vegetazione molto differenziati. La gestione della chioma accurata in funzione della varietà, la potatura ripartita in più epoche nel corso dell'anno e con diverse intensità possono essere la chiave di successo per un oliveto in salute, in equilibrio vegeto-produttivo e che arrivi ad avere una produzione quantitativamente sufficiente e costante nel tempo.

Altro obiettivo è stato quello di mettere a confronto, nel primo anno e prima della potatura primaverile, diverse modalità di raccolta alternative alla scavallatrice per valutare la loro efficienza in termini di tempo e di costi per poter pensare, in ottica futura, a degli impianti ad alta densità il cui prodotto può essere destinato alla mensa e raccolto attraverso questi macchinari scuotitori o agevolatori.

Durante il secondo anno, successivamente al riposizionamento della chioma entro gli spazi assegnati, si voleva valutare anche la raccolta in continuo confrontandola con quelle dell'anno precedente ma non è stato possibile a causa di una gelata tardiva che ha portato a disseccamento la quasi totalità delle mignole; sono stati quindi valutati gli impatti causati da questi eventi eccezionali.

4. Materiali e Metodi

4.1 Descrizione dell'impianto

Questo studio è stato condotto nel 2021/2022 in un oliveto ad alta densità dell'Az. Agricola Maggiorana Cinzia situato in provincia di Fermo (Fm).

L'impianto (Figura 14), costituito nel 2011, è nato come campo sperimentale per valutare le performance vegeto-produttive di varietà nazionali e locali in un impianto ad elevata densità. Presenta un sesto d'impianto di 4,0m x 2,0 m (1250 piante/ha) ed è stato posto in medio versante (150 m s.l.m. circa) con un'esposizione O-E, probabilmente non la più congeniale nelle nostre latitudini, ma la conformazione orografica non ha permesso altre soluzioni.

Figura 16: Oliveto ad alta densità, Az. Agr. Maggiorana Cinzia.

L'impianto, essendo collocato in medio versante, è stato inerbito permanentemente e viene gestito periodicamente tramite trinciatura (massimo due passaggi all'anno); le concimazioni vengono di norma somministrate valutando le esigenze anno per anno, in base all'intensità di potatura effettuata ed al carico produttivo.

L'oliveto è dotato di un sistema di microirrigazione alimentato da un pozzo artesiano ma, a causa della scarsità di acqua degli ultimi anni, esso viene irrigato solamente in situazioni di emergenza.

L'impianto è in collina ed è costituito da 9 filari suddivisi in due blocchi (uno a monte e uno a valle) per valutare gli effetti derivanti dalle diverse condizioni microclimatiche del fondovalle e del medio versante.

Nell'impianto sono state inserite 10 cultivar, fra le più interessanti per questa tipologia di impianti, e nel corso degli anni sono state valutate e confrontate le loro performance.

Di seguito viene riportato l'elenco delle varietà da talea inserite nell'impianto, a cui è stata aggiunta Arbequina da micropropagazione:

- 1° filare con 35 piante di Arbequina a monte e 39 piante di FS-17 a valle;
- 2° filare con 35 piante di Arbequina (da micropropagazione) a monte e 48 piante di Tosca a valle;
- 3° filare con 35 piante di Tosca a monte e 46 piante di Don Carlo a valle;
- 4° filare con 35 piante di Piantone di Falerone a monte e 45 piante di Piantone di Mogliano a valle;
- 5° filare con 35 piante di Piantone di Mogliano a monte e 44 piante di Piantone di Falerone a valle;
- 6° filare con 35 piante di Ascolana tenera a monte e 45 piante di Rosciola laziale a valle;
- 7° filare con 35 piante di Rosciola laziale a monte e 47 di Ascolana tenera a valle;
- 8° filare con 35 piante di Maurino a monte e 48 di Sargano di Fermo a valle;
- 9° filare con 35 piante di Sargano di Fermo a monte e 39 di Maurino a valle.

4.2 Stato dell'oliveto nel pre-sperimentazione

L'impianto nel 2021 si presentava in una condizione di equilibrio vegeto-produttivo discreta, con un'eccellente fruttificazione ma era necessario intervenire con opere di risistemazione della chioma a causa della mancata potatura dal 2017 (Figura 15).

Figura 17: Stato dell'impianto prima delle sperimentazioni.

Nella parte basale delle piante si era arrivati ad una condizione di forte defogliamento causata dall'ombreggiamento delle chiome sfuggite in altezza.
L'impianto, in questa condizione, imponeva di effettuare esclusivamente la raccolta manuale a causa dell'impossibilità da parte delle raccoglitrici in continuo di poter entrare ed operare in sicurezza a causa di una chioma troppo ampia ed allungata in altezza.
Questa situazione ha richiesto una risistemazione relativamente urgente e nel contempo è stato studiato un programma di gestione della chioma idoneo in funzione della cultivar presa in considerazione.

4.3 Descrizione della prova sperimentale

Tra le varietà presenti sono state prese in considerazione: Ascolana tenera, Piantone di Falerone, Piantone di Mogliano, FS-17, Maurino e Arbequina.

Le prime tre sono state scelte poiché cultivar locali dotate di ottime caratteristiche organolettiche; i due Piantoni hanno già dimostrato ottime affinità all'alta densità, stessa cosa vale per Maurino, ottima varietà nazionale che in alta densità risulta essere interessante; FS-17 che ha delle eccellenti caratteristiche organolettiche anche se predilige distanze maggiori lungo la fila a causa della sua ramificazione lunga. In tutto ciò è stata anche inserita Arbequina come controllo in quanto già si è a conoscenza delle sue positive performance.

Ogni blocco (a monte e a valle) è stato diviso a metà in ulteriori due parcelle in cui sono stati valutati due diversi trattamenti: di conseguenza i trattamenti per singola varietà sono stati ripetuti sia sul blocco a monte che sul blocco a valle.

Di seguito è riportato lo schema dell'impianto per semplificare la comprensione (Figura 16).

Nord

	1° filare	Arbequina	35 piante	FS-17	39 piante	
	2° filare	Arbequina	35 piante	Tosca	48 piante	
	3° filare	Tosca	35 piante	Don Carlo	46 piante	
	4° filare	Piantone di Falerone	35 piante	Piantone di Mogliano	45 piante	
Ovest	**5° filare**	Piantone di Mogliano	35 piante	Piantone di Falerone	44 piante	***Est***
	6°filare	Ascolana tenera	35 piante	Rosciola laziale	45 piante	
	7° filare	Rosciola laziale	35 piante	Ascolana tenera	47 piante	
	8° filare	Maurino	35 piante	Sargano di Fermo	48 piante	
	9° filare	Sargano di Fermo	35 piante	Maurino	39 piante	

Sud

Figura 18: Schema oliveto

4.3.1 Misurazione della circonferenza del fusto

La misurazione della circonferenza del fusto di tutte le piante di ogni varietà è stata effettuata ad un'altezza da terra di 45/50 cm, il 14/08/21 e successivamente ripetuto a distanza di 12 mesi per valutare l'accrescimento dei singoli tronchi.

La circonferenza è uno dei parametri fondamentali per valutare la vigoria della pianta e permette di stimare il comportamento di una specifica varietà in un determinato ambiente nei primi anni d'impianto perché proporzionale allo sviluppo della chioma.

4.3.2 Potatura estiva

La potatura estiva è stata effettuata dal 16 al 22 Agosto 2021 e ha riguardato la rimozione sia dei polloni formatisi negli anni precedenti (Figura 17) che delle branche che si sono accresciute a dismisura fino ad un'altezza di 60/70 cm da terra, poiché queste creano difficoltà nel passaggio delle raccoglitrici ed una mancata raccolta del prodotto stesso; questa tipologia di potatura, effettuata nei mesi estivi, permette l'inibizione della successiva crescita vegetativa in quelle specifiche zone con conseguente risparmio di tempo e denaro durante la potatura primaverile; tutto ciò perché i tagli vengono effettuati nei mesi più caldi, quando le temperature sono fin troppo elevate per favorire una buona crescita vegetativa a causa di una respirazione elevata della pianta e di una fotosintesi non così efficiente come quella dei mesi primaverili; nelle nostre latitudini, i periodi estivi coincidono anche con i mesi più siccitosi dell'anno. L'acqua, oltre ad essere fondamentale per la sopravvivenza, è anche il fluido attraverso il quale le sostanze nutritive vengono traslocate in tutte le zone della pianta, la mancanza di questa non permette quindi la crescita vegetativa della pianta; infine, nei mesi estivi c'è anche la presenza sulla pianta dei frutti i quali dovranno acquisire una gran quantità di risorse per poter riuscire ad arrivare a maturazione nel migliore dei modi; le olive, oltre a dover sopravvivere, devono acquisire energia per poter riuscire a sintetizzare una quantità sufficiente di lipidi al loro interno. I frutti rappresentano infatti i competitori principali rispetto agli organi vegetativi in crescita, soprattutto le radici.
Questa prova è stata effettuata su tutti gli individui delle varietà prese in considerazione ed in più sono state selezionate 6-7 piante per ogni parcella in cui è stato pesato il legno di potatura per andare a quantificare la biomassa rimossa. È stato inoltre cronometrato il tempo impiegato per la potatura.

Figura 19: Polloni non gestiti a dovere

4.3.3 Indici di maturazione

Sono stati misurati degli indici di maturazione per valutare lo stato di invaiatura della popolazione delle drupe (indice di Jaen), la forza al distacco della drupa dal picciolo (dinamometro), e la durezza della polpa (penetrometro).

Quando si lavora con questi indici, si deve prendere in considerazione un numero significativo di olive per ogni varietà in prova, scelto tramite un campionamento casuale. L'unica accortezza è quella di scartare drupe che risultano malate o danneggiate. Si va quindi a valutare, per ogni singolo frutto, la forza di ritenzione al picciolo attraverso un dinamometro, il quale misura l'intensità della forza, espressa in grammi.

