

Università degli Studi di Foggia

Dipartimento di Economia

Progetto

***“Un approccio multidisciplinare per migliorare la competitività
della mandorlicoltura nell'Italia meridionale
-(AMMICOMIT)”***

MiPAF- OIGA - Bando OIGA D.M. 18829 del 05/08/2009)

responsabile scientifico del progetto di ricerca:

Prof. Giulio Mario CAPPELLETTI

RELAZIONE TECNICO-SCIENTIFICA

RIASSUNTIVA

DELLE ATTIVITA' SVOLTE

Relativa alla richiesta di liquidazione finale

Periodo 01/01/2010 - 31/12/2015

INDICE

PARTE PRIMA

1. DESCRIZIONE ED OBIETTIVI DELLA RICERCA

PARTE SECONDA

2. RISULTATI DELLE ATTIVITA' DEL WORKPACKAGE MIGLIORAMENTO TECNICA AGRONOMICA

3. RISULTATI DELLE ATTIVITA' DEL WORKPACKAGE MECCANIZZAZIONE

4. RISULTATI DELLE ATTIVITA' DEL WORKPACKAGE ANALISI AMBIENTALI ED ECONOMICHE

5. CONCLUSIONI

PARTE PRIMA

1. DESCRIZIONE ED OBIETTIVI DELLA RICERCA

Nel corso del periodo 2011-2015 sono state svolte presso l'Azienda Agricola Pasquale Cinone, sita in agro di Corato (Ba), le attività di ricerca del progetto *de quo*, tale attività di ricerca si è protratta come da proroghe concesse dai seguenti provvedimenti ministeriali:

- D.M. n° 2834/7818/12 del 08/02/2012;
- D.M. n° 3176/7818/14 del 10/02/2014;
- D.M. n° 33867818/15 del 11/02/2015.

Le attività progettuali hanno poi subito una modifica in seguito alla richiesta di variante datata 03/12/2012 relativa alla possibilità di costruire e sperimentare una macchina polifunzionale alle operazioni di post-raccolta nella filiera mandorlicola. Tale necessità di ampliamento di attività è stata rilevata a seguito della sopraggiunta esigenza di sperimentare la meccanizzazione delle operazioni di post-raccolta delle mandorle ed è stata concordata con l'azienda coinvolta, che ha utilizzato fonti finanziarie derivanti dai Progetti Integrati di Filiera (PIF) per coprire le spese relative alla costruzione del prototipo di essiccatore consentendo così di destinare tale budget alla realizzazione di un prototipo di macchina polifunzionale di supporto al post-raccolta, senza pregiudicare le attività di ricerca previste dal progetto AMMICOMIT, ma di fatto ampliandole.

Le attività progettuali sono state così articolate in tre work packages (WP):

- **WP1:** Work package miglioramento tecnica agronomica;
- **WP2:** Work package meccanizzazione;
- **WP3:** Work package analisi ambientali ed economiche.

Nell'ambito dei WP1 e WP2 sono state applicate specifiche soluzioni, miranti all'ottimizzazione ed alla soluzione di problematiche inerenti fasi diverse dell'intera filiera, secondo lo schema sperimentale prima illustrato.

Nell'ambito del WP1 le singole attività o *task* sono state applicate specifiche soluzioni miranti ad alleviare l'incidenza della problematica della suscettibilità alle gelate tardive del mandorlo e quella dei ridotti ed incostanti livelli produttivi.

Le soluzioni proposte sono le seguenti:

WP1-A) tecnica di difesa dalle gelate per aspersione sottochioma su suolo e copertura con manto erboso spontaneo: la gestione del suolo ha previsto la costituzione di un

inerbimento spontaneo invernale-primaverile che è stato sfalciato in pre-fioritura ad un'altezza di circa 30 cm, ossia circa 20 cm meno dell'altezza degli ugelli dei minisprinkler. Il materiale vegetale sfalciato è stato lasciato sulla copertura vegetale a costituire una pacciamatura che contiene il rigoglio vegetativo del manto vegetale ed incrementa la superficie di contatto con l'acqua aspersa dai minisprinkler. Al termine del periodo a rischio gelate l'inerbimento spontaneo è stato conservato dopo un sfalcio a pochi centimetri dal suolo, dato il suo molto contenuto rigoglio vegetativo. L'impianto di aspersione sottochioma è stato realizzato impiegando minisprinkler azionati a bassa pressione in numero di uno per pianta in prossimità del punto medio tra due tronchi sulla fila, regolando l'angolo di copertura dell'irrigatore in modo da evitare un eccessivo bagnamento del tronco della pianta; il raggio di gittata di ciascun erogatore è di circa 5 m e l'intensità di pioggia dell'impianto è superiore ai 5 mm h⁻¹. Si è previsto un azionamento dei minisprinkler completamente indipendente dall'impianto di irrigazione a goccia impiegato per l'approvvigionamento idrico della coltura. Sfortunatamente ai fini del presente progetto, ma fortunatamente per tutti gli operatori mandorlicoli pugliesi, nelle annate di progetto, come sarà meglio illustrato in seguito, non si sono verificati eventi gelivi e non si è potuto verificare gli effetti delle tecniche di difesa dalle gelate previste. Ai fini di massimizzare l'utilità del campo sperimentale installato e gestito come da progetto, si è proceduto ad eseguire i rilievi previsti considerando che i trattamenti messi in atto costituiscono, comunque, a tutti gli effetti delle differenti tecniche di gestione del suolo mai testate sperimentalmente in Italia Meridionale nella mandorlicoltura irrigua.

WPI-B) potatura post-allegagione per attenuare l'incidenza finale della gelate: nell'annata 2013 e 2014, sono state condotte prove di esecuzione ritardata delle operazioni di potatura con due differenti finalità. La prima finalità è quella di ritardare la fenologia della coltura in conseguenza del maggior numero di gemme presenti a fine inverno in prossimità della fioritura e del germogliamento; ciò permetterà di spostare in avanti, in misura molto contenuta, le prime fasi del ciclo biologico annuale della specie. La seconda finalità è quella di avere più gemme e più vegetazione in occasione del verificarsi di eventi gelivi per poter, quindi, a posteriori valutare il danno e concentrare l'intervento sulla zona più colpita; ciò dovrebbe incrementare la probabilità di poter disporre di un maggior numero di gemme, di fiori, di frutticini e di germogli a parità di percentuale di danno, rispetto a piante già potate in epoca tradizionale su criteri previsionali indipendenti dall'evenienza di gelate. Sfortunatamente ai fini del presente progetto, ma fortunatamente per tutti gli operatori mandorlicoli pugliesi, nelle suindicate

annate, come sarà meglio illustrato in seguito, non si sono verificati eventi gelivi e non si è potuto verificare gli effetti di tali trattamenti. Per quanto già illustrato riguardo al punto precedente del presente workpackage, l'assenza di eventi gelivi ha impedito di verificare gli effetti dell'applicazione dei trattamenti sopra descritti.

WP2-A) Prove comparative di raccolta: nell'ambito di questo workpackage sono state effettuate prove comparative tra cinque diversi cantieri di raccolta meglio descritti nel capitolo specifico sui risultati conseguiti dalle attività di questo workpackage.

Durante le prove sperimentali sono stati misurati alcuni parametri legati alla produttività del cantiere come l'efficienza produttiva (percentuale di drupe raccolte dalla pianta), la capacità del lavoro (piante raccolte/ora) e la produttività della manodopera (piante raccolte/ora•operaio o kg di drupe raccolte/ora•operaio).

WP2-B) Studio di nuova macchina smallatrice: l'operazione di smallatura è necessaria per ripulire la mandorla dal mallo subito dopo la raccolta. Le attuali macchine smallatrici presenti sul mercato sono tutte ottimizzate per la pulizia dal mallo delle mandorle a guscio tondo e duro. Se utilizzate per la smallatura delle mandorle a guscio tenero ed allungato si ha di conseguenza una minore efficienza di pulizia ed una maggiore percentuale di prodotto danneggiato, con riduzione del loro valore commerciale. Scopo di questa attività è stata la progettazione e realizzazione di una macchina smallatrice 'prototipo' con una geometria diversa ed ottimizzata per la lavorazione delle mandorle allungate ed a guscio tenero come 'Filippo Ceo', 'Supernova' e 'Ferragnés'.

WP2-C) Studio della possibilità di impiego di macchina essiccatrice al fine di aumentare il grado di meccanizzazione della filiera, riducendo i costi di produzione. Tale sotto-attività ha mirato ad analizzare e sperimentare la possibilità di introdurre una macchina essiccatrice nel ciclo di produzione. Tale macchina, reperita sul mercato, previa valutazione tecnica delle opportunità, nell'ambito di un altro progetto a cui l'azienda soggetto proponente ha partecipato, è stata sottoposta a prove sperimentali di essiccazione.

WP2-D) Sperimentazione di una macchina polifunzionale per pulizia e carico/scarico mandorle in fase di smallatura ed essiccazione. Tale attività è stata incentrata sulla costruzione e sperimentazione di un prototipo per la meccanizzazione delle operazioni di lavorazione post-raccolta (smallatura ed essiccazione), tradizionalmente compiute con grande dispendio di manodopera.

Il **WP3** ha previsto lo studio degli aspetti legati alla sostenibilità delle innovazioni, prevedendo l'applicazione della metodologia LCA su di essi.

Gli **obiettivi** raggiunti dal **WP1** sono:

- valutazione di differenti modalità di gestione del suolo nella mandorlicoltura irrigua del Meridione d'Italia;
- caratterizzazione di importanti cultivar di mandorlo per la mandorlicoltura pugliese e dell'Italia Meridionale in regime irriguo.

Gli obiettivi raggiunti dal **WP2** sono:

- individuazione del cantiere ottimale di raccolta;
- realizzazione di prototipo di macchina smallatrice;
- prove su prototipo di essiccatore;
- realizzazione di prototipo multifunzionale per il carico e lo scarico di mandorle;

Gli obiettivi raggiunti dal **WP3** sono:

- la valutazione degli effetti ambientali causati dalla filiera della mandorlicoltura e le possibili azioni di miglioramento ambientale;
- La valutazione della sostenibilità delle innovazioni proposte nei WP precedenti.

Il progetto può contare su due Unità Operative:

UO1) Unità operativa Az. Agr. Cinone Pasquale (*Soggetto proponente a carattere privato*);

UO2) Unità operativa DSEAGMeG (attualmente denominato Dipartimento di Economia) (*Ente Pubblico di Ricerca*).

PARTE SECONDA

2. RISULTATI DELLE ATTIVITA' DEL WORKPACKAGE MIGLIORAMENTO TECNICA AGRONOMICA

Il campo sperimentale è situato all'interno di un mandorleto intensivo dell'età di 5 anni delle cv. 'Ferragnés', 'Tuono', 'Genco', 'Supernova' e 'Filippo Ceo' con sesto di impianto in quadrato e distanze di piantagione di 5,0 m sulla fila e 5,0 m tra le file. Le altre caratteristiche dell'impianto e delle piante sono riportate in tabella 1. L'azienda è collegata ad un pozzo artesiano di proprietà di un'azienda contigua con contratto di fornitura elettrica annuale che permette completa indipendenza della fornitura idrica dalla rete irrigua consortile. La superficie complessiva investita a mandorlo è pari a 8,30 ha.

Cultivar	Ferragnés, Filippo Ceo, Genco, Supernova,
	Tuono
Portinnesto	GF677
Anno d'impianto	2006
Sesto d'impianto	5 x 5 mxm
Densità d'impianto	400 piante/ha
Circonferenza media tronco	0,30-0,50 m
Altezza media impalcatura	0,40-0,70 m
Altezza media pianta	3,90-4,20 m
Diametro medio chioma	3,50-3,90 m

Tab. 1. -Caratteristiche del mandorleto dell'azienda agricola Cinone.

All'interno di questa superficie saranno individuate parcelle, costituite da almeno 10 piante ciascuna, in numero uguale per ciascuna delle cultivar presenti.

Lo schema sperimentale ha previsto 10 ripetizioni per ciascuna cultivar e per ciascun trattamento, compreso il trattamento di controllo costituito dalla tecnica agronomica impiegata allo stato attuale dall'azienda, per cui, nell'ambito di ciascuna cultivar e ciascuna tecnica di prevenzione e difesa dalle gelate, oltreché sulle parcelle controllo, su 10 gruppi di 3 piante sono stati applicati i seguenti trattamenti:

- Inerbimento con irrigazione sottochioma;
- Suolo nudo non lavorato e rullato;

- Lavorato (testimone).

L'inerbimento con irrigazione sottochioma costituisce un trattamento di difesa attiva dalle gelate tardive. Il suolo nudo rullato è un trattamento di difesa passiva che contiene l'escursione termica del mandorleto aumentando la capacità termica del terreno. Il lavorato è il trattamento controllo o testimone.

Le attività del WP1-A sono state svolte nelle annate 2011-2015, ma un forte evento grandinigeno ha distrutto la produzione nella prima annata mentre nel 2013 si è verificata una annata di scarica totale con assenza di produzione, nelle annate produttive (2012, 2014 e 2015) durante le quali non si sono verificati eventi gelivi. Per tali ragioni, non essendosi verificati danni alle produzioni, si è potuto valutare l'effetto su di esse della differente gestione del suolo attuata nel campo sperimentale. Di conseguenza, non si è potuto fare altro che valutare il trattamento 'Inerbimento con irrigazione sottochioma' come semplice trattamento di gestione del suolo con inerbimento, nel seguito chiamato più semplicemente 'Inerbito'.

Su quest'ultima innovazione colturale, visto che la gestione del suolo del mandorleto nelle tradizionali aree di coltivazione pugliesi è effettuata esclusivamente mediante lavorazioni ripetute del terreno per il contenimento delle infestanti ed il miglioramento delle caratteristiche fisiche del substrato, si sono concentrati i rilievi e le valutazioni effettuate nel periodo in osservazione.

Va rilevato che sia nel 2011 che, come detto, nel 2012, non si sono registrati eventi gelivi e ciò costituisce di per sé una positiva constatazione per il settore data la frequenza con cui tali manifestazioni si erano verificate negli anni scorsi.

Nella relazione intermedia si era fatto notare come il numero di gemme sulle differenti formazioni fruttifere del mandorlo fosse sostanzialmente simile in partenza fra i diversi trattamenti, eccetto per le gemme a fiore di dardi e brindilli su suolo nudo. Di tale casuale differenza si dovrà tenere eventualmente conto nella valutazione delle differenze di produzione che si osserveranno.

Si era anche osservata la diversa distribuzione delle gemme sulle formazioni fruttifere delle diverse cultivar, ricordandoci che essa può cambiare in maniera rilevante su base genotipica; con 'Tuono' ove le gemme a fiore si distribuiscono quasi uniformemente fra brindilli, dardi e rami di un anno. Nelle altre cultivar vi è una prevalenza di gemme a fiore sui dardi. In 'Ferragnés' e 'Genco' si notava maggiore differenziazione su brindilli che su rami di un anno, viceversa su 'Filippo Ceo'.

Si rilevava pure che ad una più completa valutazione, nel seguito, dei risultati produttivi dei diversi trattamenti. In primo luogo, 'Genco' ha un numero di gemme a fiore molto più elevato delle altre cultivar su lavorato (tratt. LavGen). In secondo luogo, 'Supernova' ha un numero di gemme inferiore anziché molto prossimo, rispetto a 'Ferragnès' e 'Genco' nell'inerbito con aspersione sottochioma, dove il loro numero si avvicina a quello riscontrato in 'Tuono'.