Per ogni varietà poi, si va a valutare anche l'indice di Jaen, che considera lo stato di maturazione del campione attraverso una media ponderata dei frutti nelle diverse classi di colore; si divide il campione in 6 classi di colore e si contano le olive per ogni classe:

- 0= drupe non ancora invaiate e di colore verde brillante
- 1= drupe non ancora invaiate e di colore verde-giallo
- 2= drupe con invaiatura massima del 25%
- 3= drupe con invaiatura massima del 50%
- 4= drupe con invaiatura massima del 75%
- 5= drupe con completa invaiatura.

Successivamente si applica la seguente formula:

$$IM = (Ax0 + Bx1 + Cx2 + Dx3 + Ex4 + Fx5) /100$$

Dove:

- A, B, C, D, E, F= Numero dei frutti ricadenti per ogni classe
- 0, 1, 2, 3, 4,5 = Valore della classe

Il risultato ottenuto stima il livello medio di invaiatura del campione che rappresenta la popolazione di olive in campo (Figura 18).

Figura 20: Valutazione indice di Jaen in Piantone di Mogliano

Infine si è andati ad esaminare la consistenza della polpa, una polpa poco consistente aumenta il rischio di rottura o danneggiamento della drupa a seguito della raccolta, cosa che causerebbe un avvio di fenomeni fermentativi all'interno del frutto con conseguente decadimento della qualità dell'olio; attraverso un penetrometro con puntale da 1.5 mm^2 sono state bucate le drupe ed è stata valutata la forza di perforazione, espressa in grammi.

4.3.4 Raccolta olive

Il 1 Novembre ed il 5 Novembre 2021 è stata effettuata la raccolta delle olive attraverso due diverse metodologie: raccolta agevolata tramite abbacchiatori (Figura 19) e lunghi teli di 75 metri sull'interfilare avvenuta il 1 Novembre e raccolta agevolata (Figura 20), avvenuta il 5 Novembre, tramite uno scuotitore al tronco sprovvisto di telo raccoglitore; a terra sono stati posizionati gli stessi teli e la macchina raccoglitrice transitava al di sopra.

Per la valutazione della raccolta meccanica tramite scuotitore è stata presa in considerazione la parcella a monte di ogni blocco, mentre per la valutazione della raccolta tramite abbacchiatori si prende in considerazione le parcelle a valle di ogni blocco.

Sono state scelte queste due tipologie di raccolta alternative alla scavallatrice in continuo per due motivazioni ben precise: il primo fattore è stata l'impossibilità di entrata da parte della macchina a causa delle dimensioni troppo elevate delle chiome e perché si son voluti valutare due metodi di raccolta idonei per le cultivar da mensa (Ascolana tenera e Piantone di Falerone) che potrebbero permettere la coesistenza di queste varietà in determinati impianti.

In entrambi i casi, il cantiere di lavoro è stato di cinque persone e contestualmente sono stati valutati diversi elementi per andare a confrontare i costi e la convenienza delle due diverse tipologie di raccolta.

Sono stati cronometrati i tempi di posizionamento dei teli, i tempi di abbacchiatura/scuotimento del tronco ed i tempi di raccolta delle olive dai teli alle cassette; sono anche state pesate le olive di tutte le differenti parcelle ed il reddito derivante dal prodotto verrà poi messo in relazione alle tempistiche e ai differenti costi di raccolta per valutare l'adattabilità delle diverse varietà e dei diversi meccanismi di raccolta a questo sistema di allevamento.

Figura 21: Raccolta con abbacchiatori

Figura 22: Raccolta tramite scuotitore al tronco

4.3.5 Misurazione dati biometrici tramite LiDAR

Prima di andare ad effettuare le operazioni di potatura e successivamente alla stessa, sono stati eseguiti dei rilievi con il LIDAR (acronimo dall'inglese Light Detection and Ranging o Laser Imaging Detection and Ranging).

I rilievi effettuati hanno richiesto l'attraversamento, da terra, di ogni singolo filare dell'oliveto in modo da ottenere, tramite quest'apparecchiatura, una scansione a 360° di ogni singola pianta.

Come detto precedentemente, i rilievi sono stati due: uno in pre-potatura per andare a visionare lo stato vegetativo dell'impianto dopo una mancata potatura per 4 anni ed un altro effettuato dopo la potatura allo scopo di calcolare la diminuzione di volume che c'è stata con le operazioni di taglio ed esaminare la differenza nello spessore e nell'altezza della parete vegetativa; uno degli scopi è anche quello di comprendere quanto ancora c'è da lavorare per ridimensionare l'oliveto al fine che le raccoglitrici in continuo possano entrare di nuovo senza determinare rotture delle branche delle piante o nei battitori della macchina stessa; altro obiettivo è anche quello di andare a prevedere quale possa essere il tasso di crescita vegetativa a seguito di interventi di potatura come quelli che sono stati effettuati.

Lo strumento permette di fare un rilevamento da terra attraverso una diffusione di radiazioni luminose di 30° (15° in alto e 15° in basso rispetto alla posizione dello strumento); i dati ottenuti sono dei punti posizionati in un piano orizzontale (presentano quindi delle coordinate) che posseggono un determinato tempo equivalente all'intervallo tra emissione della radiazione luminosa e il ritorno della stessa all'apparecchiatura ed un'intensità corrispondente alla capacità, da parte della superficie colpita, di riemettere la radiazione in senso contrario.

Il risultato sarà quindi una nuvola di punti grezza che, attraverso specifiche elaborazioni informatiche, verrà ripulita ed il risultato ottenuto sarà una rappresentazione grafica tridimensionale dell'impianto su cui poi potranno essere calcolati specifici parametri biometrici come altezza delle singole piante, spessore della parete vegetativa e differenza di volume tra pre-potatura e post-potatura.

4.3.6 Potatura minima selettiva

Nel periodo a cavallo con la ripresa vegetativa è stata effettuata una potatura minima selettiva, il cui scopo è stato quello di asportare materiale oramai esaurito, ringiovanire la pianta e riportarla entro le misure predefinite al fine di rendere possibile la raccolta meccanica tramite scavallatrice.

L'obiettivo è stato quello di abbassare la pianta in altezza individuando la cima meglio posizionata e rimuovere il materiale vegetale che tende ad andare in competizione in altezza; cercare di riallineare la parete vegetativa con l'asse del filare andando a rimuovere quelle branche che, ingrandendosi, si sono avvicinate pericolosamente verso l'interfilare rendendo difficoltosa l'entrata con le macchine raccoglitrici.

Questo è stato il primo livello di potatura effettuata su tutte le piante dell'appezzamento, operazione efficace e veloce che prevede 3 o 4 tagli mirati sull'intera parte aerea, la quale, nella prova è estata chiamata con il nome di "potatura minima" selettiva.

È stato anche valutato un secondo livello di potatura fatto su circa 15 piante per ogni varietà in prova, le stesse su cui precedentemente avevamo preso alcuni dati come quantità di legno asportato sulla parte bassa del tronco (Figura 21). Questo secondo intervento, meno aggressivo ma più mirato, prevede la costituzione di una "palmetta", ovvero una pianta la cui parte aerea arriva ad avere un sistema gerarchico degli organi vegetali: si va ad individuare una ed una sola cima, andando a rimuovere tutto il materiale in eccesso, la quale deve essere posizionata nella parte alta e centrale della pianta; via via poi si va costituire una vegetazione la cui proiezione deve assomigliare ad un triangolo, salvaguardando giovani strutture che possano garantire immediata produzione e branche su cui andare poi a costituire una parete duratura nel tempo; questa operazione, in pratica, prevede la rimozione anche di rami più piccoli ed esili che possano andare a compromettere la forma desiderata; questo secondo livello di potatura è stato chiamato con il nome di "potatura conica" per differirlo dal precedente.

Per ciascun metodo di potatura sono stati calcolati i tempi di potatura pianta per pianta e successivamente, attraverso un dinamometro, è stato misurato il peso del materiale asportato, comprendente sia di legno che di frasche.

Figura 23: Diversi livelli di potatura effettuati: a dx pianta non potata, a sx primo livello di potatura, al centro secondo livello di potatura

5. Risultati

5.1 Accrescimento annuale ASTT

Il 14/08/2021 è stata misurata la circonferenza dei fusti di tutte le piante delle varietà prese in considerazione e ad un anno di distanza la misura è stata ripetuta per monitorare il loro accrescimento.

Con i dati a disposizione è stata poi calcolata l'area della sezione trasversale del tronco (ASTT); la differenza tra l'ASTT del 2022 e quella del 2021 ha permesso di mettere in evidenza l'accrescimento che c'è stato nelle singole piante.

Sono state poi considerate, attraverso la composizione di diversi grafici, le differenze dell'accrescimento dell'ASTT tra le varietà, tra i due blocchi e tra le diverse varietà nei blocchi a monte e a valle.

Come si può notare nel primo grafico (Figura 22), tra le sei varietà prese in considerazione, si sono viste alcune differenze che possono andare a influenzare le architetture delle chiome: l'Ascolana tenera infatti è stata la varietà che ha mostrato un accrescimento annuale dell'ASTT superiore alle altre cultivar, con un aumento di circa 7 cm^2; ciò è effettivamente prevedibile se si considera la vigoria della cultivar stessa.

In contrapposizione a questa troviamo l'Arbequina che ha mostrato differenze significative rispetto alla sopracitata, con un accrescimento annuale dell'ASTT di poco più di 3 cm^2; questa varietà infatti risulta avere oltre che una bassa vigoria, anche un accrescimento annuale ridotto e queste caratteristiche consentono alla pianta di avere delle dimensioni più contenute, un'architettura consona a quelli che sono i principi dell'alta densità.

Anche il Piantone di Mogliano, il Piantone di Falerone ed il Maurino, seppur avendo un accrescimento annuale dell'ASTT superiore rispetto all'Arbequina, non hanno comunque mostrato differenze significative con quest'ultima, sintomo per il quale queste tre varietà mostrano caratteristiche molto interessanti se inserite all'interno di queste tipologie di impianti.

Varietà che non risulta essere significativamente differente dalle altre è l'FS-17, che ha mostrato un comportamento intermedio alle precedenti cultivar.