Diversamente da quanto desumibile basandosi unicamente sulle gemme a fiore, si era notato che la produzione del mandorlo si concentra prevalentemente sui dardi ma non in tutte le cultivar come ben vedremo dalla successiva figura. Diminuisce in maniera proporzionalmente più rilevante, rispetto a quanto stimabile dal numero di gemme a fiore, il contributo alla fruttificazione rinveniente dai brindilli. Cresce proporzionalmente il contributo dei rami di un anno. Resta il più alto per tutte le cultivar, visto che esso risultava già maggiore sulle branchette fruttifere campionate in partenza, il numero di frutti sui dardi e totale nel trattamento 'Suolo nudo', il che è irrilevante ai fini delle valutazioni, per quanto appena detto.

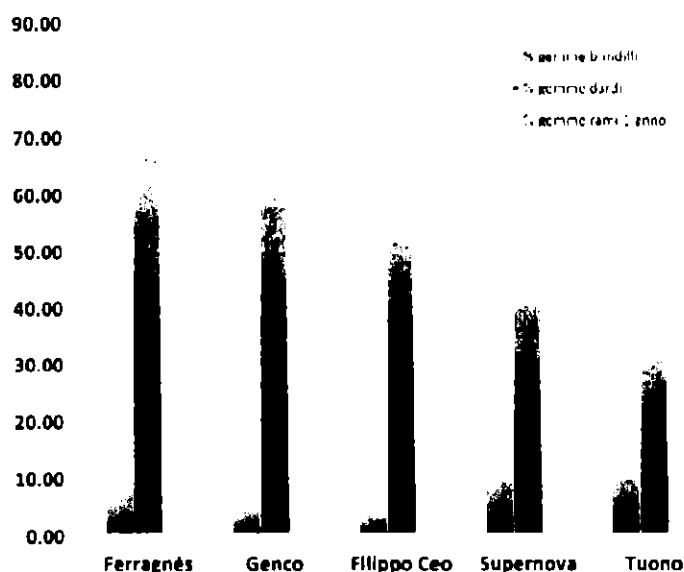


Fig. 1. Valori medi di numero di gemme sulle differenti formazioni fruttifere rilevato in pre-fioritura sulle differenti cultivar a confronto.

I grafici, che riportavano il numero di frutti sulle differenti formazioni fruttifere, ci dicevano che in realtà, a livello di comportamento riproduttivo dei diversi genotipi, le diverse cultivar hanno fruttificato in proporzioni molto differenti sulle formazioni

fruttifere presenti. 'Ferragnés', 'Genco' e 'Filippo Ceo' hanno fruttificato prevalentemente su dardi mentre 'Supernova' e 'Tuono' su rami di un anno. Tra queste due ultime, 'Tuono' vede una molto netta prevalenza dei frutti sui rami di un anno sul totale. Tra le prime tre, la prevalenza di frutti sui dardi è nettissima in 'Filippo Ceo' che grazie proprio ad essi raggiunge un numero totale di frutti pari ad alcune volte (da quasi 3 a circa 7 volte) il numero totale di frutti sulle branchette campionate delle altre cultivar (si ricorda il numero di gemme di partenza molto simile fra le cultivar e solo poco più basso della media in 'Supernova' ed in 'Tuono'). 'Tuono', al secondo posto, che aveva il più basso numero di gemme a fiore totale, ha presentato un numero di frutti totale più alto rispetto a, nell'ordine, 'Genco', 'Supernova' e 'Ferragnés'.

Anche in figura 4 il comportamento genotipico di fruttificazione descritto dalla figura 3 è confermato, per tutte le cultivar, anche osservandole distintamente nei diversi trattamenti di gestione del suolo. Quanto a considerare quantitativamente la fruttificazione delle diverse cultivar nei diversi trattamenti di gestione del suolo, possono farsi interessanti osservazioni. 'Supernova' e 'Tuono' hanno un numero di frutti simile nei diversi trattamenti. 'Ferragnés' ha un numero di frutti di poco maggiore in lavorato rispetto alle altre due gestioni del suolo. Infine, 'Genco' e 'Filippo Ceo' ha un numero finale di frutti che cresce, rispettivamente, in maniera lieve e molto accentuata passando dall'inerbito con aspersione sottochioma a lavorato ed a suolo nudo. Ciò nonostante per 'Filippo Ceo' questa tendenza, valutata in termini di numero di gemme a fiore, risulta molto lieve e non significativa statisticamente. Tale tendenza farebbe prevedere produzioni proporzionali e molto elevate nello stesso senso per questa cultivar.

L'allegagione su inerbito con irrigazione sottochioma è stata più bassa che per le altre due gestioni del suolo. Ciononostante, i valori di allegagione sulle diverse formazioni fruttifere sono stati proporzionalmente comparabili con 'Inerbito con irrigazione sottochioma' e 'Lavorato'. Di contro, a valori di allegagione totale comparabili in 'Lavorato' e 'Suolo nudo' è corrisposta una sua diversa incidenza sulle diverse formazioni fruttifere con una più elevata allegagione su rami di un anno in 'Lavorato', circa 20 %, rispetto a valori intorno al 10 % su dardi e brindilli, e con una più bassa allegagione su brindilli in suolo nudo, con valori di circa il 5 % rispetto a valori intorno al 15 % per dardi e rami di un anno.

La figura 3 mostra come in tutte le cultivar, tranne in 'Filippo Ceo', l'allegagione sia più elevata sui rami di un anno, con valori progressivamente crescenti da circa 8 al 35 %,

passando da 'Ferragnès' e 'Genco' a 'Supernova' ed, infine, 'Tuono'. Solo in 'Filippo Ceo' l'allegagione su dardi è quasi doppia rispetto a quella su rami di un anno.

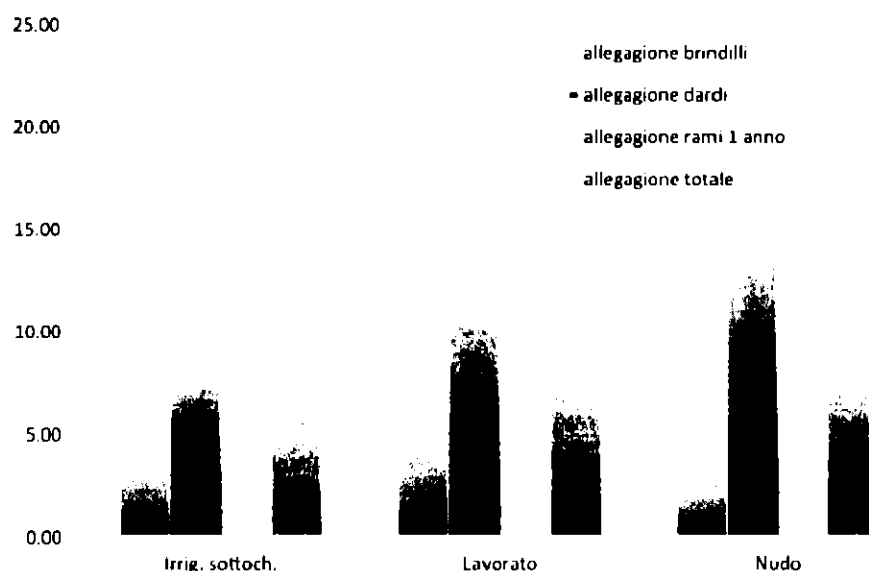


Fig. 2. Valori medi di allegagione (%) totale e sulle differenti formazioni fruttifere rilevato in pre-raccolta sui trattamenti di gestione del suolo a confronto.

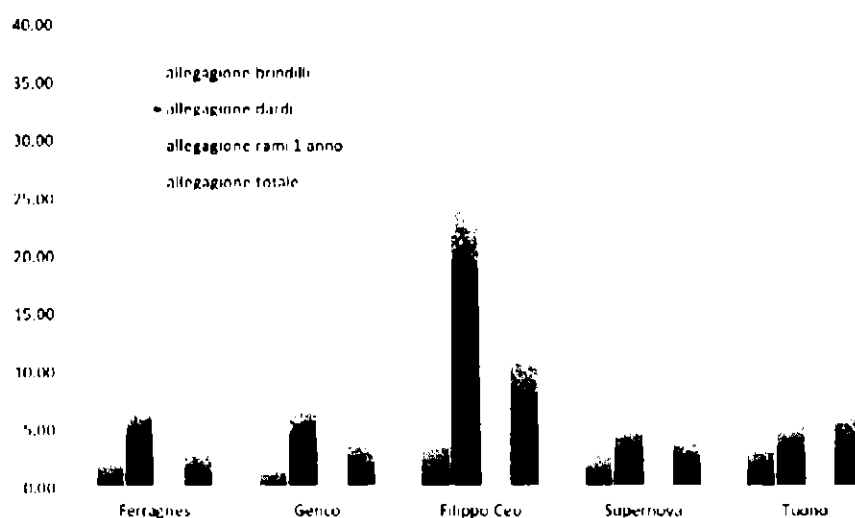


Fig. 3. Valori medi di allegagione (%) totale e sulle differenti formazioni fruttifere rilevato in pre-raccolta sulle cultivar a confronto.

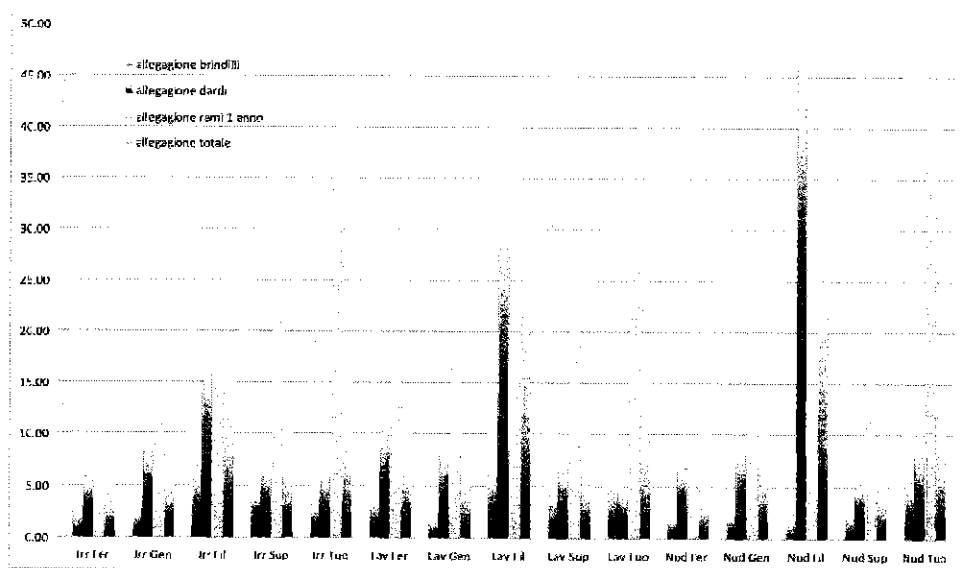


Fig. 4. Valori medi di allegagione (%) totale e sulle differenti formazioni fruttifere rilevato in pre-raccolta su tutte le tesi a confronto.

In figura 4 si può notare che le osservazioni appena fatte non sono valide per 'Filippo Ceo' con inerbimento, per il quale l'allegagione è maggiore su rami di un anno ossia come nel caso più comune sulle altre cultivar.

Per 'Ferragnés', oltre ai dati di allegagione, alquanto bassi, si osservano valori su ramo di un anno e totale che sono relativamente molto più alti in 'Lavorato'. Come si nota, 'Ferragnés' ha anche un comportamento molto differente e di difficile interpretazione nelle tre differenti gestioni del suolo poste a confronto.

La figura 5 fa rilevare come il carico, espresso in termini di peso dei frutti interi, è risultato concordemente superiore per tutte le cultivar con Lavorato come gestione del suolo. Valori pochissimo inferiori si sono riscontrati per l'inerbimento mentre valori marcatamente inferiori ha raggiunto il suolo nudo rullato.

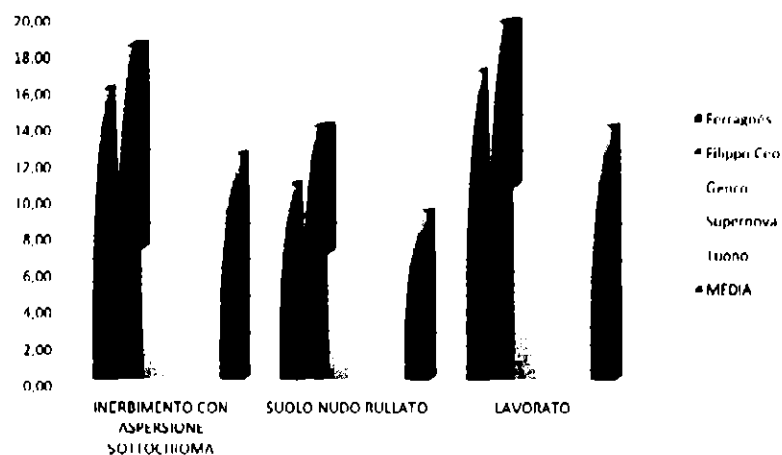


Fig. 5. Produzioni per pianta di frutti interi delle diverse cultivar nei trattamenti di gestione del suolo a confronto (valori medi espressi in kg per pianta).

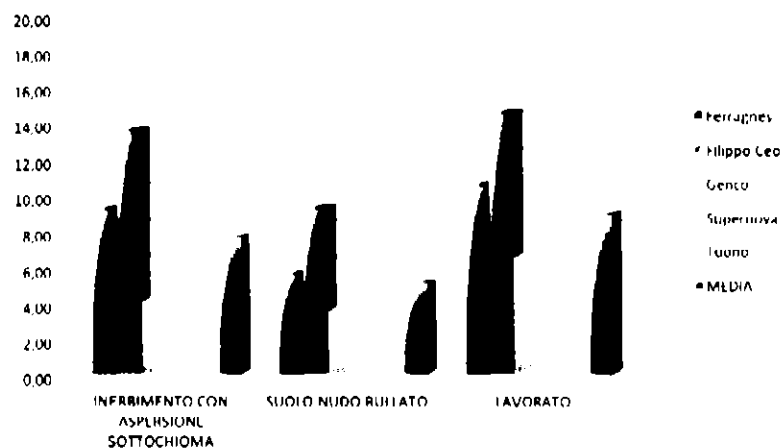


Fig. 6. Produzioni per pianta di frutti smallati delle diverse cultivar nei trattamenti di gestione del suolo a confronto (valori medi espressi in kg per pianta).

Tutto quanto si evince dalla figura 5 è confermato nella figura 6 in termini di frutti smallati, ma con differenze leggermente più ampie fra lavorato ed inerbito. Tali maggiori cali ponderali per l'inerbito possono essere conseguenza del minor peso del mallo nel 'Lavorato', dove esso si era essiccato maggiormente. Va notato che il cotico erboso è in buona parte disseccato nel periodo più caldo ed arido della stagione vegeto-produttiva, sottraendosi alla competizione idrica e consentendo di preservare le riserve idriche del

terreno in quel periodo di forte domanda evapo-traspirativa. Il mallo nella tesi 'Inerbito' è apparso molto più spesso ed idratato che nel 'Lavorato'.