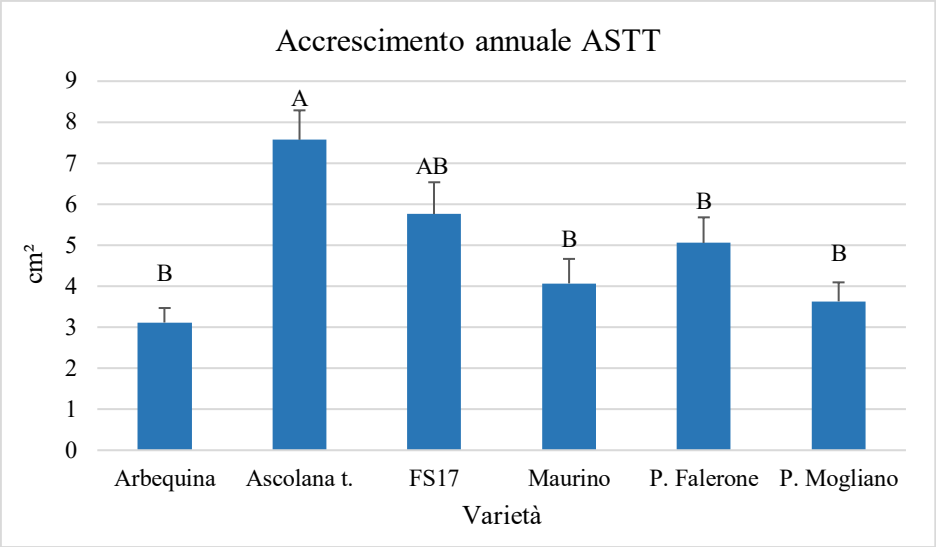

Figura 24 Accrescimento annuale dell'ASTT tra le diverse varietà

Successivamente sono state valutate le differenze tra le piante prese in considerazione nei due diversi blocchi.

È emerso che le piante del blocco a valle risultano avere un accrescimento dell'ASTT significativamente differente rispetto alle piante del blocco a monte, con un aumento medio di quasi 2 cm².

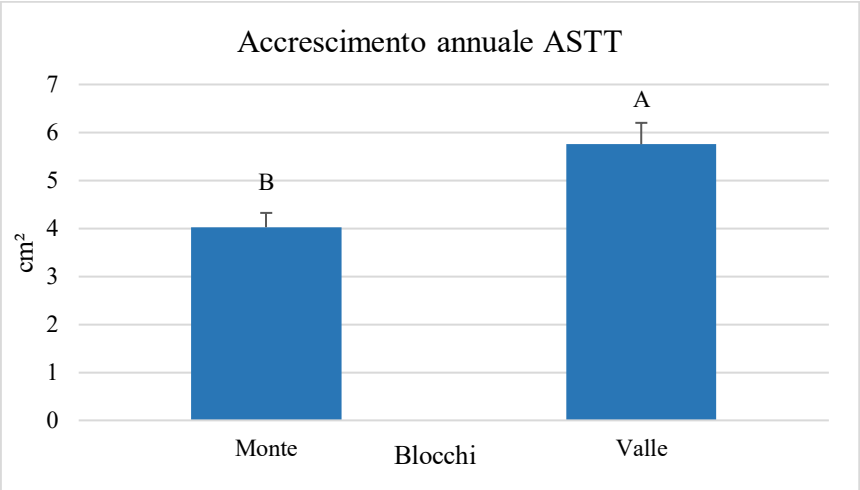

Figura 25: Accrescimento annuale ASTT tra i due blocchi

Ulteriore conferma di ciò che è stato detto precedentemente viene dato dal successivo grafico (Figura 24) in cui sono state messe a confronto le diverse varietà nei due blocchi.

Da notare che non è stato possibile confrontare l'Arbequina e l'FS-17 nelle due porzioni dell'oliveto in quanto la prima è presente solamente a monte e la seconda solamente a valle.

Maurino ha avuto un accrescimento leggermente maggiore nel blocco a monte. Piantone di Mogliano non ha visto notevoli differenze, mentre sia Ascolana tenera che Piantone di Falerone hanno avuto un accrescimento dell'ASTT maggiore a valle con il secondo che è cresciuto di più del doppio rispetto che a monte. Probabilmente Piantone di Falerone risulta una varietà mediamente più sensibile a microclimi più umidi come quelli che si instaurano a fondovalle.

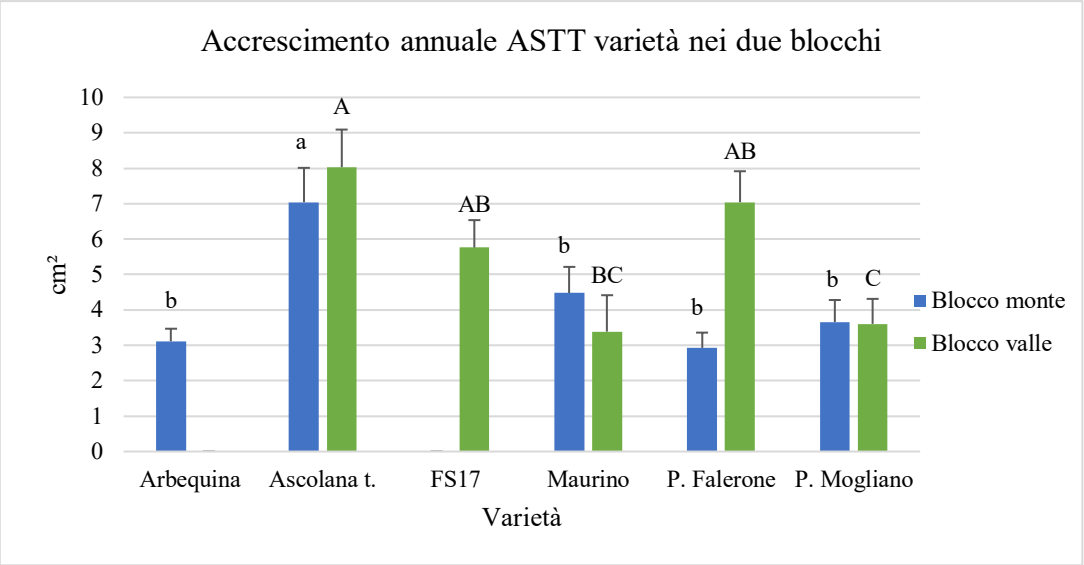

Figura 26: Accrescimento annuale ASTT delle diverse varietà nei due diversi blocchi

5.2 Peso e tempistiche potatura basale

Successivamente alla misurazione della circonferenza del 2021, le piante hanno necessitato di una potatura basale per poter ripulire il fusto fino ad un'altezza di 50-60 cm; queste branche infatti, a causa dell'eccessivo ombreggiamento dovuto a una mancanza di potatura negli ultimi anni, si sono disseccate e rappresentavano un organo di intralcio per il passaggio delle macchine raccoglitrici.

E' stato valutato sia il peso dei residui di potatura che le tempistiche della stessa per poter monitorare l'onerosità dell'operazione ma anche per valutare se ci fossero differenza tra le varietà, tra le piante nei diversi blocchi e tra le varietà nei diversi blocchi.

Ciò che è emerso dalla valutazione del peso dei residui di potatura basale è che FS-17, Piantone di Falerone e di Mogliano hanno richiesto un lavoro più intenso, con una media di residui asportati che si aggirano tra i 4 e i 5 kg, mentre per le altre tre varietà: Arbequina, Ascolana tenera e Maurino, l'entità dei residui asportati è stata significativamente inferiore, con un massimo di 2,4 kg per pianta; è interessante considerare che la varietà Maurino ha richiesto lavoro minimo, da come si può notare dal grafico, con una media di residui asportati di circa 1 kg.

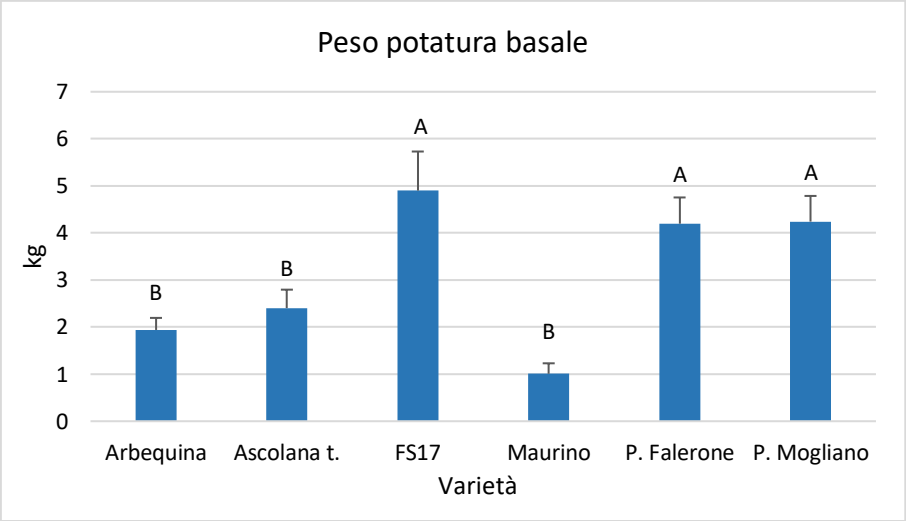

Figura 27: Entità dei residui della potatura basale

Successivamente sono stati confrontati i pesi dei residui della potatura basale delle piante nei due differenti blocchi e si è visto che alle piante del blocco a valle è stata asportata una maggior quantità di biomassa; a monte, la massa dei residui asportati è stata di circa 2,1 kg contro i circa 3,8 kg per pianta a valle, sintomo di una maggior spinta vegetativa nella parte bassa dell'impianto.