Le produzioni per pianta di frutti sgusciati riportate in figura 6, portano a valutazioni che ricalcano quelle fatte in merito alle produzioni in frutti interi, confermando le osservazioni fatte da numerosi Autori, secondo le quali il peso del mallo è inversamente proporzionale a quello del guscio legnoso costituente l'endocarpo della drupa del mandorlo. Con ciò, anche se tra cultivar le rese in sgusciato variano anche sensibilmente nell'ambito del panorama varietale mandorlicolo, le produzioni per pianta di frutti interi sono proporzionali a quelle di seme.

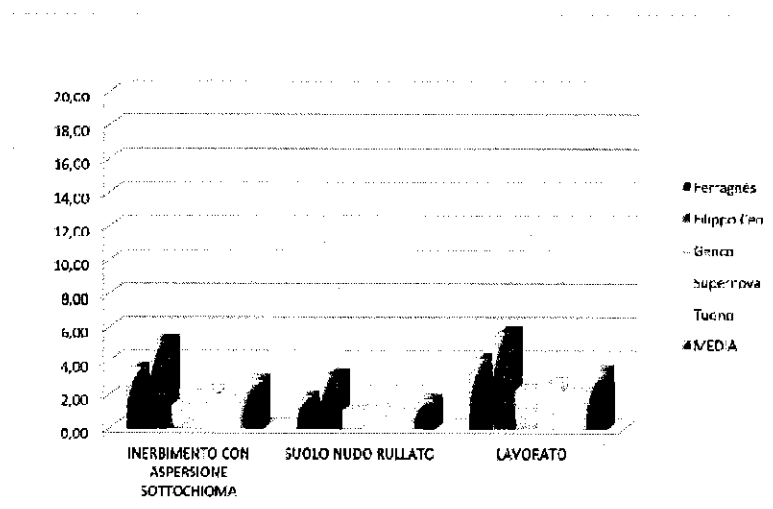


Fig. 7. produzioni per pianta di frutti sgusciati delle diverse cultivar nei trattamenti di gestione del suolo a confronto (valori medi espressi in kg per pianta).

Cultivar	Ferragnés	Filippo Ceo	Genco	Supernova	Tuono
Gestione suolo					
INERBIMENTO	15,88	18,26	7,15	10,60	9,71
SUOLO NUDO RULLATO	10,67	13,88	6,92	7,47	7,08
LAVORATO	16,86	19,60	10,60	11,69	10,70

Tab. 2. Produzioni per pianta frutto intero (kg/p)

Cultivar	Ferragnés	Filippo Ceo	Genco	Supernova	Tuono
Gestione suolo					
INERBIMENTO	9,10	13,45	4,04	6,00	5,17
SUOLO NUDO RULLATO	5,51	9,20	3,52	3,80	3,33
LAVORATO	10,44	14,45	6,50	7,23	5,68

Tab. 3. Produzioni per pianta frutto smallato (kg/p)

Cultivar	Ferragnés	Filippo Ceo	Genco	Supernova	Tuono
Gestione suolo					
INERBIMENTO	3,60	5,23	1,43	2,22	1,95
SUOLO NUDO RULLATO	1,95	3,23	1,11	1,28	1,14
LAVORATO	4,20	5,79	2,34	2,74	2,20

Tab. 4. Produzioni per pianta seme (kg/p)

Nel complesso le produzioni in seme sono state più che buone nelle annate produttive 2012, 2014 e 2015.

Nel corso dei primi mesi di ciascuna annata è stato comunque necessario effettuata nuovamente la cartellinatura dei rami per poter nuovamente eseguire i rilievi in pre-fioritura e fioritura.

Cultivar					
Parametro produttività	Ferragnés	Filippo Ceo	Genco	Supernova	Tuono
produzioni per pianta frutto intero (kg/p)	14,47b	17,25a	8,22e	9,92c	9,16d
produzioni per pianta frutto smallato (kg/p)	8,35b	12,37a	4,69d	5,68c	4,73d
Resa smallatura (%)	57,70b	71,72a	56,99b	57,25b	51,60c
produzioni per pianta seme (kg/p)	2,74b	4,01a	1,50c	1,87c	1,67c
Peso medio frutto smallato	3,71b	3,10c	5,08a	3,52b	2,74d
Peso medio del seme	1,22b	1,01c	1,63a	1,16b	0,97c
Resa in sgusciato (%)	32,81b	32,44b	32,06b	32,97b	35,24a

Tab. 5. Parametri produttivi delle 5 cultivar valutate.

Cultivar					
Caratteristica	Ferragnés	Filippo Ceo	Genco	Supernova	Tuono
Lunghezza seme	26.01a	23.03b	25.31a	25.70a	24.56a
larghezza seme	13.64c	13.15c	16.07a	14.23b	12.91c
spessore seme	7.53b	7.88b	8.62a	6.74c	6.44c

Tab. 6. Parametri carpometrici delle 5 cultivar valutate.

La tabella 5 conferma come sostanzialmente la resa in sgusciato si confermi abbastanza simile nell'ambito delle cultivar di mandorlo, comprese quelle in osservazione. Emerge chiaramente la maggiore produzione di semi della Filippo Ceo da ricollegarsi alla sua maggiore produzione di frutti interi per pianta. La maggiore resa in smallatura osservata per la Filippo Ceo è da ricollegarsi ai minori spessore e peso del mallo in questa cultivar, compensati da un più robusto e pesante endocarpo.

E' stato effettuato anche un rilievo fotografico sui frutti sgusciati e sui semi delle diverse cultivar, di cui si riportano alcuni esempi nelle figure 8-11 di questa relazione.

I frutti sono stati sottoposti, oltre che al preliminare rilievo fotografico, anche ad una serie di determinazioni carpometriche (tab. 6) e a determinazioni di parametri chimici sul seme, ossia dei principali parametri tecnologici (tab. 7) e della composizione acidica (tab. 8).

Tra i parametri carpometrici sul seme, sono stati determinati lunghezza, larghezza e spessore del seme. Variabili fondamentali nel determinare l'apprezzamento sul mercato e le possibilità di destinazione commerciale del seme.

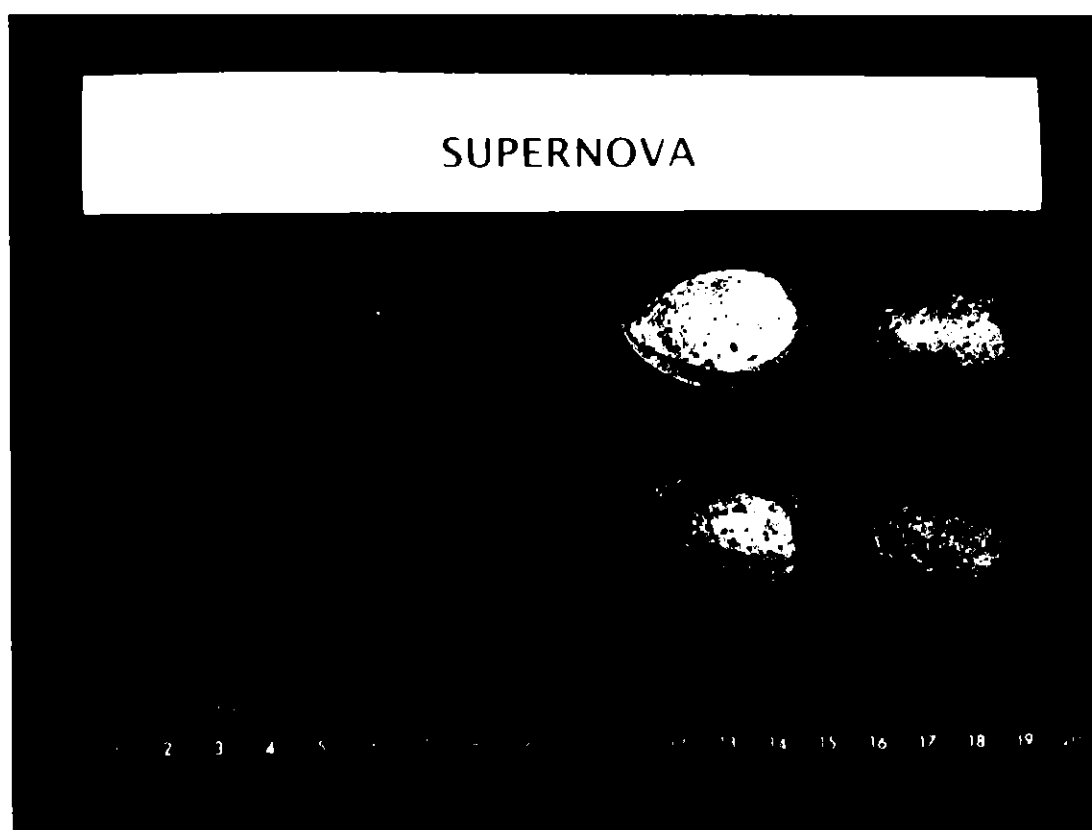


Fig. 8. Particolare di un campione di frutti sgusciati e semi della cultivar 'Supernova'.

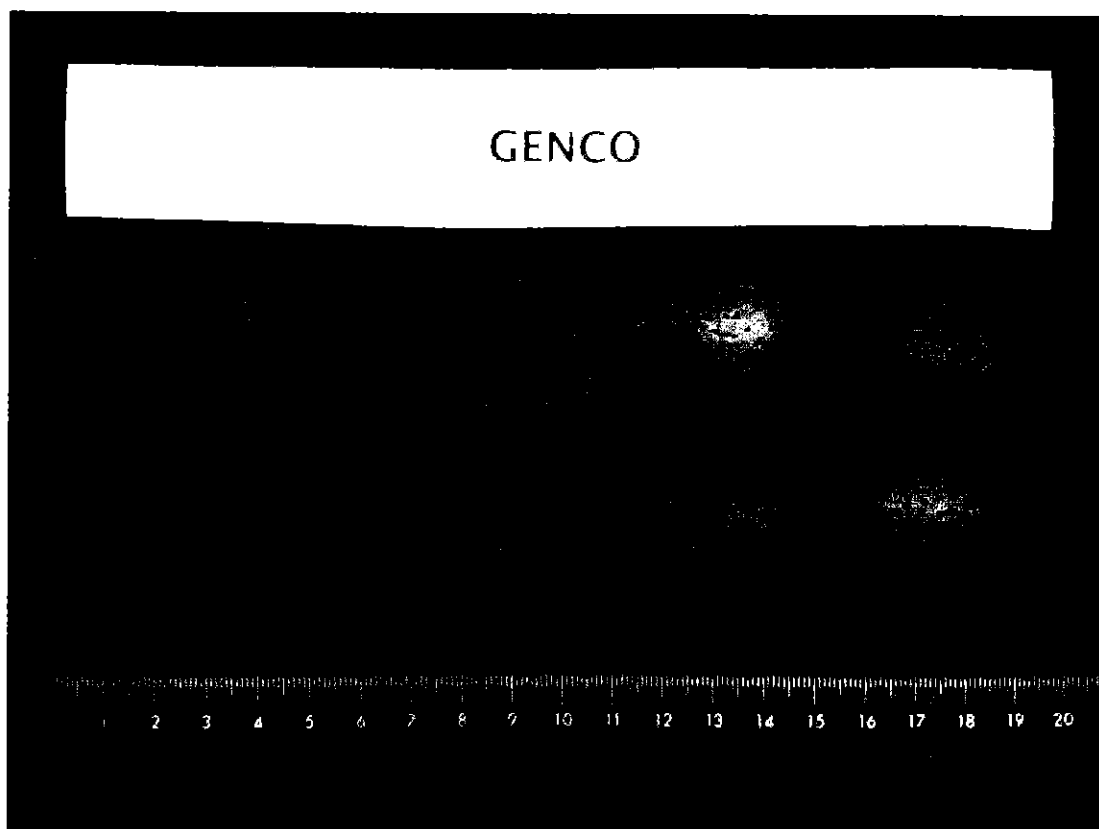


Fig. 9. Particolare di un campione di frutti sgusciati e semi della cultivar 'Genco'.

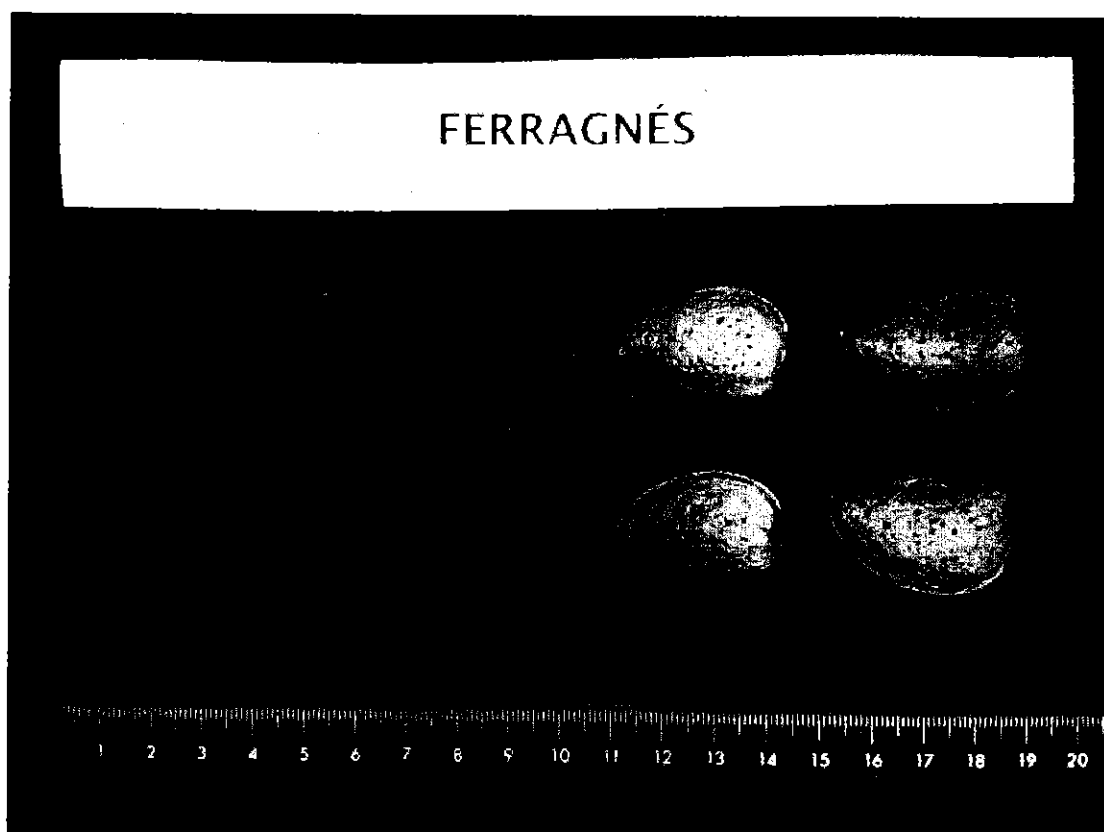


Fig. 10. Particolare di un campione di frutti sgusciati e semi della cultivar 'Ferragnés'.