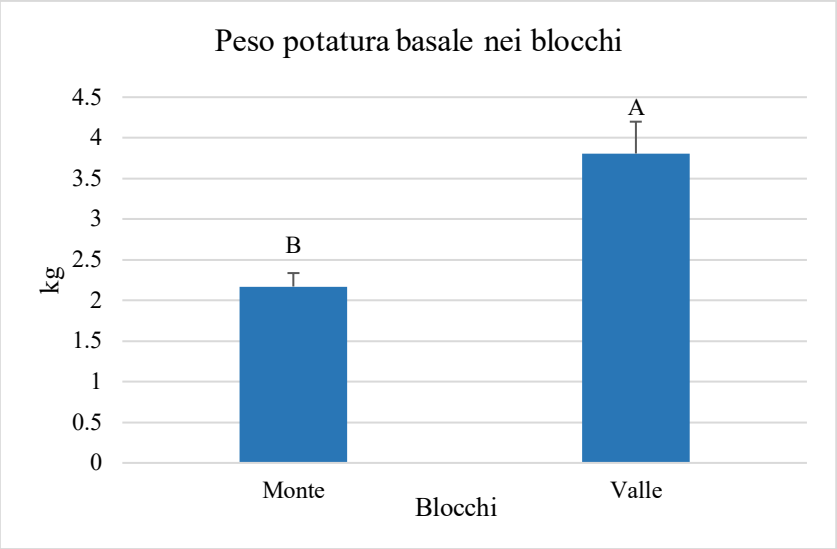

Figura 28: Confronto pesi della potatura basale nei due diversi blocchi.

Successivamente sono stati valutati i pesi, per ogni singola varietà in ogni blocco e si è visto che per ogni cultivar presa in considerazione (Figura 27), la media dei residui asportati è stata maggiore a valle, con una differenza sostanziale soprattutto nel Piantone di Mogliano e nel Piantone di Falerone; solamente il Maurino ha mostrato comportamenti molto simili nei due blocchi, dovuti dal fatto che in entrambi sia l'attività pollonifera che il quantitativo di branche basali sono stati minimi.

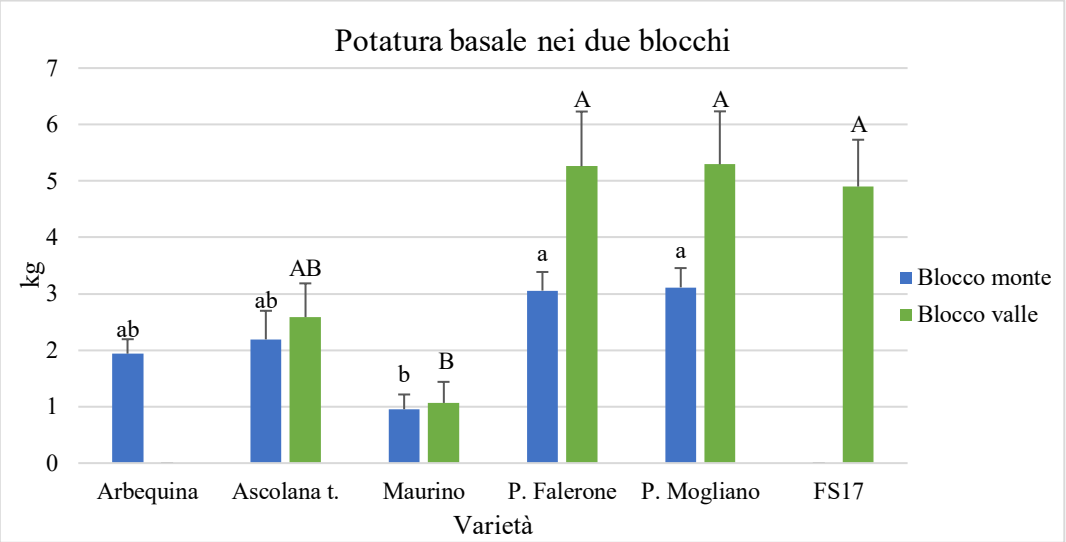

Figura 29: Peso potatura basale nelle diverse varietà e nei singoli blocchi

Contemporaneamente, sono state anche misurate le tempistiche relative a questo tipo di operazione per confrontarle con quelle della potatura minima selettiva da effettuare in primavera e monitorare l'onerosità della stessa.

Dalla Figura 28 si può notare come il Piantone di Mogliano, contro ogni aspettativa rispetto alle conoscenze pregresse, abbia richiesto tempistiche superiori rispetto a tutte le altre varietà, con un impiego di più di 4 minuti per ogni singola pianta; il Piantone di Falerone, l'Ascolana tenera e l'FS-17 sono risultate significativamente differenti dalla prima, con un impiego di più di 3 minuti, mentre per le ultime due varietà, l'Arbequina ed il Maurino i tempi richiesti sono stati di gran lunga inferiori, con meno di 2 minuti per la prima e meno di 1 minuto per la seconda.

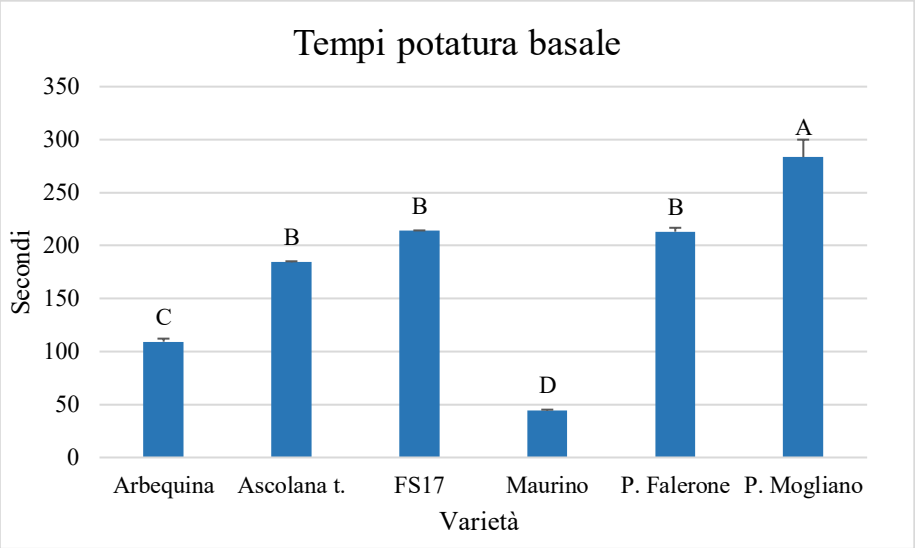

Figura 30: Tempi potatura basale per singola varietà

Come nelle precedenti prove, anche qui sono stati confrontati i tempi della potatura basale delle diverse varietà nei due differenti blocchi e si è potuto notare come le tempistiche, sia per Ascolana tenera che per Maurino, nei due blocchi, non siano state poi così differenti; nel Piantone di Falerone, il blocco a valle ha richiesto delle tempistiche più marcate mentre in Piantone di Mogliano si è potuto notare un aumento quasi doppio delle tempistiche richieste per la potatura basale a valle.

Questo comportamento potrebbe essere spiegato in due diversi modi: questa varietà potrebbe essere molto sensibile a microclimi umidi, come quelli che si instaurano a fondovalle e quindi l'emissione vegetativa dalla parte basale della pianta potrebbe essere maggiore rispetto ad altre cultivar; oppure, essendo una pianta con un'architettura contenuta e meno vigorosa, essa

potrebbe portare alla naturale formazione di branche principale nelle parti basse del fusto che risulterebbero, purtroppo, di intralcio alle macchine raccoglitrici. Anche la maggiore e più compatta ramificazione possono essere causa di ritardi nella potatura.

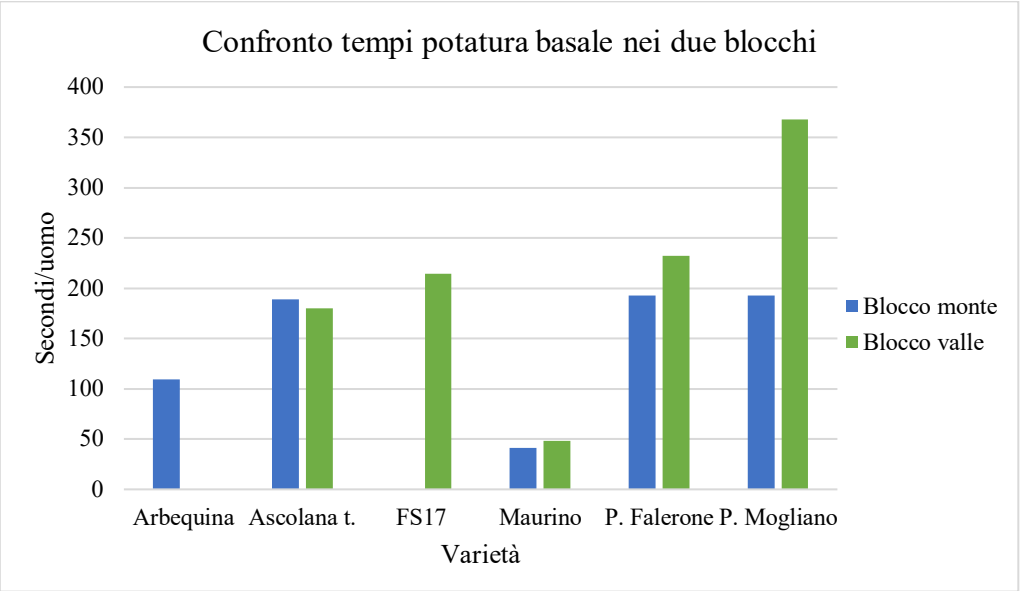

Figura 31: Confronti sui tempi di potatura tra le diverse varietà nei diversi blocchi

5.3 Peso e tempistiche potatura minima selettiva

Ricordando che la potatura non veniva effettuata dal 2017, nel periodo della ripresa vegetativa è stata effettuata la potatura minima selettiva e, come per le precedenti prove, i dati estrapolati sono stati il peso dei residui di potatura e le tempistiche che quest'operazione ha richiesto per ogni singola pianta.

Sono stati confrontati i pesi dei residui di ogni singola varietà; da ciò emerge che l'Ascolana tenera è stata quella che ha richiesto un maggior quantitativo di lavoro con una massa asportata di circa 20 kg per singola pianta; in questo caso il Maurino inverte l'andamento della precedente prova poiché si posiziona al secondo posto per quantitativo di materiale asportato con poco meno di 14 kg di biomassa; l'Arbequina non ha invece tradito le aspettative confermandosi la varietà che riesce ad avere un comportamento eccellente in queste tipologie di impianti, dopo 5 anni senza potature, la quantità di biomassa rimossa è stata di solamente 7,5 kg per ogni pianta.