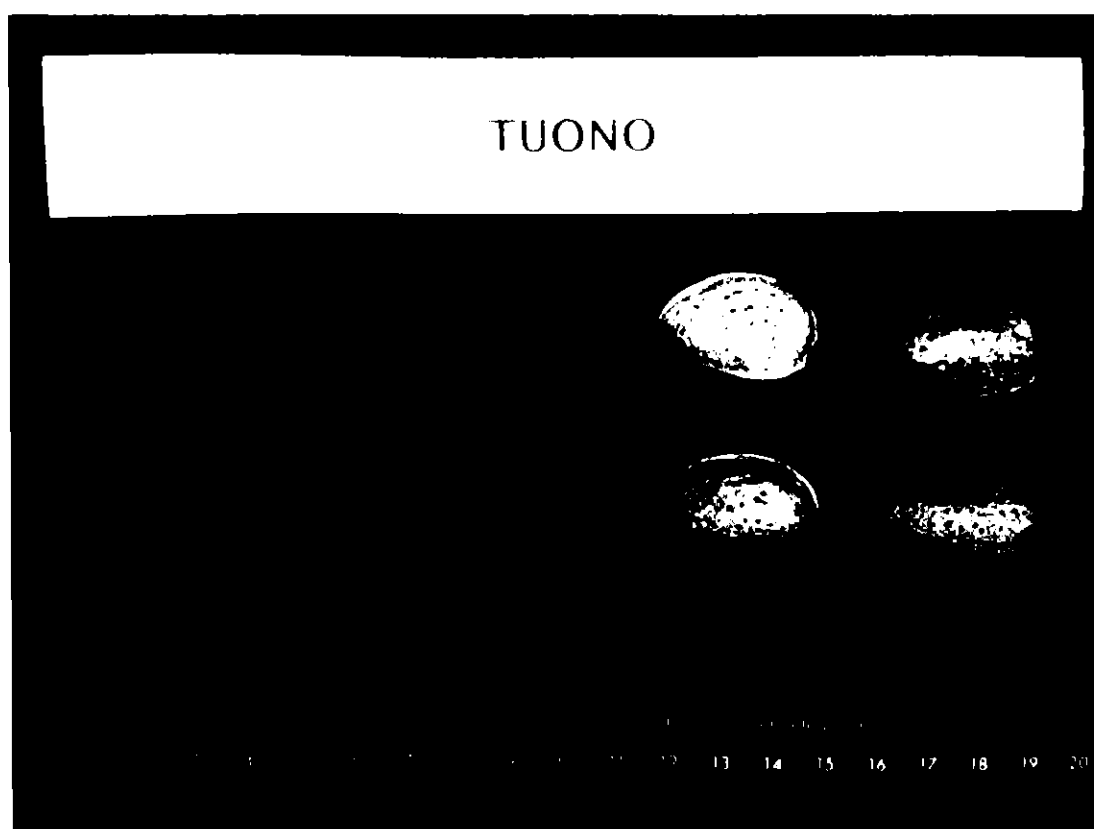


Fig. 11. Particolare di un campione di frutti sgusciati e semi della cultivar 'Tuono'.

Tra i parametri chimici tecnologici sono stati determinati sostanza secca (%), acidità titolabile (mEq/kg s.s.), sostanza grassa (%) ed attività dell'acqua (A_w), quest'ultima fondamentale ai fini delle possibilità di conservazione (shelf life) del seme una volta sgusciato.

Infine, la composizione percentuale nei diversi acidi grassi della sostanza grassa in tab. 8, è di fondamentale importanza nel definire il valore salutistico del prodotto tal quale e trasformato.

La tabella 6 mostra come 4 delle 5 cultivar, ossia eccettuando Filippo Ceo, presentino forma spiccatamente amigdaloidale che le fa preferire sul mercato del prodotto destinato alla confettatura di particolare pregio. In particolare, Tuono e Ferragnés, per uniformità di dimensioni e forma, come può osservarsi nelle foto 10 e 11.

Cultivar	Ferragnés	Filippo Ceo	Genco	Supernova	Tuono
Caratteristica					
Sostanza secca (%)	95.6n.s.	95.71n.s.	95.28n.s.	94.90n.s.	94.75n.s.
Acidità titolabile (mEq/kg s.s.)	80.74c	88.59b	88.62b	77.34d	89.48a
Sostanza grassa (% s.s.)	41.20d	58.41a	58.37a	52.11b	47.19c
Aw	0.47n.s.	0.48n.s.	0.57n.s.	0.50n.s.	0.55n.s.

Tab. 7. Parametri tecnologici delle 5 cultivar valutate.

Cultivar	Ferragnés	Filippo Ceo	Genco	Supernova	Tuono
Acidi grassi (%)					
C16:0	5.82d	4.82e	7.30a	7.04b	6.53c
C16:1	0.43c	0.36d	0.82a	0.40c	0.42b
C17:0	0.14a	0.06d	0.07d	0.09b	0.08c
C17:1	0.15c	0.11d	0.14b	0.15a	0.10d
C18:0	1.38c	1.79a	1.34d	1.61b	1.82a
C18:1	78.53a	78.11a	74.08c	74.11c	74.94b
C18:2	12.63c	14.65b	15.70a	15.81a	15.07ab
C20:0	0.07c	0.06d	0.07c	0.131b	0.14a
C18:3	0.06a	0.06a	0.05b	0.02b	0.02a
C20:1	0.08a	0.03b	0.04b	0.09a	0.09a
C22:0	0.02c	0.02c	0.03b	0.06a	0.03a
C24:0	0.02	Tr.	Tr	0.03	Tr.
UFAs/SFAs	12.58b	13.83a	10.46c	10.30c	10.63c
MUFAs/PUFAs	6.34a	5.34b	4.83c	4.76c	4.97c
C 18:1/C 18:2	6.30a	5.33ab	4.77d	4.72c	4.94b

Tab. 8. Composizione acidica e principali indici relativi alla composizione della frazione grassa delle 5 cultivar valutate.

Nella tabella 7 si osserva come l'unico parametro tecnologico veramente degno di nota nel differenziare le cultivar tra loro sia il notevolmente più elevato contenuto di sostanza grassa di due di esse, ossia 'Filippo Ceo' e 'Genco'. Seguono con quantitativi di sostanza grassa progressivamente decrescenti e significativamente diversi tra loro, nell'ordine, 'Supernova', 'Tuono' e 'Ferragnés'.

La tabella 8, invece, mette in luce come la composizione acidica possa altresì variare ampiamente tra le cultivar nonostante la tecnica colturale assolutamente identica, dunque su base genotipica, fermo restando il regime irriguo posto in osservazione. In particolare, Ferragnés e Filippo Ceo mostrano un contenuto di acido oleico più elevato delle altre cultivar e Filippo Ceo ha anche un contenuto di acido linoleico significativamente superiore alle altre quattro cultivar poste a confronto. Ciò determina un rapporto tra acidi grassi insaturi totali (mono- più polinsaturi) significativamente superiore rispetto alle altre cultivar. Ciò riveste connotazione positiva per il benefico effetto dell'assunzione di sostanza grassa ricca di acidi grassi insaturi ha nel contenimento e nella riduzione di svariate patologie umane, in particolare dell'apparato cardiocircolatorio.

3. RISULTATI DELLE ATTIVITA' DEL WORKPACKAGE 2 - MECCANIZZAZIONE

La riduzione dei costi di gestione del mandorleto e la qualità finale del prodotto sono certamente due aspetti fondamentali per la valorizzazione della mandorlicoltura italiana. La qualità finale è un concetto legato alla cultivar, alle condizioni pedoclimatiche, alle tecniche colturali utilizzate, ma in modo determinante alle tecniche di essiccazione. La riduzione dei costi di gestione è, invece, legata essenzialmente alla riduzione delle giornate di operaio impiegate; si precisa che le operazioni che richiedono il maggiore impegno di manodopera sono la raccolta, potatura, lavorazione del terreno e la smallatura dei frutti (Schinò, 2005). Di seguito, in figura 13, si riporta in grafico, l'impiego di manodopera in mandorleti siciliani, la situazione è comunque perfettamente estensibile ai mandorleti pugliesi.

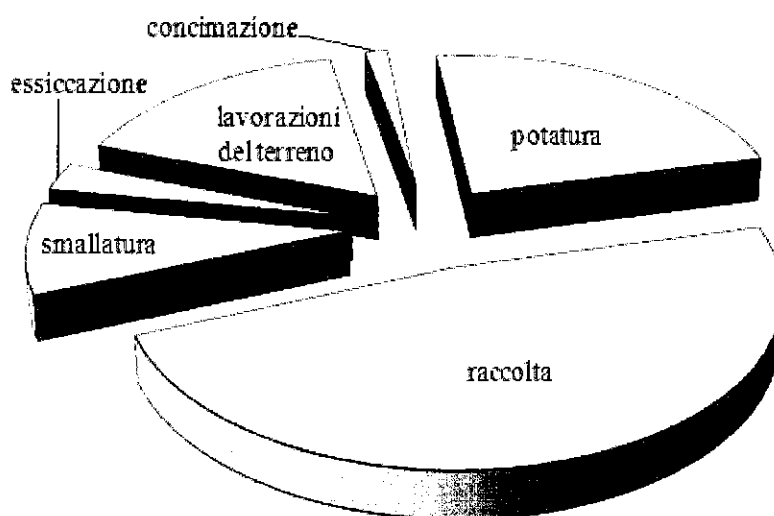


Fig. 13. Impieghi medi di manodopera registrati in alcuni mandorleti siciliani (Schirilò, 2005) coltivati con il metodo di produzione tradizionale.

Rispetto al passato, le possibilità di meccanizzazione delle operazioni di raccolta delle mandorle sono aumentate, per effetto della diffusione degli scuotitori impiegati per la raccolta delle olive, che possono essere convenientemente impiegabili anche per le mandorle; sempre dall'olivicoltura sono ormai in uso da anni efficienti sistemi di raccattatura e pulitura del prodotto da terra, oltre carri intercettatori per lo svolgimento e

riavvolgimento delle reti e sistemi meccanici di scuotitura portati manualmente da operai.

Ad oggi, infatti, esistono in commercio numerose tipologie di macchine sia per il distacco dei frutti pendenti, classificabili anche in base al grado di meccanizzazione, che per la intercettazione dei frutti come per esempio i carri di intercettazione o sistemi integrati di scuotitura e di successiva intercettazione con ombrelli rovesciati.

Inoltre, sono presenti sul mercato macchine essiccatrici in grado di poter consentire al prodotto la perdita di umidità, fino al valore commerciale consentito, in tempi significativamente inferiori rispetto alla consueta pratica del soleggiamento. Queste tecnologie possono essere introdotte in mandorlicoltura solo se si risolvono alcune problematiche tecniche, che ne rendono utile o economicamente conveniente l'impiego.

Nella presente sperimentazione si riferisce sulle attività svolte in merito ai WP2 così come segue:

- WP1-A: individuazione del cantiere ottimale di raccolta;
- WP2-B: realizzazione di prototipo di macchina smallatrice;
- WP2-C: realizzazione di prototipo di macchina essiccatrice;
- WP2-D: macchina polifunzionale per pulizia e carico/scarico prodotto.

WP2-A: individuazione del cantiere ottimale di raccolta;

In questa attività sperimentale sono state svolte prove comparative tra 5 diversi cantieri di raccolta al fine di evidenziare e quantificare alcuni parametri legati alla produttività del cantiere, come l'efficienza produttiva (percentuale di frutti raccolti dalla pianta), la capacità di lavoro (piante raccolte/ora) e la produttività della manodopera (piante raccolte/ora*operaio o kg di frutti raccolti/ora*operaio) ed, inoltre, di individuare la soluzione economicamente più conveniente sia in termini di cantiere utilizzato che di macchine impiegate.

Anche le prove di meccanizzazione sono state svolte in agro Corato (Bari) presso l'azienda agricola di Pasquale Cinone, su mandorleto specializzato con le caratteristiche riportate nella precedente tabella 1, riportata nell'ambito del capitolo relativo alle attività del workpackage 'Miglioramento tecnica agronomica', con attività concentrate sulle cultivar 'Filippo Ceo' e 'Ferragnés' di 6 anni d'età. Le piante si presentavano in un buono stato di vegetazione generale, con una quantità di frutti media riportata in tabella

2 del capitolo precedente, facendo riferimento alla gestione del suolo 'Lavorato' che è quella ordinaria o, comunque, di gran lunga più frequente nella mandorlicoltura italiana. La forma di allevamento era a vaso. Il mandorleto è stato interessato dalla raccolta in giorni consecutivi dai 5 cantieri analizzati.

Sono stati messi a confronto quattro diversi cantieri di raccolta, in dipendenza del grado di meccanizzazione del cantiere stesso, i cantieri sono specificati nelle relative tesi messe a confronto indicate con le lettere A, B, C, D, E.

Cantiere A: cantiere interamente manuale costituito da 7 operai, 2 coppie di reti manuali delle dimensioni di 4 x 10 m, 3 pertiche per la battitura delle branchette fruttifere. Il cantiere procedeva su due file parallele, con 3 operai dediti alla battitura manuale e 4 operai dediti alla gestione delle reti manuali nelle operazioni di stesura e riavvolgimento. A questi ultimi operai era anche affidato il compito di scarico temporaneo del prodotto in cassette da 35 kg e successivamente scarico manuale nel carro rimorchio;

Cantiere B: cantiere costituito da due scuotitori manuali a gancio e 2 coppie di reti manuali delle dimensioni di 4 x 10 m. Il numero di operai impiegati era pari a 6. Anche in questo caso il cantiere procedeva su due file parallele, con 2 operai dediti alla gestione degli scuotitori e 4 operai dediti alla gestione delle reti manuali nelle operazioni di stesura e riavvolgimento e scarico del prodotto sul carro rimorchio.

Cantiere C: cantiere meccanizzato costituito da uno scuotitore semovente della Sisma modello "Spidy", un carro intercettatore da 1800 kg di capacità di carico e due coppie di reti da 11 m di lunghezza e 2,5 di larghezza, e 4 operatori, di cui 3 dediti alla gestione delle reti ed 1 alla guida del trattore ed alla movimentazione dell'albero di rotazione del carro.

Lo scuotitore utilizzato modello Spidy, è una macchina semovente poggiante su tre ruote motrici ad azionamento idraulico di cui la terza ruota posteriore libera e sterzante che permette alla macchina di ruotare su se stessa a 360°. La macchina era dotata di un motore Diesel Iveco da 66 kW, e di trasmissione idraulica a circuito chiuso che consentiva il movimento a tutte le sue parti meccaniche.

Anteriormente era montato un braccio porta testata vibrante sfilabile con sistema telescopico mosso da un cilindro idraulico. La testata vibrante era costituita da un telaio,

all'interno del quale vi erano masse eccentriche mosse da un motore idraulico montato in linea d'asse. Anteriormente al telaio, due ganasce azionate da due cilindri idraulici, provvedevano a bloccare la pinza al tronco. La parte della testata che veniva a contatto con il tronco o con le branche era rivestita di gomma, al fine di ridurre le possibili abrasioni o scortecciamenti delle piante.

La pinza era collegata ad una forcella in tre punti per mezzo di tamponi in gomma vulcanizzata, che smorzavano le sollecitazioni prodotte in fase di scuotitura, evitando che queste, venissero trasmesse al resto della macchina.

La macchina era, infine, equipaggiata di comandi per la movimentazione del braccio con leva joystick situata alla destra dell'operatore, al posto di guida.

Durante le fasi di lavoro il cantiere lavorava su due file parallele, la macchina semovente procedeva lungo un interfilare interagendo con le piante poste sui due filari contigui, mentre il carro intercettatore procedeva sull'interfilare adiacente e gli operatori stendevano le reti sotto le due piante di entrambe le file.

Cantiere D: cantiere meccanizzato costituito dallo scuotitore Spidy, precedentemente descritto, ma connesso ad un sistema di intercettazione delle mandorle con ombrello rovescio e cassone di contenimento. L'ombrello rovescio aveva un diametro di 4,90 m ed il cassone una capacità di contenimento di circa 300 kg di prodotto.

Questa macchina così equipaggiata, provvedeva a scaricare il prodotto raccolto direttamente nel cassone del carro rimorchio, senza interventi manuali da parte degli operatori.

Il numero degli operai impiegati era pari a 2, uno addetto alla guida e regolazione dello scuotitore e l'altro alla gestione del trattore con carro rimorchio.

Cantiere E: cantiere meccanizzato costituito da uno scuotitore Spidy, senza ombrello rovescio, ed una macchina raccattrice della Bosco. La macchina scuotitrice era dedicata alla scuotitura delle frutti direttamente al suolo, mentre la macchina raccattrice avrebbe dovuto procedere alla raccattatura delle mandorle ed, in seguito al riempimento del suo cassone di stoccaggio temporale, allo svuotamento del carro rimorchio. Questo modello produttivo in perfetto stile californiano, in realtà è stato subito abbandonato poiché i terreni ove erano localizzati i mandorleti oggetto della presente sperimentazione, presentavano uno strato di terreno compatto, ma molto ricco di pietrisco di vario calibro. Tale materiale veniva interamente raccattato insieme alle

mandorle in una percentuale in peso che era di circa, il 60% pietre, 10% zollette di terra e 30% mandorle. Il materiale raccolto, necessitando di un'ulteriore fase di spietatura e vagliatura pre-smallatura, rendeva poco conveniente l'utilizzo del cantiere stesso. Questa soluzione, pertanto, è stata subito accantonata ed è uscita dall'analisi sperimentale.

I risultati produttivi ottenuti, nei due anni di sperimentazione, relativamente ad ogni singolo cantiere, sono riportati in tabella 9, e tabella 10 e nei grafici di seguito esposti.

Si precisa che non si evincono differenze significative in termini di tempi delle varie fasi del cantiere, tra le due cultivar analizzate.

Analizzando i dati sperimentali si evince che man mano che aumenta il grado di meccanizzazione passando dal cantiere A al cantiere D, migliorano i dati produttivi sia in termini di capacità del lavoro che di produttività della manodopera, vedi tabelle 10 e grafici di figura 14.

La capacità del lavoro nella raccolta, passa da 10 piante h^{-1} nel cantiere manuale a 20 piante h^{-1} nel cantiere che utilizzava il doppio scuotitore a gancio, fino a 43,8 piante h^{-1} per il cantiere C e 45,1 piante h^{-1} per il cantiere D. Si evince chiaramente come già passando dal cantiere manuale a quello con il primo grado di meccanizzazione B, si nota un incremento della capacità di lavoro di circa il doppio, ed arriva ad un valore superiore a 4-4,5 volte nei cantieri C e D.

<i>Cantiere</i>		<i>Scuotitura (min/pianta)</i> *	<i>Raccolta reti (min/pianta)</i> **	<i>Carico prodotto (min/pianta)</i> ***	<i>Tempo totale (min/pianta)</i>)	<i>Incidenza della scuotitura sul tempo totale (%)</i>	<i>Numero di operatore del cantiere</i>
Cantiere manuale	A	---	---	---	6,00	---	7
Doppio scuotitore manuale a gancio	B	---	---	---	3,00	94,5%	6
SigmaSpidy+ carro intercettatore da 1800 kg di portata	C	0,85	0,45	0,075	1,37	62,0%	4
SigmaSpidy + ombrello rovescio	D	1,23	--	0,10	1,33	92,5%	2

Tab. 9. Tempi di lavoro per le varie fasi di raccolta, dei diversicantieri

* *Comprende le operazioni di collegamento e distacco della testata vibrante al tronco, di scuotitura e di spostamento della macchina.*

** *Comprende le operazioni di stesura e recupero reti, di svuotamento del prodotto in contenitore temporaneo o nel carro intercettatore e di spostamento della macchina.*

*** *Comprende il tempo necessario per stoccare il prodotto sul carro rimorchio che provvedeva a trasportare fuori dal campo il prodotto stesso. Nel caso del cantiere A e B è il tempo per pianta necessario per scaricare il prodotto sul carro rimorchio. Nel caso del cantiere C è il tempo necessario per lo scarico del prodotto contenuto nel carro intercettatore all'interno del carro di stoccaggio finale reso poi relativo al numero di piante raccolte fino al riempimento del carro intercettatore.*

In tabella 10 ed in figura 15, sono riportati i dati relativi alla produttività del cantiere, in una delle annate di sperimentazione.

Cantiere		Produzione per pianta (kg)	Rata di scuotitura (%)	Capacità del lavoro (pianta/ora)	Produttività della monodopera (pianta/h*operaio)	Produttività della monodopera (kg/h*operaio)
Cantiere manuale	A	16,86	99,5%	10,0	1,43	23,96
Doppio scuotitore manuale a gancio	B	16,86	95,0%	20,0	3,33	53,39
SicmaSpidy+ carro intercettatore da 1800 kg di portata	C	16,86	95,0%	43,8	10,95	175,39
SicmaSpidy + ombrello rovescio	D	16,86	95,0%	45,1	22,55	361,18

Tab. 10. Dati produttivi dei cantieri di raccolta analizzati – anno 2012

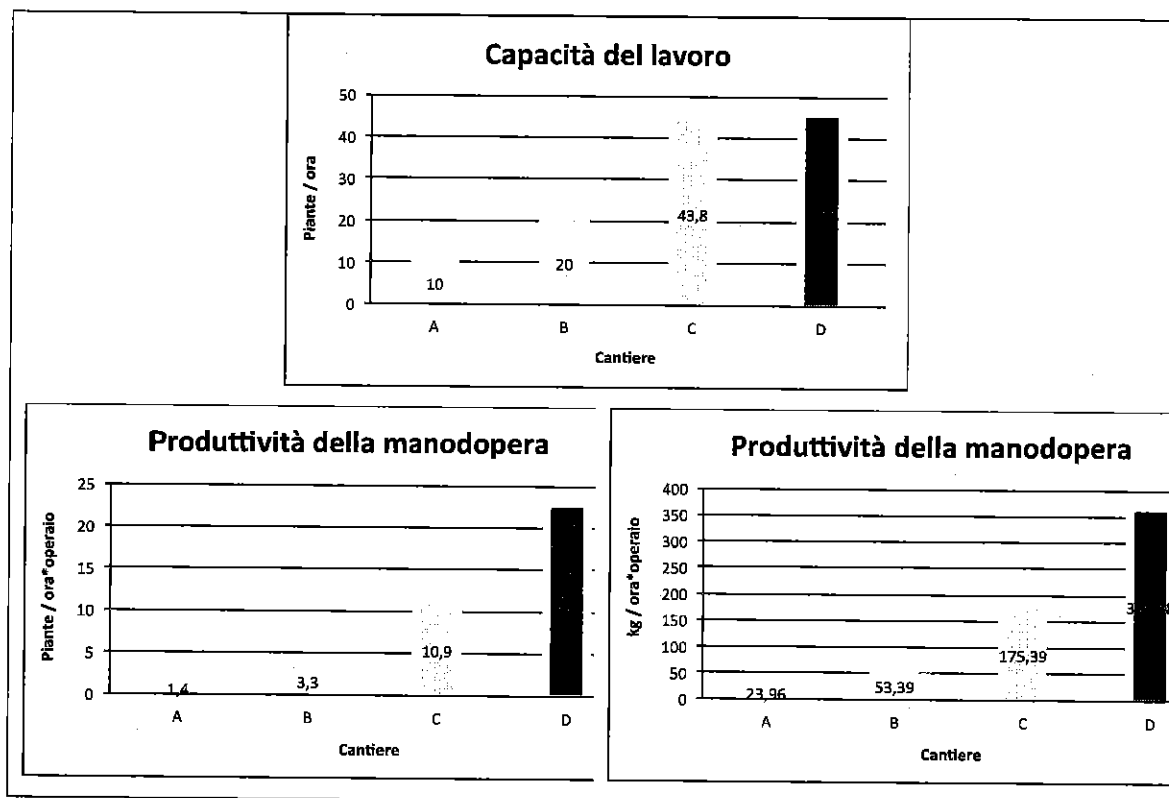


Fig. 14. Grafici relativi alla capacità del cantiere ed alla produttività della manodopera dei diversi cantieri, per l'annata 2012

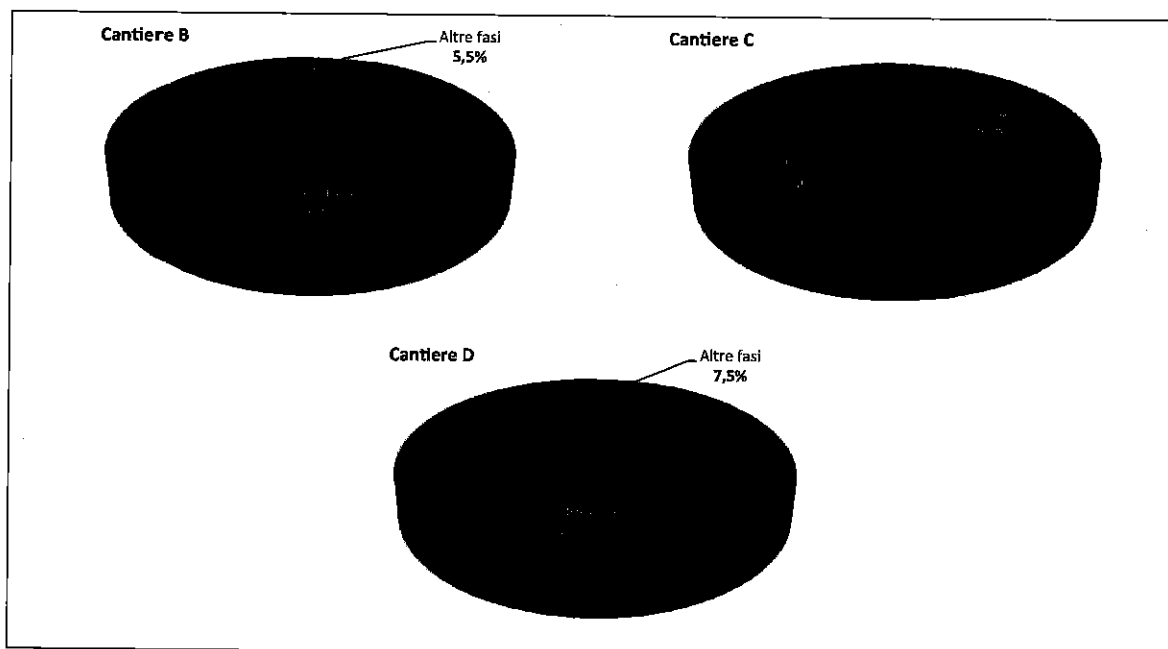


Fig. 15. Grafici relativi alle incidenze dei tempi di scuotitura rispetto alle altre operazioni, nei cantieri meccanizzati

Risultati simili si ottengono analizzando il dato della produttività della manodopera espressa sia come piante h^{-1} operaio $^{-1}$ che come kg h^{-1} operaio $^{-1}$.

Analizzando invece i grafici di figura 15, in cui sono esposti i tempi di utilizzo della macchina, si nota come nel cantiere B e D questo arriva a valori compresi tra il 92,5% ed il 94,5%, mentre nel cantiere C è del 62,5%. Nel cantiere C, una parte consistente del tempo totale veniva utilizzato per le operazioni di svolgimento e riavvolgimento della reti, durante questo tempo, accessorio per lo scuotitore, la macchina semovente era costretta a rimanere ferma.

Dall'analisi sperimentale svolta la macchina che ha dato le migliori performance in termini di capacità e di produttività della manodopera è stata la tesi D, in cui si utilizzava l'ombrello rovescio. In questa soluzione, infatti, la possibilità di ridurre a metà il numero degli operai incrementava del doppio la produttività della manodopera rispetto al cantiere C.

Questa macchina però in un impianto con sesto 5×5 , potrebbe avere nel corso del tempo difficoltà nell'operare, a causa della continua crescita delle chiome e della necessità di aprire e chiudere l'ombrello rovescio ad ogni operazione. La vegetazione è infatti un ostacolo nella movimentazione dell'ombrello, pertanto, potrebbe verificarsi nel corso del tempo, che la soluzione maggiormente utilizzabile sia quella esposta nel cantiere C, con reti movimentate da carro intercettatore, ma comunque gestite nelle operazioni di svolgimento e riavvolgimento da operai. Se dovesse verificarsi una situazione come sopra descritto, al fine di incrementare ulteriormente la capacità e produttività della manodopera si potrebbe utilizzare un carro intercettatore di maggiore capacità contenitiva, per esempio 2500 kg con doppio rullo di svolgimento e riavvolgimento reti. In questo caso il carro procederebbe nella interfila centrale di 4 file parallele e stenderebbe le reti a destra ed a sinistra con un'unica sosta. Il semovente, non dotato di ombrello, scuoterebbe le due piante poste a destra ed a sinistra del carro. In questo modo riducendosi i tempi morti dello scuotitore si incrementerebbero i dati produttivi. È comunque da sottolineare la ottima performance del cantiere B, che seppur con le dovute differenze rispetto al cantiere C e D, potrebbe essere convenientemente utilizzato nei casi in cui a causa di piogge o di impraticabilità del campo, le macchine pesanti non possano accedere ai terreni. In questi casi l'utilizzo di scuotitori a gancio manuali, sarebbero di valido supporto alle operazioni.

WP2-B: realizzazione di prototipo di macchina smallatrice

La smallatura è effettuata con macchine smallatrici portate all'attacco a tre punti del trattore, costituite da una camera di smallatura a sezione esagonale costruita con tondini di ferro o piatte di ferro opportunamente sagomate e distanziati tra loro, all'interno di essa è montato il dispositivo smallatore costituito da un albero rotante dotato di organi rigidi di battitura (4 serie di tondini sagomati di acciaio).

Ad una estremità della gabbia orizzontale è posta la tramoggia di carico, mentre dalla estremità opposta c'è la bocca di scarico del prodotto smallato.

L'aspo rotante è montato nella gabbia in posizione centrale su due cuscinetti portanti e due di spinta, posti alle due estremità. L'albero fuoriesce dalla estremità posta dal lato trattore e termina con una presa di potenza. Ad essa sarà connesso l'albero cardanico che trasmetterà il movimento dalla p.d.p. del trattore, all'albero dell'aspo.

I mali sotto l'azione rotante dell'aspo interno (150-400 rpm) si staccano dalle mandorle e fuoriescono tra gli interspazi liberi presenti sulla gabbia, sfruttando il principio fisico dell'urto e dello sfregamento. Queste due condizioni si verificano tra organi battenti dell'aspo sulle mandorle e tra le mandorle e tra mandorle e gabbia esterna. La mandorla entrata nella gabbia incontra l'organo smallatore in rotazione. Per effetto della forza centrifuga, creata dall'aspo in rotazione, la mandorla è costretta a correre la direzione di raggio verso la periferia. Durante questo tragitto subisce l'azione di urto contro l'aspo, e di sfregamento tra le mandorle in rotazione. In questa situazione è massimizzato l'effetto di distacco totale o parziale dei mali dalle mandorle. Arrivata alla periferia la mandorla è costretta a girare lungo la circonferenza esterna della gabbia sfregandosi sempre più fino a liberarsi del mallo che fuoriesce dalle fessure della gabbia.