Piantone di Mogliano, Piantone di Falerone ed FS-17 hanno mostrato comportamenti intermedi tra Arbequina e Maurino non essendo significativamente differenti da entrambe le varietà e i residui di potatura si sono attestati di poco sotto ai 10,5 kg.

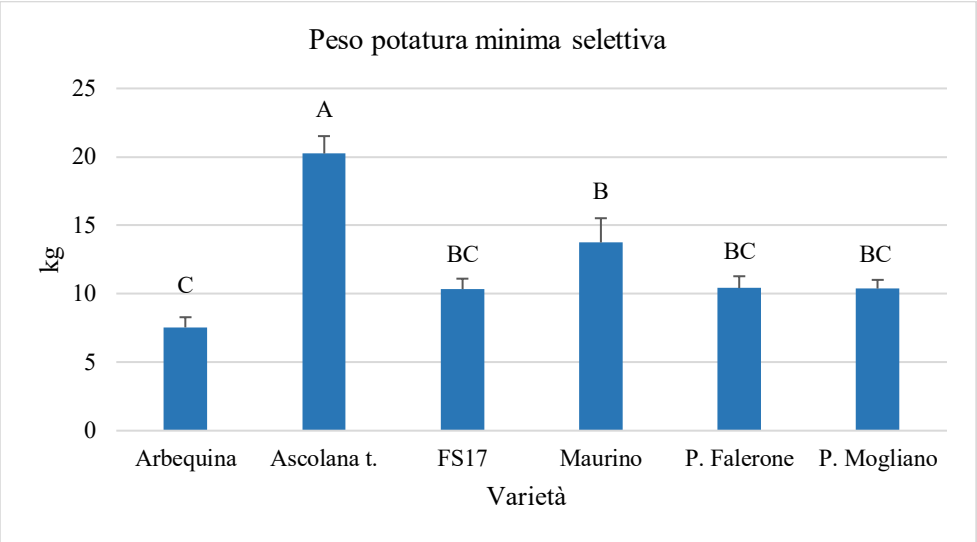

Figura 32: Peso dei residui della potatura principale tra le diverse varietà

Andando a confrontare l'entità dei residui nelle piante appartenenti ai due differenti blocchi, l'andamento segue le precedenti prove con le piante del blocco a valle che risultano avere una maggior vegetatività; per questo motivo l'entità dei residui asportati a valle è stata maggiore, con quasi 14 kg di biomassa rimossa, contro i quasi 11 kg del blocco a monte.

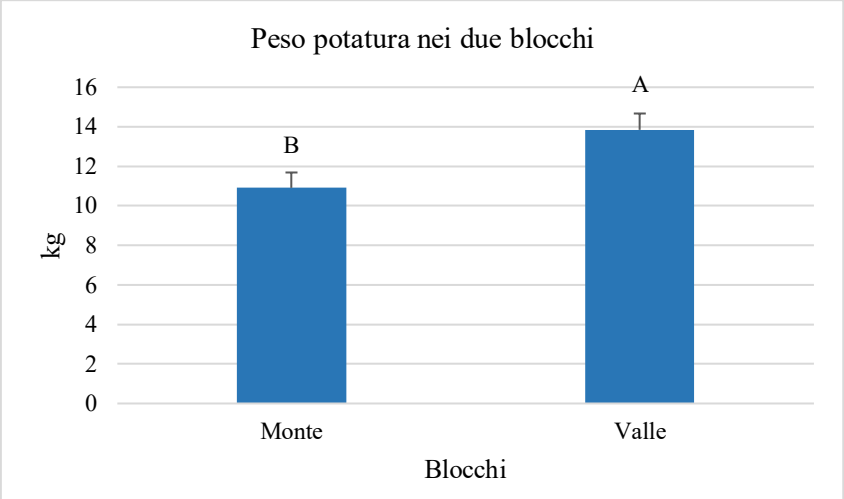

Figura 33: Peso dei residui di potatura tra le piante dei diversi blocchi

Infine anche qui sono state confrontate le quantità dei residui di potatura delle diverse varietà nei due blocchi e da come si può vedere nella Figura 32, oltre al fatto che Arbequina ed FS-17 non è stato possibile confrontarle in quanto presenti solamente in uno dei due blocchi, Ascolana tenera e Maurino hanno mostrato comportamenti simili sia a monte che a valle, mentre Piantone di Falerone e Piantone di Mogliano si sono dimostrati maggiormente vegetativi a valle, con una differenza di residui di potatura in quest'ultimo blocco decisamente superiore.

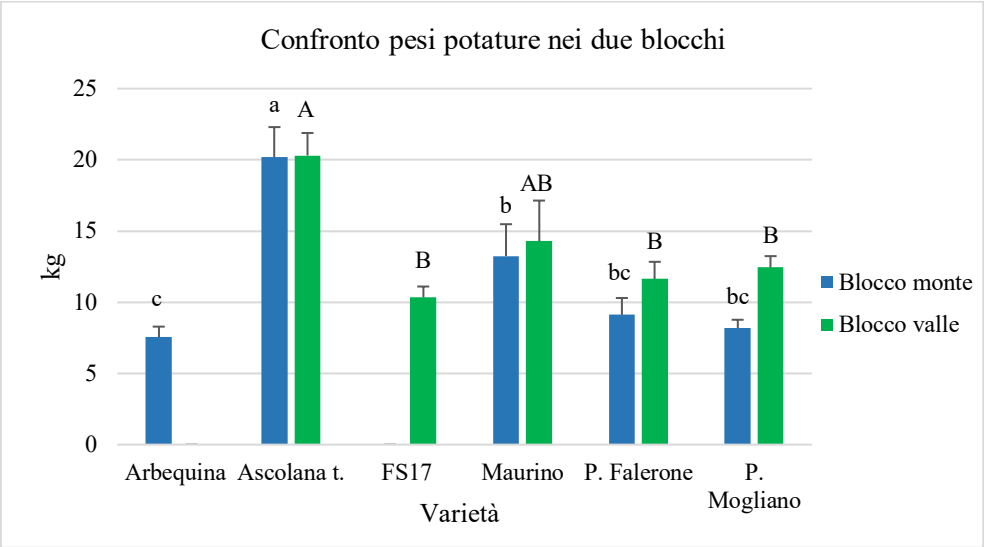

Figura 34: Confronti pesi potature tra le varietà nei differenti blocchi

Anche per questa tipologia di potatura sono stati cronometrati i tempi di potatura, ma, a differenza della potatura basale in cui è stato preso il tempo totale di tutte le piante trattate e poi diviso per il numero di individui, in questa prova, le tempistiche sono state rilevate pianta per pianta.

Confrontando i tempi varietà per varietà (Figura 33), emerge che l'Ascolana tenera, come per il peso della biomassa rimossa, risulta avere delle tempistiche maggiori rispetto alle altre, con un tempo medio per pianta di più di 8 minuti.

Anche qui Maurino si trova dietro ad Ascolana con delle tempistiche per singolo individuo di circa 6 minuti, significativamente differente alla precedente varietà.

Arbequina è stata la varietà in cui la potatura minima selettiva ha richiesto le minori tempistiche, con poco più di 4 minuti per pianta ed infine, FS-17, Piantone di Falerone e di Mogliano non sono risultati essere significativamente differenti né da Arbequina né da Maurino, con tempi compresi tra 4,5 minuti e 5,5 minuti.

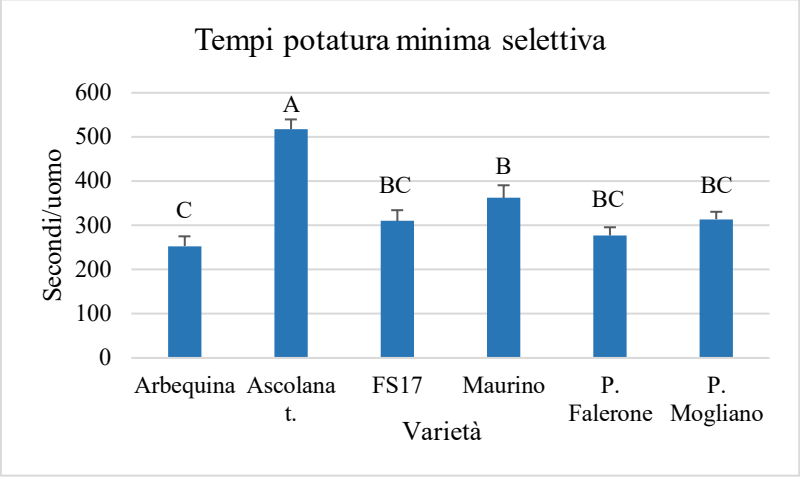

Figura 35: Differenze tra le varietà nei tempi di potatura

Successivamente sono stati confrontati i tempi di ogni singola varietà ma dividendole per blocchi (Figura 34) ed anche qui emerge che nel blocco a valle, per ogni varietà a confronto, in media le tempistiche di potatura risultano essere leggermente maggiori rispetto alla stessa varietà ma posizionata a monte. Ciò a dimostrazione del fatto che condizioni microclimatiche del fondovalle determinano una maggiore vegetatività della pianta stessa.

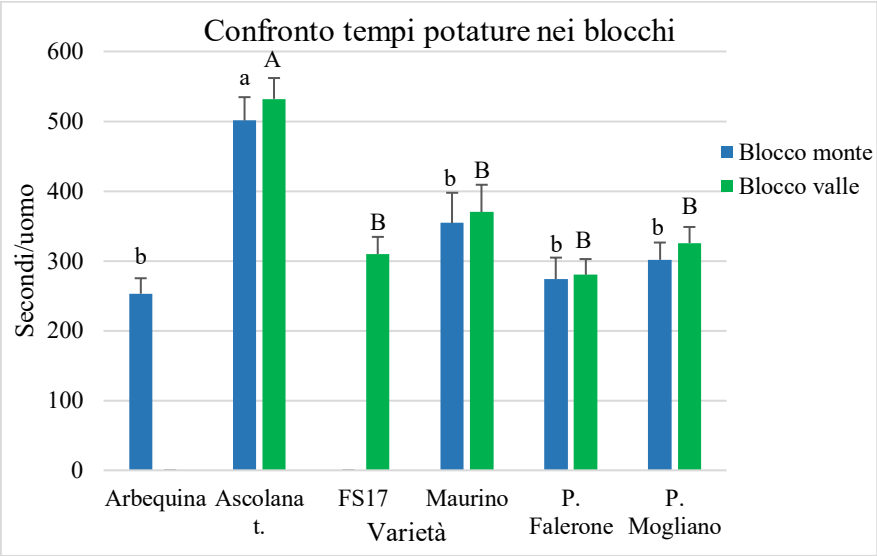

Figura 36: Confronto dei tempi di potatura tra varietà nei diversi blocchi

5.4 Differenze biometriche nel pre e post potatura

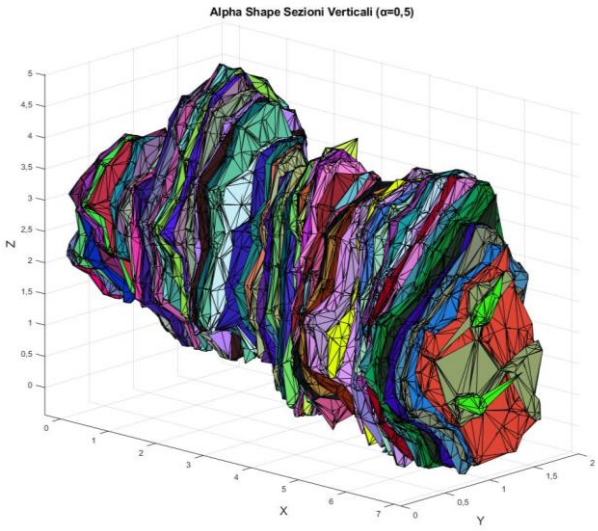

Figura 37: Nuvola di punti parete vegetativa pre-potatura

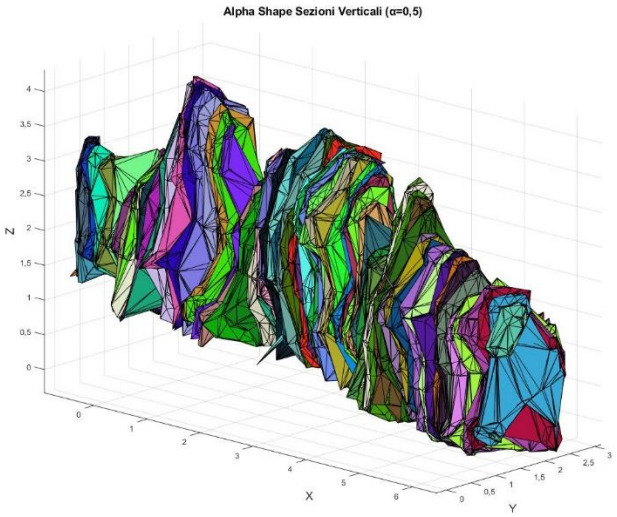

Figura 38: Nuvola di punti parete vegetativa post-potatura

L'elaborazione dei dati acquisiti tramite il LiDAR ha portato all'ottenimento di una rappresentazione tridimensionale di quella che è la parete vegetativa dell'impianto; le immagini 37 e 38 ci mostrano visivamente quelle che sono le differenze nelle chiome dell'oliveto nel pre-potatura prima e nel post-potatura poi.

Si nota chiaramente come le operazioni di potatura abbiano cercato di andare a ridurre l'altezza delle chiome e contemporaneamente a restringere la parete vegetativa cercando di riportare le piante ad uno standard tale per cui le raccoglitrici possano entrare nell'impianto, situazione che precedentemente non era possibile fare.

Da queste nuvole di punti rielaborate è stato possibile poi ricavare quelli che sono i dati biometrici per poter fare diverse considerazioni.

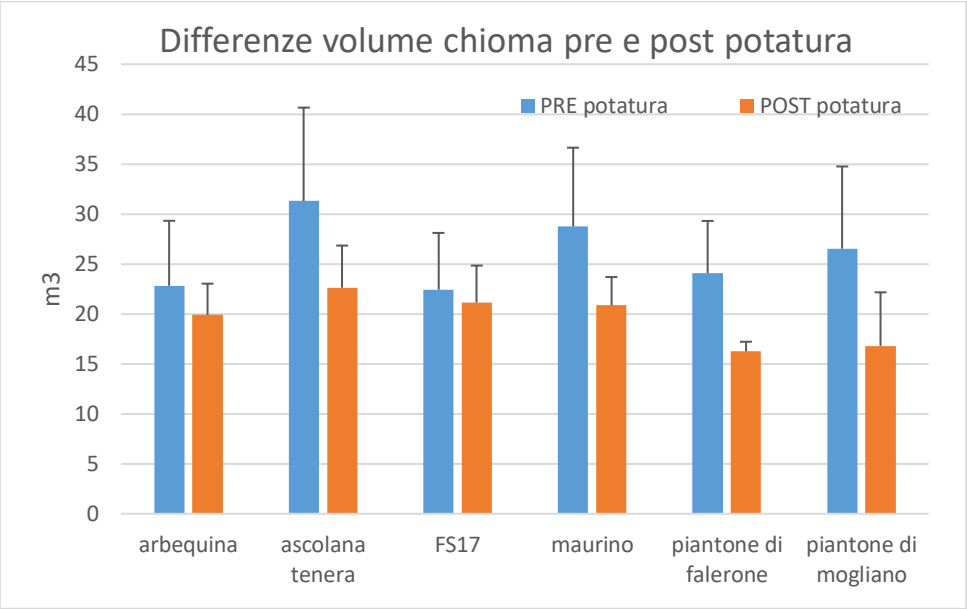

Figura 39: Differenze volumetriche della chioma nel pre e post-potatura

Sono state quindi valutate le differenze varietali nel volume emerse dal pre e post-potatura (Figura 39). La prima cosa da specificare è che essendo le chiome unite in una siepe, i volumi si riferiscono ad una porzione della parete di ogni varietà corrispondente a circa 6 metri di lunghezza al suolo (3 piante).

Ciò che emerge è interessante: dalle barre blu del grafico si possono notare quelle che sono le differenze varietali poiché ci si sta riferendo al volume delle pareti vegetative nel pre-potatura, ovvero con piante non potate da 4 stagioni; si può vedere, infatti, come l'Ascolana tenera abbia una volumetria superiore a tutte le altre varietà mentre Piantone di Mogliano ed FS-17 risultano avere un volume molto simile alla varietà di controllo Arbequina.

Poi, per mezzo della potatura (barra arancione), le differenze che persistevano vanno ad appiattirsi in quanto con questa tecnica si cerca di ricondurre tutte le piante a delle misure simili.

Altra cosa molto interessante è che nel pre-potatura la variabilità, contraddistinta con le barre di errore, sono molto più accentuate e ciò deriva dalle differenze del naturale sviluppo delle diverse varietà, mentre nel post potatura questa variabilità si appiattisce grazie alle operazioni di taglio che hanno appunto lo scopo di andare a riportare le chiome entro dimensioni prestabilite.

5.5 Risultati raccolta

Durante la stagione 2021/2022 la raccolta ha rappresentato un evento interessante dove poter valutare altre tipologie di trattamenti tra cui delle analisi di fattibilità di raccolte alternative a quella tramite scavallatrice in continuo, non praticabile nello specifico caso per dimensini delle piante al momento non idonee.

Sono state valutate quindi due tipologie di raccolta: la prima tramite i classici abbacchiatori e la seconda tramite uno scuotitore al tronco trainato da una trattrice (Figura 35).

Per il convogliamento delle olive nelle apposite cassette, sono stati posizionati dei teli lunghi 75 metri sotto ai filari e sono stati cronometrati i tempi per la stesura e la successiva radunata di questi; gli intervalli di tempo che ne sono scaturiti variano da 1,3 min. a 2,5 min. per la stesura e da 1,4 min. a 2,7 min. per la raccolta del telo con al di sopra il prodotto bacchiato.

Sono intervalli abbastanza ampi in quanto sono presenti diverse variabili che vanno a condizionare le tempistiche come la stanchezza degli operatori dopo diverse ore di lavoro e la differenza nella pendenza dell'impianto.

I tempi sono comunque in linea con le aspettative e risultano leggermente maggiori nel raccogliere il telo a causa della presenza di olive al di sopra di esso che ne aumenta il peso.

Varietà	Stesura teli (min)	Raccolta abbacchiatori (min)	Raccolta scuotitore (min)	Raccolta telo (min)	Olive blocco monte (kg)	Olive blocco valle (kg)
Arbequina	1,3-2,5	2,588	1,429	1,4-2,7	6,184	non presente
FS-17		1,164	2,333		non presente	6,618
Maurino		2,750	1,879		7,206	3,973
Piantone di Falerone		2,524	2,286		8,882	4,510
Piantone di Mogliano		3,860	2,424		6,845	6,693

Figura 40: Dati raccolta stagione 2021/2022

Per quanto riguarda le due diverse tipologie di raccolta, sono stati valutati i tempi che un singolo operatore impiegherebbe per completare l'intera operazione su una singola pianta.

C'è però da specificare che la prova non ha riguardato l'Ascolana tenera in quanto la presenza di drupe sulla pianta era minima e quindi non è stata raccolta.

Ciò che è emerso dalla prova è che, tranne per l'FS-17, in tutte le altre varietà la raccolta tramite abbacchiatori ha richiesto delle tempistiche maggiori rispetto alla raccolta tramite scuotitore; ad esempio, per Piantone di Mogliano si è passati da 3,8 minuti con la raccolta tramite abbacchiatori ad un tempo di 2,4 minuti tramite scuotitore; su Arbequina da 2,6 minuti tramite abbacchiatori ad 1,4 minuti tramite scuotitore.

Questo vantaggio si appiattisce notevolmente per Piantone di Falerone anche se la raccolta tramite scuotitore continua ad essere vantaggiosa fino ad invertire la tendenza su FS-17. In questo caso, infatti, mentre con lo scuotitore si riesce a raccogliere una singola pianta in 2,3 minuti, tramite abbacchiatori il tempo diminuisce drasticamente fino ad arrivare ad 1,6 minuti; questo potrebbe essere spiegato dall'architettura delle piante di questa varietà (Figura 37), con la presenza di un breve fusto da cui si dipartono le branche principali a pochi centimetri da terra, ciò renderebbe infatti difficoltoso l'aggancio della pinza dello scuotitore al tronco con una conseguente allungamento dei tempi.