Particolari piastre poste sull'aspo rotante, permettono alle mandorle di essere spinte dalla sezione di alimentazione verso la bocca di scarico della macchina. Le piastre conferiscono all'aspo capacità di spinta (effetto coclea).

Le attuali macchine smallatrici presenti sul mercato sono tutte ottimizzate per la pulizia dal mallo delle mandorle a guscio tondo e ad alta resistenza meccanica agli urti. Se utilizzate per la smallatura delle mandorle a guscio con bassa resistenza meccanica agli urti, si produce una alta percentuale mandorle lesionate o rotte con seme evidente dall'esterno, possibilità di contaminazioni, e conseguente riduzione del loro valore commerciale.

Scopo di questa attività è di progettare e realizzare una macchina smaltatrice con una diversa geometria ed ottimizzata per la lavorazione delle mandorle allungate ed a guscio poco resistente alle sollecitazioni meccaniche

La progettazione della nuova macchina è partita dall'analisi dell'operazione unitaria di smallatura, come detto precedentemente l'azione di distacco del mallo dalla mandorla è dovuta all'azione di urto e sfregamento che si verifica all'interno della gabbia di smallatura, in seguito alla veloce rotazione dell'aspo. Nei due effetti fisici quello che produce maggiore efficienza di distacco e senz'altro l'urto seguito, come effetto, dallo sfregamento.

I parametri di processo che intervengono nella progettazione sono:

- geometria della sezione;
- distanza tra la punta degli organi di smallatura e la gabbia;
- velocità di rotazione dell'aspo;
- geometria dei tondini o piatte che costituiranno la gabbia;
- lunghezza e diametro della gabbia.

Nelle attuali macchine presenti sul mercato, al fine di massimizzare l'effetto di pulizia si è massimizzata l'azione di urto con la costruzione di gabbie a sezione esagonale. In questo modo come si evince in figura 16 durante la rotazione dell'aspo si creano zone periferiche la cui distanza tra battitori e gabbia cambia nel periodo, alternandosi da una distanza minima di 30 mm ad una distanza massima, misurata negli angoli, di 45 mm. Questo consente all'aspo di continuare l'azione di battitura (urto), e ridurre l'affetto di sfregamento.

Inoltre, sempre al fine di migliorare l'effetto di smallatura, si procede nel sagomare gli organi di battitura ad una distanza dalla gabbia di circa 30 mm, distanza sufficiente ad una mandorla priva di mallo di sfregarsi tra mandorla e gabbia, senza essere schiacciata dagli organi meccanici. Questa distanza è stabilita in base al diametro medio delle mandorle più grandi, prive di mallo ed incrementata di circa 2 mm. Se questa distanza fosse inferiore al diametro delle mandorle esse si romperebbero per effetto di schiacciamento.

La velocità di rotazione dell'aspo è comunque variabile regolando il numero di giri del trattore che lavora a punto fisso.

La geometria dei profili metallici che costituiscono la gabbia incide sull'effetto di sfregamento, profili cilindrici hanno un minore effetto di sfregamento dei profili piatti.

La lunghezza e il diametro della gabbia sono regolati in base alla portata oraria che si vuole ottenere, tenendo in considerazione il tempo minimo necessario alla mandorla per smallarsi.

Questi aspetti sono stati tenuti in considerazione al fine di progettare la nuova tecnologia. Per la smallatura delle mandorle a guscio poco resistente, è necessario ridurre l'effetto degli urti ed incrementare l'effetto di sfregamento, a tale scopo è stata progettata e realizzata una macchina con sezione perfettamente circolare e non esagonale (figura 16), in modo tale da rendere costante la distanza tra organi battenti e pareti interne della gabbia.

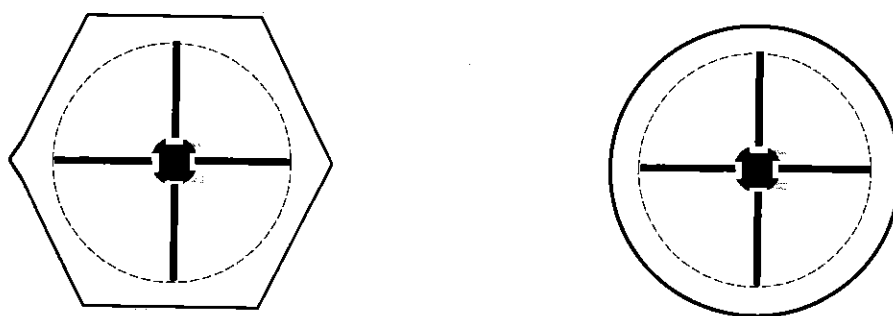


Fig. 16. Sezione di macchina smallatrice tradizionale a sinistra e della nuova macchina a destra.

Linea nera: profilo gabbia esterna

Linea rossa tratteggiata: circonferenza definita dalla rotazione degli organi di battitura;

In blu: asse centrale dell'aspo e organi di battitura

Inoltre, sempre al fine di aumentare l'effetto di sfregamento sono state aumentate le larghezze delle piastra a 9 mm, aumentando la superficie di sfregamento con l'aggiunta di due ulteriori anelli circolari di maggiore larghezza.

Inoltre, da valutazioni sperimentali si è evinto che la larghezza media di una mandorla a guscio tenero è di circa 35 mm, questa valutazione è servita ad apprendere la necessità di aumentare la distanza tra organi battenti dell'aspo e gabbia esterna a 37 mm. Questo incremento di distanza rispetto alle macchine convenzionali consente di ridurre le azioni di schiacciamento.

Per compensare la riduzione dell'effetto di urto ed al fine di mantenere alta l'efficienza di smallatura si è proceduti ad incrementare il diametro a 310 mm.

La lunghezza è stata stabilita in modo tale che la macchina avesse una portata oraria di almeno $400-500 \text{ kg h}^{-1}$, dimensione sufficiente per poterne verificare l'effettiva efficienza. Ricordiamo che il parametro "portata" ed il parametro "volume" della gabbia sono regolate dalla seguente equazione:

$$t_{sosta} = \frac{V_c}{Q_a}$$

t_{sosta} = tempo di sosta delle mandorle all'interno della macchina

V_c = Volume della gabbia di smallatura

Q_a = Portata di alimentazione

Dall'equazione si evince come a parità di tempo di sosta della mandorla nella macchina, per aumentare la portata di alimentazione è necessario aumentare il volume della gabbia di smallatura.

Svolta la progettazione e la realizzazione della macchina si è proceduto con le prove sperimentali di smallatura mettendo a paragone la nuova tecnologia con una macchina comunemente commerciata.

Le prove sono state svolte su varietà a guscio sia a bassa sia alta resistenza meccanica, lavorando per periodi di circa un'ora per ogni tesi e ripetendo le prove in due giorni successivi, sempre su partite omogenee di mandorle raccolte.

Di seguito si riportano in figura 17 i grafici relativi alla elaborazione dei dati ottenuti dalla smallatura con la vecchia e la nuova tecnologia su varietà a guscio con alta resistenza meccanica, mentre in figura 18, i grafici relativi alla elaborazione su varietà a guscio con bassa resistenza meccanica.

Come si nota dai grafici di figura 17, la nuova macchina messa a punto ottiene prestazioni assolutamente paragonabili alla vecchia tecnologia specializzata sulla lavorazione di mandorle con guscio ad alta resistenza meccanica, infatti partendo da una situazione iniziale comune grafico A, non vi sono significative differenze tra il prodotto post smallatura come si evince dai grafici B-C e D-E.

Differenze significative si sono riscontrate, invece, sulla lavorazione del prodotto a bassa resistenza meccanica (figura 18), infatti, partendo dalla situazione comune esposta nel grafico F, si notano significative differenze sul prodotto in uscita, grafici G-H, il prodotto con mallo o residui di mallo ancora attaccati al guscio è del 19% con la tecnologia tradizionale e si abbassa la 10%. Con l'attuale macchina messa a punto, inoltre, andando a valutare il prodotto con gusci lesionati o rotti si nota come essi sono del 20% e 15% rispettivamente nella tecnologia tradizionale, mentre si abbassano al 17% di lesionati e 3% di mandorle con guscio rotto con la nuova macchina.

Quest'ultimo esposto è un notevole incremento migliorativo ottenuto con la tecnologia messa a punto.

Infine, sempre da valutazioni sperimentali è stato possibile valutare la portata della nuova macchina ed i giri ottimali del trattore. Si è misurato che su mandorle a guscio "tenero", la portata di alimentazione è di circa 500 kg h^{-1} , con un numero di giri del motore del trattore ottimizzato a 1250 rpm, corrispondente a circa 310-315 rpm della p.d.p., mentre su mandorle a guscio "duro" è di circa 650 kg h^{-1} , con numero di giri del motore del trattore ottimizzato a 1700 rpm e corrispondente a circa 420-430 rpm alla p.d.p..

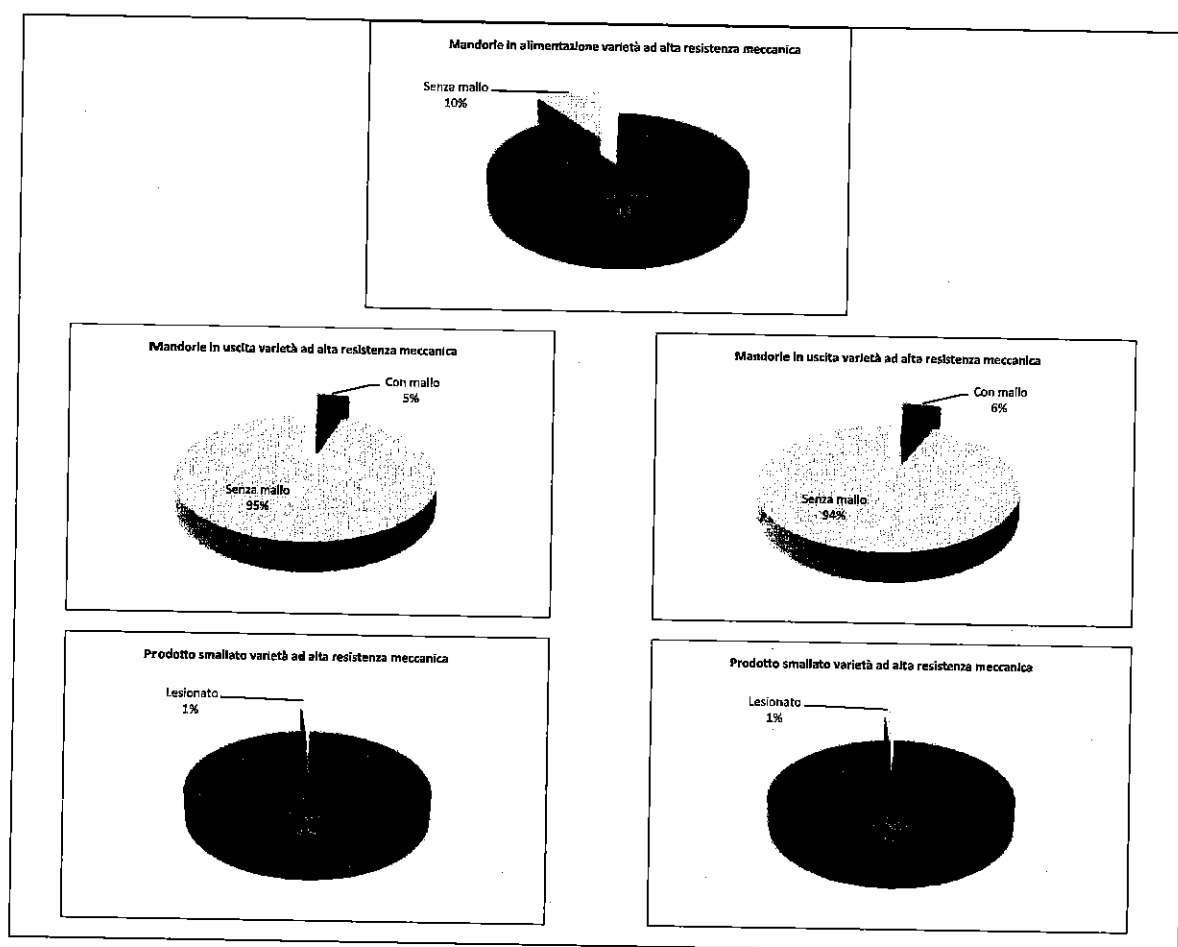


Fig. 17. Grafici relativi alle caratteristiche del prodotto in ingresso ed in uscita dalla smallatrice per varietà a guscio con alta resistenza meccanica, con l'utilizzo della nuova macchina a destra e della vecchia a sinistra

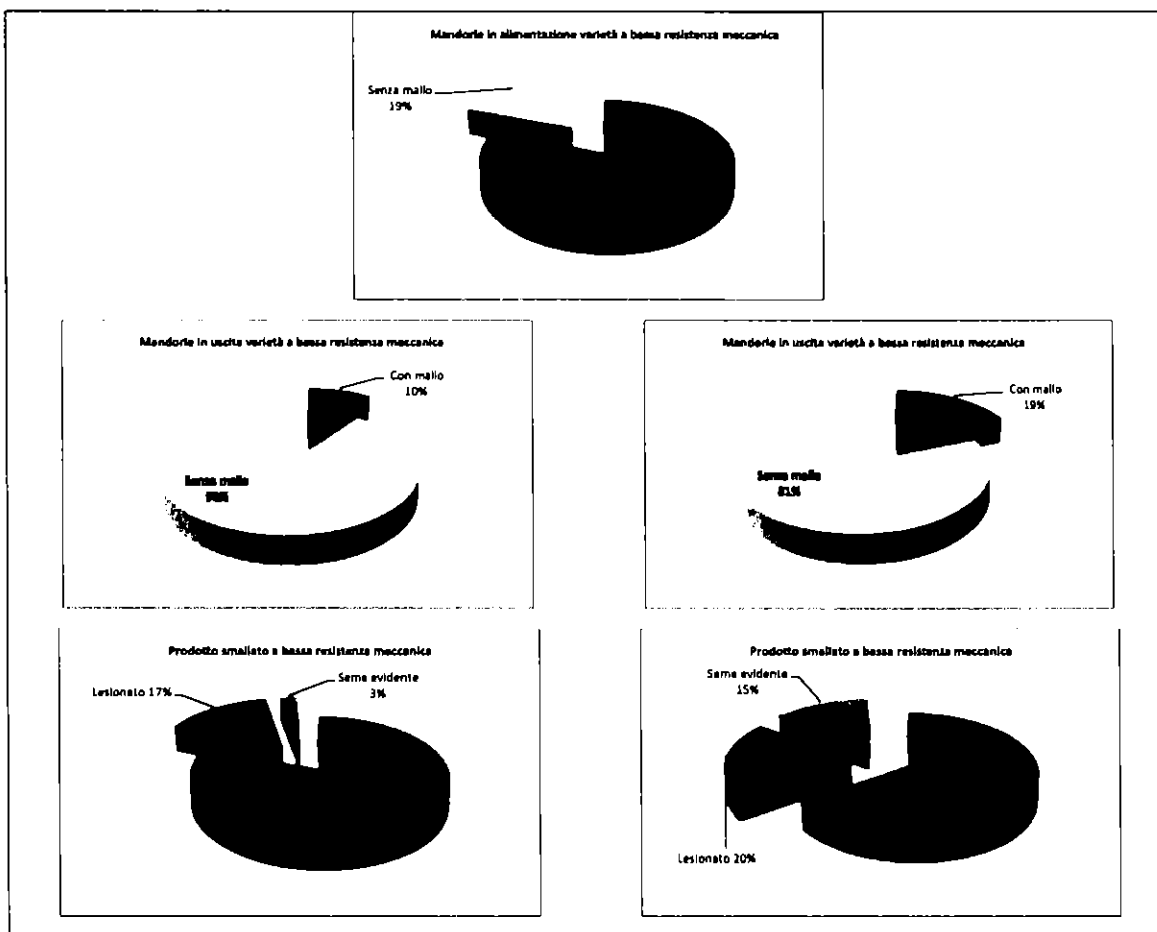


Fig. 18. Grafici relativi alle caratteristiche del prodotto in ingresso ed in uscita dalla smallatrice per varietà a guscio con bassa resistenza meccanica, con l'utilizzo della nuova macchina a destra e della vecchia a sinistra

WP2-C: realizzazione di prototipo di macchina essiccatrice

Si premette che questa linea di ricerca è stata interamente svolta e finanziata nell'ambito di un altro progetto PIF finanziato dalla regione Puglia, in cui l'azienda Cinone era coinvolta. In questa relazione si riportano comunque i risultati raggiunti.