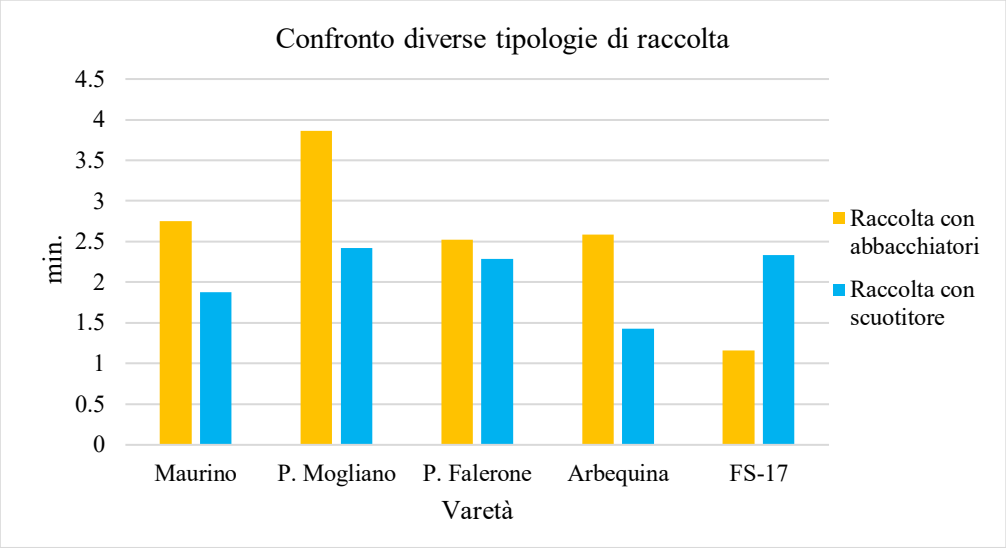

Figura 41: Confronto tempistiche delle differenti tipologie di raccolta

Ultimo dato considerato è stato la pesatura delle olive raccolte, poi confrontate nei due differenti blocchi (Figura 38).

Ne è scaturito che per Piantone di Falerone e Maurino le piante del blocco a monte hanno avuto una produttività molto maggiore rispetto a quelle a valle, con il Falerone la cui

produttività per pianta ha toccato quasi i 9 kg contro i 4,5 kg a valle, mentre per Maurino si andava sui 7,2 kg per pianta a monte contro i 3,9 kg a valle.
Dati che si appiattiscono molto in Piantone di Mogliano con una produzione media di 6,7/6,8 kg per pianta sia a monte che a valle.

Figura 42: Architettura dell'FS17

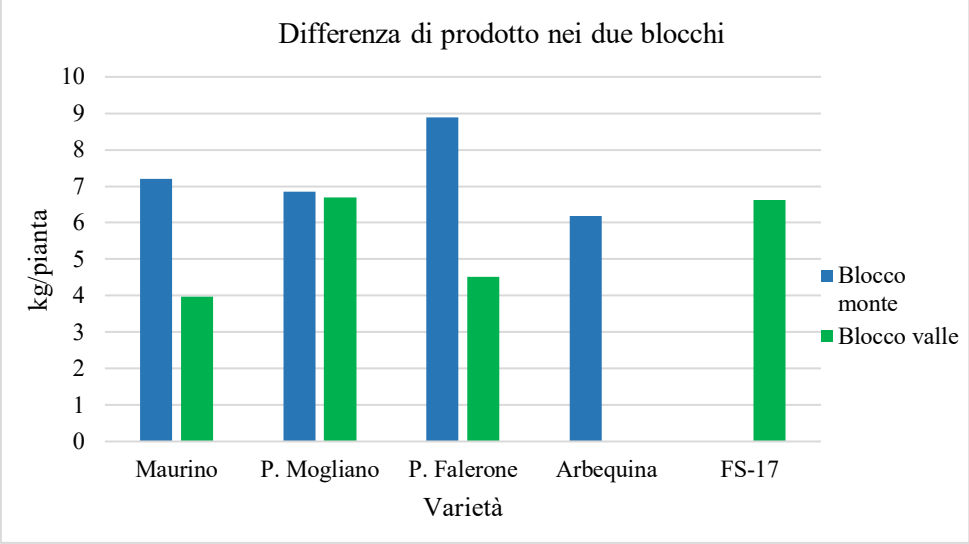

Figura 43: Confronto produzione nei due differenti blocchi

6. Conclusioni

Dalle prove che sono state effettuate nel corso di una stagione, sono emerse diverse informazioni interessanti che potrebbero rappresentare un aiuto nella scelta delle migliori varietà da poter inserire in un contesto di alta densità.

L'ASTT ci ha permesso di individuare quali fossero le cultivar più vigorose tra quelle considerate per la prova e quali avessero avuto, nell'arco di un anno, il tasso di accrescimento maggiore.

Come riportato da Rosati *et al.*, le cultivar che presentano una crescita del tronco più bassa hanno anche una maggior branching frequency, ovvero un maggior numero di branche laterali che si formano sul tronco per numero di germogli; questo maggior numero di branche equivale ad un minor vigore delle stesse e ciò sembra associato ad un'entrata in produzione più rapida, caratteristica fondamentale per queste tipologie di impianti.

Varietà con tronchi, branche e germogli più sottili ed elevata ramificazione implicano una maggior capacità di riempire il volume della chioma con potenziali siti fruttiferi e contemporaneamente, una minor produzione di strutture portanti che non rappresentano siti idonei alla produzione.

Per questo alcune varietà come l'Ascolana tenera, ad esempio, potrebbero risultare essere poco idonee a questi tipi di impianti poiché non presenterebbero caratteristiche architettoniche idonee alla gestione standard; Ascolana tenera è stata inserita negli impianti ad alta densità con un sesto esattamente uguale a quello di Arbequina (4x2 m) senza considerare la differenza di vigoria che esiste tra le due cultivar. Sarebbe opportuno infatti valutare se una struttura in parete possa essere impostata anche per questa varietà andando a modificare i sesti d'impianto; allargando le distanze si andrebbe a mettere a disposizione delle singole piante sia un maggior volume di terreno sia un maggior volume aereo, più compatibile con i suoi standard di crescita, in modo tale da riuscire a gestire meglio la chioma, evitando di andare ad asportare annualmente una gran quantità di biomassa attraverso la potatura. Questo potrebbe limitare i costi di gestione e anche lo sbilanciamento vegeto-produttivo, in particolare lo scoppio vegetativo durante la stagione successiva alla potatura che compromette le successive produzioni.

Anche l'altra varietà in prova, FS-17, invece, ha dimostrato un modello architetturale caratterizzato da una crescita più veloce dei germogli che necessita di un sesto di impianto più ampio e di un'accurata potatura minima e rigorosamente selettiva, per permettere il corretto

funzionamento della chioma e mantenere una ramificazione compatibile con gli ingombri previsti in alta densità, alla base di una produzione costante ed elevata.
In conclusione, si può invece affermare che varietà di bassa vigoria e di forte ramificazione, come l'Arbequina e anche i due Piantoni, si adattano a densità elevate con limitati adattamenti nelle tecniche di gestione dei rami. Al contrario, per varietà vigorose e a bassa ramificazione come FS-17, o Ascolana tenera la gestione per garantire uniformità e livelli di produzione costanti deve includere una gestione della potatura più precisa ed estensiva.
Le prove sulla potatura basale estiva volevano mettere un punto fermo su questo tipo di operazione che ancora oggi non è molto utilizzata. Questa operazione può determinare un minor ricaccio dei polloni e dei germogli sulla parte basale del tronco con conseguente diminuzione di manodopera negli anni successivi. Inoltre può permettere di dividere in due le operazioni di potatura annuale consentendo di avere un minor carico di lavoro nel periodo primaverile e un migliore uso della scarsa manodopera disponibile. Infatti, potrebbe rendere più efficiente la potatura minima selettiva inverno-primaverile che rappresenta un'attività onerosa dal punto di vista delle tempistiche in cui gli operatori devono affrettarsi avendo a disposizione un arco temporale limitato.
Oltre all'Arbequina, di cui già si conoscono le caratteristiche vegetative in queste tipologie di impianti, sia Ascolana tenera che Maurino hanno mostrato una bassa quantità di polloni e branche posizionate sulla zona basale del tronco, determinando un celerità interessante nelle operazioni da eseguire; al contrario, FS-17 ed i due Piantoni sono stati caratterizzati da un'alta quantità di biomassa nella parte basale della pianta causando un rallentamento nei lavori e conseguentemente costi di gestione più alti.
Successivamente è stata valutata la potatura minima selettiva: è emerso che sia Piantone di Mogliano che Piantone di Falerone hanno caratteristiche non del tutto dissimili dai comportamenti dell'Arbequina, mentre per quanto riguarda l'Ascolana tenera, le tempistiche e il peso di potatura si sono dimostrati molto più elevati rispetto a quelli delle altre varietà in prova.
C'è però da considerare il fatto che l'impianto non veniva potato da ben 4 anni e considerando il rapporto tra tempistiche, materiale asportato e gli anni in cui l'oliveto non è stato gestito tramite potatura, ciò che ne scaturisce è un risultato ben migliore rispetto ai costi di gestione degli impianti tradizionali per tutte le varietà considerate.
La raccolta è stata valutata tramite l'ausilio dei classici abbacchiatori e di uno scuotitore al tronco e ne è scaturito che la raccolta tramite scuotitore risulta essere più efficace di quella a mano con l'accortezza di avere piante con un'altezza del tronco pulito di almeno 70 cm per

poter permettere l'aggancio della pinza. Risultati interessanti anche in relazione alla difficoltà di usare le macchine scavallatrici per la raccolta continua in impianti su terreni in forte pendenza.