Lo studio verteva sulla possibilità di introduzione nel ciclo di lavorazione post-raccolta delle mandorle di una macchina essiccatrice, opportunamente costruita, in sostituzione della tecnica del soleggiamento.

La essiccazione è un momento cruciale nel processo di produzione delle mandorle. Essa ha il compito di ridurre la quantità di acqua contenuta nel guscio e nel seme interno. Come precedentemente detto la pratica da sempre utilizzata in Italia è il soleggiamento che consiste nella disposizione delle mandorle smallate su platea di calcestruzzo esponendola al sole per un tempo compreso tra 2-4 giorni in dipendenza delle

caratteristiche del prodotto, della temperatura esterna e del tempo di esposizione alle temperature. Attualmente per molti altri prodotti agricoli che in prima lavorazione necessitano di essiccazione si ricorre all'uso di essiccatori. Questi comunque non hanno avuto una introduzione significativa nella lavorazione delle mandorle.

L'essiccazione si effettua in essiccatori, sia statici che dinamici, inserendo il prodotto all'interno ed investendolo con aria calda con un'umidità inferiore all'umidità del prodotto da essiccare.

Nell'essiccazione di un prodotto, le condizioni ambientali interne all'essiccatore sono regolate e gestite per ottenere due fondamentali fenomeni simultanei, relativi al calore ed alla umidità:

- 1) il trasferimento di calore allo strato in essiccazione, attraverso un flusso continuo di aria calda e asciutta che sottrae calorie a uno scambiatore di calore per fornirle al prodotto;
- 2) il trasferimento di umidità (sotto forma di vapore) dalle parti vegetali dei frutti all'aria.

Il trasferimento del calore alle parti vegetali, avviene in due diversi modi, per:

- *convezione*, nel trasferimento del calore dall'aria alle parti vegetali esterne;
- *conduzione*, nel trasferimento del calore dalla superficie esterna delle parti vegetali, verso le sue parti interne.

Queste due forme di trasferimento del calore rispondono a leggi specifiche e distinte, che comportano una diversa velocità di trasferimento del calore. Infatti, l'aria cede più o meno velocemente calore alla superficie dei frutti in base alla legge della convezione forzata. Dalla superficie dei frutti il calore, si sposta verso l'interno seguendo invece la legge della conduzione, in relazione alla conducibilità termica del prodotto.

La quantità di calore trasferita dall'aria ai frutti (parte esterna) è data da:

$$Q_{conv} = k \cdot S \cdot (T_a - T_c)$$

k = coefficiente di scambio dall'aria ai gusci

S = superficie di scambio tra aria e guscio esterno

T_a = temperatura dell'aria

T_c = temperatura dei frutti

La quantità di calore trasferita all'interno dei frutti (tra gli strati) è data da:

$$Q_{cond} = \frac{\lambda_c}{S_c} \cdot S \cdot \Delta T$$

λ_c = conducibilità termica dei frutti

S_c = spessore della parte vegetale

S = superficie di scambio tra aria e guscio esterno

ΔT = differenza di temperatura tra la superficie e il cuore del prodotto

Anche il trasferimento di umidità dai frutti all'aria esterna, avviene in due modi diversi a seconda che si consideri lo strato di prodotto esterno o quelli interni, e precisamente:

- nello strato esterno dei frutti, il trasferimento di umidità all'aria avviene per evaporazione;
- tra gli strati interni dei frutti, il trasferimento delle molecole d'acqua, verso lo strato esterno, avviene per diffusione.

Durante l'essiccazione dei frutti sono molto forti i gradienti di umidità che si vengono a creare tra la zona esterna del prodotto e quelle via via più interne. Tali gradienti determinano differenze di volume tra zona e zona, le riduzioni di volume non avvengono linearmente, ma con velocità diverse tra superficie e zone interne. Chiaramente nel caso delle mandorle smallate questo aspetto è solo relativamente importante per il guscio esterno, che in sostanza è l'endocarpo ossia lo strato più interno e lignificato del frutto intero. Esso, infatti, avendo una rigida consistenza, non è soggetto a sollecitazioni significative, comunque anche se ci fossero non interesserebbero il seme, fisicamente staccato dai gusci. Mentre, passando al seme, la superficie esterna, a causa della più forte diminuzione di umidità nell'unità di tempo, tende a contrarsi velocemente, mentre il volume delle zone interne, per la lenta diffusione dell'acqua, si riduce molto meno. Il risultato è che la zona esterna tende a contrarsi, per cui in essa si creano tensioni, alle quali corrispondono compressioni nelle zone interne del prodotto. Quando queste forze superano il limite di resistenza delle parti vegetali, provocano lesioni e sgretolamenti con conseguente perdita di prodotto e peggioramento delle caratteristiche chimico-fisiche.

Al fine di evitare perdite quanti-qualitative, è fondamentale gestire adeguatamente alcune condizioni di processo:

- mediante una corretta regolazione della temperatura e dell'umidità dell'aria;
- mediante l'intensità di ventilazione e l'uniformità di circolazione dell'aria sul prodotto;
- contenendo il differenziale termico tra temperatura dell'aria e del prodotto, visto che la velocità di evaporazione dell'acqua è di gran lunga superiore di quella di trasferimento delle molecole d'acqua dagli strati interni verso quelli esterni;
- regolando il tempo di sosta del prodotto nell'essiccatore.

Una poco corretta gestione della delicata fase di essiccazione può portare a diversi fenomeni sfavorevoli con effetti negativi sulla qualità del prodotto finale, che può perdere tutte o parte delle sue proprietà fisiche, chimiche ed organolettiche distintive della mandorla. Inoltre, alte temperature di essiccazione produrrebbero fenomeni di cottura o tostatura dei semi, anziché di semplice disidratazione.

Affinché controllo e gestione del processo possa avvenire correttamente, è importante che siano soddisfatte due condizioni:

- 1) la conoscenza delle caratteristiche tecnologiche del processo;
- 2) l'efficienza delle apparecchiature di rilevazione, misura e regolazione.

Nella progettazione e realizzazione di un impianto di essiccazione devono, pertanto, essere considerate natura e peculiarità di tutti i fenomeni descritti in precedenza che intervengono nel processo tecnologico, questo a garanzia di una gestione efficiente del processo.

L'impianto messo a punto in ambito progetto PIF è un essiccatore discontinuo della capacità di $4,5 \text{ m}^3$, di seguito si riporta lo schema in figura 19.

L'essiccatore disponeva di una camera di essiccazione da $4,5 \text{ m}^3$ di diametro di 2500 mm, e bruciatore Diesel da $85.000 \text{ Kcalh}^{-1}$.

L'essiccazione si ottiene con ventilazione forzata di aria calda, che passa dallo scambiatore di calore all'interno del corpo dell'essiccatore, grazie ad un ventilatore. Il prodotto continuamente ventilato, è mescolato da una coclea centrale che ha il compito di rimescolare la massa facilitando la diffusione del calore. Il prodotto in ingresso viene caricato dall'alto e scaricato dal basso, per gravità. Durante la campagna di raccolta e lavorazione del prodotto sono state svolte prove di essiccazione valutando ad intervalli regolari l'umidità interna del seme. A tale proposito sono stati prelevati campioni di prodotto dalla parte alta dell'essiccatore ad intervalli di 30 minuti e per mezzo di termobilancia modello Ohaus MB45, è stata misurata l'umidità residua direttamente su campioni di semi.

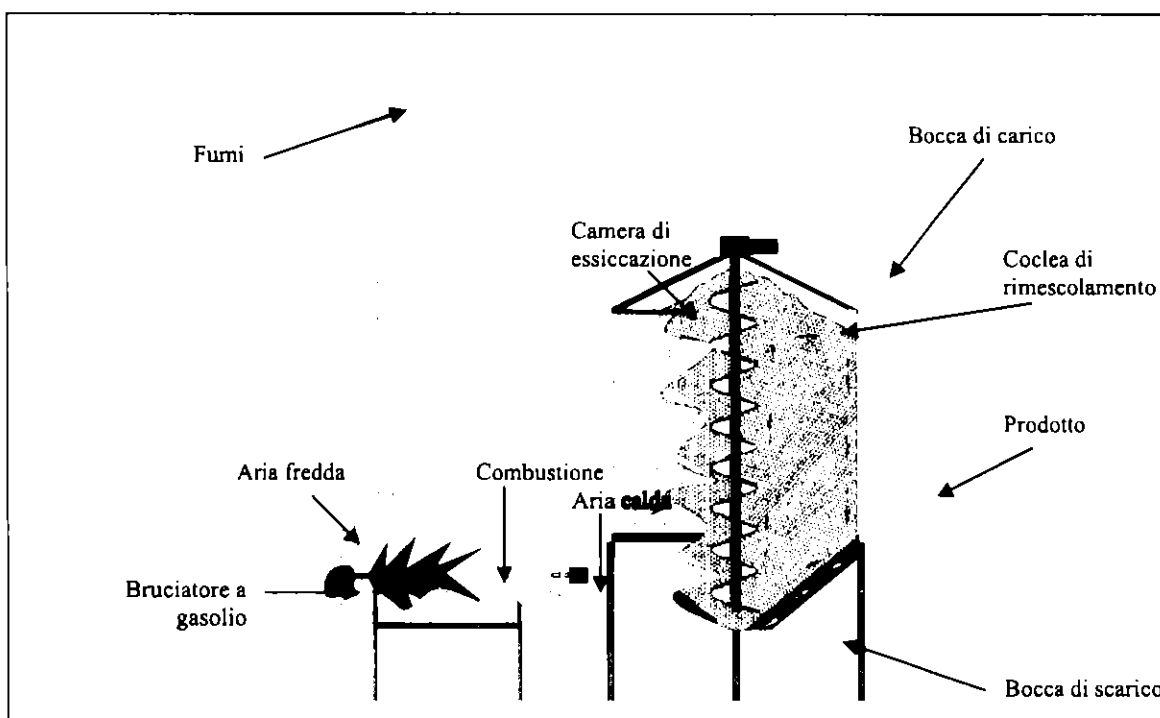


Fig. 19. Schema essiccatore discontinuo

Di seguito in figura 20 si riporta la curava di essiccazione dei campioni oggetto di analisi svolta ad una temperatura media di 65°C per 4 ore.

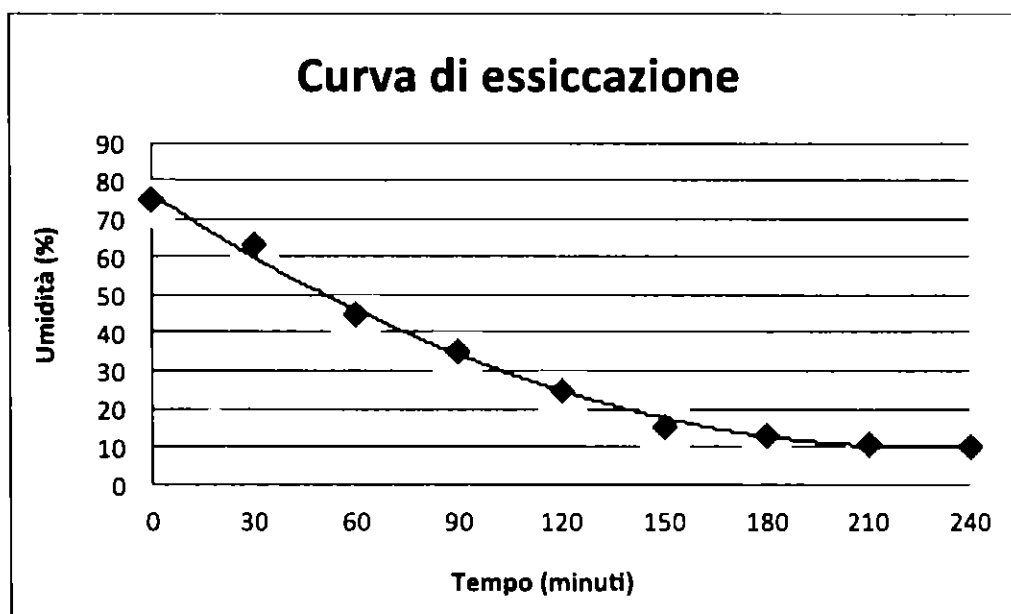


Fig.20. Curva di essiccazione

Come si nota dal grafico considerando una temperatura ottimale di essiccazione di 65°C i semi partono da un'umidità media del 75% ed arrivano all'umidità commerciale voluta del 10 % in 240 minuti.

WP2-D: Macchina polifunzionale per pulizia e carico/scarico prodotto

La smallatura, effettuata presso il centro aziendale e la successiva fase di essiccazione, si accompagna ad una serie di interventi manuali, che precedono, accompagnano e seguono le operazioni, condizionando in modo evidente i ritmi e i tempi di lavoro dell'intera filiera di lavorazione post-raccolta del mandorlo. Tali interventi possono cronologicamente distinguersi, con riferimento alle operazioni di smallatura ed essiccazione, in:

- *preparatori alla smallatura*: sono delle operazioni incentrate sulla necessità di separazione di rametti e fogliame proveniente dal campo. L'utilizzo delle macchine scuotitrici, specialmente la macchina semovente portava alla rottura di molti rami e foglie conseguenti alla vibrazione della pianta. Tale materiale, già grossolanamente separato manualmente in capo, costituiva in fase di smallatura un ostacolo al corretto svolgimento dell'operazione. In molti casi si verificava un vero e proprio ingolfamento della bocca di alimentazione della smallatrice, con conseguente necessità di bloccare la macchina, procedere alla rimozione del materiale dalla tramoggia e per poi riprendere la lavorazione. Tutto questo comportava notevole perdita di tempo ed impegno di manodopera. A tale scopo la pulizia grossolana del prodotto in ingresso era svolta manualmente da 3 operatori. I tre operatori erano anche addetti all'alimentazione della macchina che avveniva sempre manualmente, riempiendo il prodotto dal carro rimorchio e sversandolo nella tramoggia di alimentazione della smallatrice per mezzo di secchi o cassette;
- *contemporanei alla smallatura*: riguardanti principalmente il controllo dell'operazione e la pulizia della gabbia cilindrica che spesso si intasava con pezzi di rametti soprattutto nella prima sezione di smallatura posta al di sotto della tramoggia di alimentazione. L'operazione manuale riguardava anche la rimozione dei malli accumulati sotto la gabbia di smallatura.
- *successivi alla smallatura*: finalizzati alla separazione del prodotto lavorato, da ulteriori impurità (pezzi di rametti, malli, ecc.) e al rinvio delle mandorle non smallate alla smallatrice;

- *preparatori e successivi alla essiccazione*: riguardava le operazioni di carico e scarico dell'essiccatore. Ricordiamo che la bocca di carico della camera di essiccazione è posta a circa 3500 mm da terra, mentre la bocca di scarico era posizionata a 600 mm dal piano di campagna. Le due altezze imponevano un grande impiego di manodopera e per svolgere le operazioni di carico e scarico. Le operazioni inoltre erano anche molto faticose per gli operatori.