Oltre alla raccolta del 2021/2022, si voleva andare a valutare anche quella del 2022/2023 per avere un confronto più accurato nei diversi anni ma, nonostante l'eccellente fioritura, un ritorno di freddo nel mese di Aprile ha causato il totale disseccamento delle mignole determinando un azzeramento della produzione e un'impossibilità nel procedere con questo rilievo.

La valutazione delle produzioni del 2021/2022 sono comunque state eccellenti per qualche varietà ma insufficienti per altre (l'Ascolana tenera era nell'anno di scarica): Piantone di Mogliano in entrambi i blocchi ha mostrato una produttività di poco superiore a quella dell'Arbequina con circa 6,7 kg di olive per pianta (più di 8 t per ha); il Piantone di Falerone invece, nel blocco a monte ha avuto una produttività eccellente, con circa 8,9 kg di olive per pianta, che rapportato ad un ettaro di impianto, corrisponde a circa 11 t di prodotto. Purtroppo però queste produzioni sono andate a diminuire nel blocco a valle con una produzione media di circa 4,5 kg per pianta (5,6 t/ha).

In generale tutte le varietà messe a confronto hanno mostrato delle caratteristiche più negative a valle; infatti le piante sembrerebbero mostrare una vegetatività maggiore e ciò richiederebbe un più elevato dispendio di manodopera e di denaro che però, secondo i dati, non sarebbe direttamente proporzionale alla produttività delle piante. La produzione media va a diminuire nelle zone di fondovalle, caratterizzate da microclimi più umidi con chioma che durante le prime ore della mattina fa più fatica ad asciugarsi e di conseguenza rischia malattie fogliari come il cicloconio e un abbassamento della fotosintesi, con minor accumulo di energia all'interno della pianta e maggiore formazione di nuova vegetazione per sostituire quella malata a discapito della produzione di olive.

Resta il fatto che sarebbero necessari altri dati e quindi altri anni di sperimentazioni per poter arrivare a mettere a punto una procedura di corretta gestione della chioma per ogni singola varietà in ogni singola situazione pedoclimatica.

La tesi ha originato informazioni interessanti che fanno capire l'importanza delle varietà marchigiane se inserite in contesti di alta densità; infatti una corretta gestione della chioma e la comprensione del modello di crescita della pianta possono permettere l'uso di varietà locali che oggi si pensa non siano idonee.

Un esempio risulta Ascolana tenera, varietà di grandissimo interesse nella nostra regione sia per la presenza della DOP (Ascolana del Piceno DOP) che permette la commercializzazione

di un'oliva da mensa eccellente, sia per le caratteristiche che questa cultivar risulta avere se trasformata in olio.

Nella nostra regione infatti, gli oliveti di Ascolana tenera sono ad oggi caratterizzati da un sesto ampio (minimo 6x6 m) e da metodi di gestione e di raccolta obsoleti che non permettono più di avere un reddito sufficiente, tanto che i fenomeni di abbandono di questi oliveti sono ogni anno più frequenti.

Da questo punto di vista, impianti ad alta densità con questa varietà, la messa a punto di corrette misure per la gestione della chioma che permetterebbero alla pianta di essere in equilibrio vegeto-produttivo, assieme ad una raccolta meccanica (scuotitore al tronco che non determina una gran quantità di lesioni alle drupe), potrebbero essere importanti per aumentare la competitività del settore olivicolo.

Bibliografia

Albarracìn V., Hall A. J., Searles P. S., Rousseaux C. M., 2017. Responses of vegetative growth and fruit yield to winter and summer mechanical pruning in olive trees. Scientia Horticolturae 225, pp. 185-194.

Briccoli Bati C., Godino G., Monardo D., Nuzzo V., 2006. Influence of propagation techniques on growth and yield of olive trees cultivars 'Carolea' and 'Nocellara Etnea'. *Scientia Horticulturae* 109, pp. 173–182.

Caruso T., Proietti P., 2011. Modelli d'impianto, forme di allevamento e criteri di potatura per la nuova olivicoltura. *Accademia nazionale dell'olivo e dell'olio*, pp 7-11.

Chang, L., Niu, X., Liu, T., Tang, J., & Qian, C. (2019). GNSS/INS/LiDAR-SLAM integrated navigation system based on graph optimization. Remote Sensing, 11(9).

Connor, D.J., Gómez-del-Campo, M., Rousseaux, M.C., and Searles, P.S. (2014). Structure, management and productivity of hedgerow olive orchards: *a review. Sci. Hortic. 169*, 71–93.

Dubayah, R. O. & Drake, J. B., 2000. Lidar Remote Sensing for Forestry. *Journal of Forestry,* 98(6), pp. 44-46.

Farinelli D., Tombesi S., 2015. Performance and oil quality of 'Arbequina' and four Italian olive cultivars under super high density hedgerow planting system cultivated in central Italy. *Scientia Horticolturae*, 192, pp. 97-107.

Gertis A., Fountas D., Arpasanu I., Michaloudis M., 2013. Precision Agriculture Applications in a High Density Olive Grove Adapted for Mechanical Harvesting in Greece. *Elsevier*, 8, pp. 152-156.

Godini A., Camposeo S. e Scavo V. 2006. Gli aspetti agronomici dell'olivicoltura superintensiva. *L'Informatore Agrario*. 1:65-67.

Graniti A., 1993. Late frost demage for olive trees, *Bulletin OEPP/EPPO* 23, pp. 489-491.

Lodolini E.M., B. Alfei, A. Santinelli, T. Cioccolanti, S. Polverigiani, D. Neri. 2016. Frost tolerance of 24 olive cultivars and subsequent vegetative re-sprouting as indication of recovery ability. *Scientia Horticulturae* 211 (2016) 152–157. WOS:000386409800018

Lodolini E. M., Neri D., 2012. How growth and reproduction cycles affect alternate bearing in olive. *Hacta Hort*. 949, ISHS, pp. 191-198.

Lodolini E.M., Polverigiani S., Bignozzi P., Santinelli A., Neri D., 2018. Inflorescence characteristics and pollination compatibility of two local olive cultivars in highdensity plantation. *Hacta Hort.*, 1229, pp. 243-248.

Lodolini E. M., Polverigiani S., Grossetti D., Neri D., 2018. Pruning managment in a high-density olive orchard. *Acta Hort*. pp. 385-390.

Lodolini E.M., Polverigiani S., Sirugo M., Neri D., 2018. Damage to several olive cultivars by two over-the-row harvesters in high-density orchards. *Hacta Hort.* pp. 415-420.

Moriondo M., Leolini L., Brilli L., Dibari C., Tognetti R., Giovannelli A., Rapi B., Battista P., Caruso G., Gucci R., Argenti G., Raschi A., Centritto M., Cantini C., Bindi M., 2019. A simple model simulating development and growth of an olive grove. *European Journal of Agronomy*. 105, pp. 129-145.

Neri D., Cioccolanti T., Zuccherelli G., Navacchi O., Giorgi V. and Lodolini E.M. (2020). Micropropagation Effects on Juvenile Traits, Flower Differentiation, and Tree Architecture in Young Olive Trees. *Agronomy* 2020, 10, 1742; doi:10.3390/agronomy10111742.

Panelli G., 2012. Relazioni tra tecniche di potatura e raccola e costo di produzione. *Olivo e olio*, 11/12, pp. 44-46.

Proietti, P., Famiani, F. & Guelfi, P., 2008. Principi, basi e scelte per la potatura dell'olivo. In: P. Proietti, F. Franco, G. Pannelli & G. Paolo. *Manuale per una potatura agevolata e semplificata.* Città di Castello PG, pp. 13-19.

Rosati A., Paoletti A., Caporali S., Perri E., 2013. The role of tree architecture in super high density olive orchards. *Scientia Horticolturae,* 161. pp. 24-29.

Sanz-Cortes F., Martinez-Calvo J., Badenes L. M., Bleiholder H., Hack H., Llacer G., Meier U., 2001. Phenological growth stages of olive trees (Olea europea). *Ann. Appl. Biol*., 140, pp. 151-157.

Sanzani S. M., L. Schena, F. Nigro, V. Sergeeva, A. Ippolito, M.G. Salerno., 2012. Abiotic diseas of olive, *Journal of plant pathology*, 94, pp. 469-491.

Sofo A., Manfreda S., Fiorentino M., Dichio B., Xiloyannis C., 2008. The olive tree: a paradigm for drought tolerance in Mediterranean climates. *Hydrology and Earth System Sciences*. 12, pp. 293-301.

Tarragoni A., 2014. Architettura della pianta e fertilità dell'olivo in coltura intensiva, pp. 9-21

Tarragoni A., Lodolini E. M., Mandozzi M., Neri D., 2014. Effetto dell'accrescimento del germoglio sul ritorno a fiore in olivo, pp. 34.

Tombesi S. e Farinelli D., 2012. Ottimizzazione della potatura negli impianti superintensivi. *Dossier Olivo*, pp. 46-50.

Tous J., Romero A., Hermoso J. F., 2010. New trends in olive orchard design for continuous

mechanical harvesting. *Scientia Horticolturae*, 24(1), pp. 43-52

Valverde P., Zucchini M., Polverigiani S., Lodolini E.M., López-Escudero F.J., Neri D. (2020). Olive knot damages in ten olive cultivars after late-winter frost in central Italy. *Scientia horticulturae*, 266, 109274. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109274

Vieri M., Sarri D., 2012. Criteria for introducing mechanical harvesting of oil olives: results of a five-year project in Central Italy. *Scientia Horticolturae*, 24(1), pp. 78-90.l

Sitografia

ASSAM. Agenzia Servizi Settore Agroalimentare delle Marche. Tratto l'8 Agosto 2022, 10.45 da http://www.assam.marche.it

Agromillora Group. Agromillora Iberia. Tratto l'8 Agosto 2022, 11.25 da https://www.agromillora.com

ISTAT. Istituto Nazionale di Statistica. Tratto il 26 Luglio 2022, 15.15 da Istat.it

Regione Toscana. Banca regionale del germoplasma. Tratto l'8 Agosto 2022, 15.00 da http://germoplasma.arsia.toscana.it

Vivaio Elaia. Intensive Mechanized Olive Growing. Tratto l'8 Agosto 2022, 12.30 da http://www.vivaioelaia.it