Alla luce di queste esigenze si è provveduto alla progettazione di un nastro trasportatore con struttura in carpenteria metallica (poggianti su ruote di sostegno), che costituisce la struttura di contenimento del nastro in gomma telata con palette in gomma azionamento da motore elettrico con motovariatore per poter consentire di variare la portata. La macchina è dotata di una tramoggia di carico di altezza di 570 mm, inferiore, rispetto alla bocca di scarico della camera di essiccazione, in modo da consentirne l'agevole posizionamento. Inoltre, è stato possibile regolare l'angolo di inclinazione del nastro in moto tale da poter alimentare sia la tramoggia di carico della smallatrice che la camera di essiccazione. Infine, sulla macchina è stato montato, alla fine del nastro trasportatore un aspiratore centrifugo che ha avuto il compito di svolgere meccanicamente la separazione preventiva di rametti e fogliame evitando in tal modo l'ingolfamento della smallatrice e l'impegno di manodopera. In tal modo è stato possibile ridurre l'impiego di manodopera da 4 operatori, 3 per la smallatura ed 1 per l'essiccazione, a 2 operatori, uno addetto unicamente alla smallatura ed un secondo che si occupava principalmente della gestione dell'essiccatore ed in parte di eliminare il materiale indesiderato sul nastro di caricamento dell'essiccatore e al contempo recuperare le mandorle non smallate per rimandarle alla smallatura.

4. WP3 - ANALISI AMBIENTALE E DI SOSTENIBILITÀ

Premessa

Secondo quanto definito in fase progettuale, i risultati delle sperimentazioni di campo inerenti il miglioramento della gestione della filiera mandorlicola pugliese sono state oggetto di valutazione di sostenibilità ed analisi ambientale. La metodologia scelta è quella dell'analisi del ciclo di vita (Life Cycle Assessment, LCA) poiché rappresenta una metodologia standardizzata ed universalmente riconosciuta. Alla base di un corretto studio di LCA si colloca una complessa fase di raccolta e validazione dei dati, che è stata condotta durante tutto lo svolgimento del progetto. Data la grande mole di dati da analizzare seguendo le specifiche dettate dagli standard ISO (che descrivono le fasi dell'analisi LCA) si è reso necessario il supporto di un esperto esterno per completare al meglio lo studio e giungere a risultati confrontabili e riproducibili, capaci di essere di supporto alle politiche di sviluppo future per la filiera della mandorlicoltura intensiva in Puglia.

4.1 L'Analisi del ciclo di vita LCA (Life Cycle Assessment)

L'LCA, è un valido strumento di analisi, potenzialmente applicabile a qualsiasi prodotto o servizio, finalizzato alla valutazione degli effetti ambientali originati in tutte le fasi del ciclo di vita di un bene, dall'estrazione e trasporto delle materie prime fino allo smaltimento in discarica o riciclaggio dello stesso. L'aspetto fondamentale che caratterizza un'LCA è proprio la completezza dell'analisi, che scompone l'intero sistema "oggetto dello studio" mediante un approccio denominato "dalla culla alla tomba" (from cradle to grave). La norma UNI EN ISO 14040:2006 definisce un'LCA come una *"compilazione e valutazione, attraverso tutto il ciclo di vita, dei flussi in entrata e in uscita, nonché dei potenziali impatti ambientali, di un sistema di prodotti"*. La norma introduce il concetto di *"sistema di prodotto"* per sottolineare la visione globale con la quale l'analisi deve essere condotta. In un'analisi del ciclo di vita, considerare il prodotto come sistema, significa prestare attenzione a tutti i flussi di materie ed energia che, nell'interazione tra sistema ambiente (tutto ciò che si trova all'esterno) e sistema industriale di riferimento, entrano in quest'ultimo per poi rientrare nell'ambiente sotto forma di emissioni e rifiuti.

Questo concetto sottolinea il carattere di trasversalità dell'analisi che deve interessare tutta la filiera, dalla produzione, alla distribuzione e consumo fino allo smaltimento finale del bene.

Facendo riferimento alle disposizioni dettate dalla norma ISO 14040:2006, una LCA deve strutturarsi secondo quattro passaggi fondamentali:

1. Definizione degli obiettivi e dei confini del sistema;
2. Analisi di inventario;
3. Valutazione degli impatti;
4. Interpretazione e miglioramento.

La quattro fasi in cui si articola lo studio, seppur separate, sono tra loro correlate. Esse includono l'identificazione e la quantificazione dei consumi energetici, di materie e delle emissioni in aria, acqua e suolo, la determinazione degli impatti ambientali e l'individuazione e valutazione di eventuali strategie capaci di ridurre i carichi inquinanti.

Questi tre componenti non possono essere però affrontati se prima non si definiscono le premesse dalle quali sviluppare l'analisi del ciclo di vita¹.

Definizione degli scopi e degli obiettivi

Con la definizione dell'obiettivo si stabilisce l'oggetto di studio, definendo le ragioni e le motivazioni che spingono ad affrontare tale analisi. La definizione delle finalità, invece, deve esplicitamente descrivere le ipotesi, le assunzioni ed i metodi che verranno utilizzati. In questa fase, inoltre, occorre definire vari aspetti del sistema:

- a) *L'unità funzionale*: è un'unità di misura complessa a cui legare i flussi di materia in entrata ed in uscita, essa determina il parametro a cui riferire tutti gli elementi che compongono il bilancio ambientale del sistema in esame. Nel caso in oggetto è stata scelta una unità funzionale rappresentata da 1 kg di mandorle sgusciate pronte al consumo;
- b) I vari *metodi di allocazione*: quando sorge la necessità di distinguere i flussi in relazione a più prodotti in uscita, ripartendo i consumi di materiali e di energia e le emissioni inquinanti nell'ambiente tra due o più merci che sono ottenute

¹Vigon B.W.- Tolle D.A.- Cornaby B.W.- Latham H.C. Battelle-Columbus, Harrison C.L.- Boguski T.L.- Hunt R.G., Sellers J.D. Franklin Associates, Ltd - U.S.E.P.A. Risk Reduction Engineering Laboratory, Life-Cycle Assessment Inventory Guidelines and Principles, Lewis publishers, Florida, 1994.

contemporaneamente dallo stesso processo. Nell'analisi specifica sorgeranno problematiche inerenti le procedure di allocazione tra la parte edibile dei frutti e gli scarti destinati ad altri usi (mallo, gusci ecc);

- c) Gli *effetti ambientali* ed i metodi che consentano di relazionare a questi i dati in Input/Output;
- d) La *metodologia* ed il tipo di *valutazione di impatto* impiegata da esprimere attraverso le varie *categorie d'impatto*. Nel caso in esame le categorie d'impatto sono quelle definite nella Product Environmental Footprint sviluppata dall'Unione Europea²;
- e) La qualità dei dati: distinguendo tra *dati primari* raccolti direttamente sul campo, *dati derivati* ricavati da letteratura o da banche dati appositamente predisposte o altri studi e *dati terziari* provenienti da stime e da valori medi;
- f) I *confini del sistema* analizzato, spiegano le scelte alla base della delimitazione dello studio (criteri geografici, tecnologici, economici ecc).

Analisi d'inventario

L'analisi di inventario costituisce la seconda fase di uno studio di LCA nonché la parte più impegnativa. Essa consiste nel riportare tutti i flussi di materia e di energia riferiti all'unità funzionale, che partono dall'ambiente, passano attraverso il sistema produttivo e ritornano all'ambiente in tutte le fasi relative al prodotto. Verranno quindi identificati e quantificati i consumi di risorse (materie prime, acqua, prodotti riciclati), di energia (termica ed elettrica) e le emissioni in aria, acqua e suolo, arrivando così al termine a strutturare un vero e proprio bilancio ambientale.

Valutazione degli impatti

Le informazioni ottenute dall'analisi di inventario, costituiscono la base di partenza per le valutazioni di tipo ambientale a cui è dedicata la terza fase di un'analisi del ciclo di vita, definita Life Cycle Impact Assessment (LCIA). E' indubbiamente una delle fasi

²COM 196, (2013), Communication from the Commission to the European Parliament and the Council. Building the Single Market for Green Products. Facilitating Better Information on the Environmental Performance of Products and Organizations, COM (2013) 196 final, European Commission, Brussels, 2013, On line at: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52013DC0196&from=EN>

più critiche dell'LCA in quanto è in essa che si definiscono le grandezze e le relazioni che consentono di associare ad ogni impatto di un sistema/prodotto gli effetti ambientali potenziali associati.

Mentre la fase di inventario consente di ottenere informazioni quantitative precise sugli impatti (per esempio: quantità di sostanze nocive emesse), gli effetti correlati devono essere necessariamente stimati mediante l'utilizzo di modelli che assumono ipotesi e convenzioni da stabilire. Per effettuare l'analisi e valutazione degli impatti, quindi, occorre:

La classificazione e l'aggregazione degli impatti: i consumi di materie e di energia così come i composti che formano le emissioni in aria acqua e suolo, sono aggregati in funzione degli effetti che possono procurare sull'ambiente e in funzione della rilevanza di ciascuno.

Valutazione degli impatti: una volta individuati e aggregati gli impatti è necessario stabilire delle scale di valore per ciascun impatto. La norma ISO ha adottato il metodo denominato "problem-oriented method" composto di elementi obbligatori (definizione categorie d'impatto, classificazione, caratterizzazione) ed elementi opzionali (normalizzazione, raggruppamento e pesatura).

Dopo aver individuato le categorie d'impatto che s'intendono analizzare si procede ad organizzare i dati dell'inventario in maniera tale da attribuire ad ogni emissione imputabile al sistema in esame il corrispettivo impatto ambientale. La classificazione, quindi, consiste nella definizione delle categorie di impatto, in quanto ad ogni impatto è associato uno o più effetti ambientali mediante una relazione.

Il passaggio successivo "la caratterizzazione", consente di quantificare questa relazione. Per ogni categoria di effetto ambientale viene calcolata una variabile quantitativa usando dei fattori di equivalenza mediante il modello causa-effetto. Tutti gli impatti riconducibili ad un determinato effetto ambientale sono quindi espressi mediante l'unità di misura equivalente più opportuna. Ciò consente di avere un quadro sintetico e quantitativo di tutti gli effetti ambientali generati dal sistema/prodotto, sebbene questo implica una serie di approssimazioni che devono essere attentamente valutate. La classificazione e la caratterizzazione permettono di individuare il contributo potenziale del sistema a determinati effetti (effetto serra, acidificazione, eutrofizzazione, smog fotochimico, tossicità umana, tossicità ambientale), ossia il suo "profilo ambientale". Tali numeri, tuttavia, quantificano il contributo del sistema a tali effetti, ma non indicano quale contributo sia più rilevante rispetto agli altri. Per far ciò è necessario

procedere alla normalizzazione, in cui i contributi del sistema ad ognuno degli effetti sono rapportati alla quantità annuale di quell'effetto che si verifica in una determinata zona (ad esempio: Italia, Europa, tutto il mondo) in un determinato periodo di tempo (ad esempio: un anno). In questo modo si può avere un'idea sia del contributo relativo del sistema ai diversi effetti, sia quale contributo è più rilevante.

Con la valutazione, infine, si attribuisce un peso di importanza ai diversi effetti prodotti dal sistema, in modo che questi possano essere comparati tra di loro per giungere ad un'ulteriore aggregazione dei dati.

I metodi per "pesare" gli effetti ambientali seguono diversi approcci e possono essere sintetizzati come segue:

Monetizzazione (Monetisation) basato sul valore economico del danno ambientale inteso come costo necessario a fronteggiare il danno all'ambiente (Environmental Control Costs), e volontà di pagare per evitare gli effetti individuati con l'analisi del ciclo di vita (Environmental Damage Costs);

Distanza dall'obiettivo (Authorised target): attribuendo un peso all'effetto, attraverso la comparazione dei livelli ammessi dalle autorità nazionali ed internazionali con le quantità di inquinanti individuate durante l'analisi. La componente soggettiva nella formulazione dei limiti ammessi rappresenta un evidente limitazione di questo metodo;

Valutazione di esperti (Authoritative panels): un panel di esperti procede alla valutazione dei diversi effetti ambientali. Tali soggetti possono essere scelti secondo vari criteri e possono rappresentare il settore scientifico, governativo o l'opinione pubblica. L'attendibilità e la trasparenza del metodo è garantita dalla rappresentatività che il gruppo deve avere delle opinioni scientifiche e sociali diffuse e condivise;

Approccio mandatario (Proxies): in questo tipo di approccio si sceglie uno o pochi parametri indicativi. L'intento è quello di limitare la visione degli impatti, che il sistema ha sull'ambiente, a quegli effetti individuati. Ciò risulta utile quando gli obiettivi dell'analisi del ciclo di vita sono legati esclusivamente all'andamento di quei determinati parametri;

Approccio tecnologico (Technology abatement): in questo caso, a determinare il "peso" degli effetti ambientali è la capacità, da un punto di vista tecnologico, di abbattere i vari impatti durante la fase di generazione dell'inquinamento. La difficoltà tecnica di gestire le emissioni a monte, determinerà un punteggio maggiore pesi maggiori.

Interpretazione e miglioramento

La procedura di analisi del ciclo di vita termina con la fase dell'interpretazione, in cui si esaminano i risultati ottenuti, si identificano le eventuali criticità del sistema per ipotizzare dei miglioramenti.

La struttura concettuale attraverso la quale avviene quest'ultimo passaggio di una LCA è sintetizzabile nei seguenti punti:

Identificazione: i dati provenienti dalle precedenti fasi dell'LCA (principali input, output e impatti potenziali) vengono analizzati e comparati con quanto previsto nella "Goal and scope definition". È evidente che la componente soggettiva presente in fase di creazione del modello (per esempio: definizione dei confini del sistema) può influenzare gli esiti finali dello studio, pertanto risulta di fondamentale importanza che le conclusioni estrapolate dalla lunga serie di informazioni possibili, siano in linea con gli obiettivi predeterminati nella fase iniziale;

Valutazione: lo studio di LCA compiuto, viene, a questo punto, sintetizzato e, i suoi risultati, diffusi e resi noti. Rappresentazioni grafiche (come istogrammi o grafici a torta) possono servire a rendere di immediata comprensione ciò che si è evinto dall'analisi. Inoltre attraverso l'ausilio di grafici, è possibile effettuare considerazioni comparate mettendo a confronto aspetti diversi dello stesso scenario o, addirittura, scenari diversi;

Conclusioni - Raccomandazioni - Rapporto finale: infine si possono trarre le conclusioni dello studio effettuato. Si raccomanda circa la stesura del report finale dell'LCA, e, in base a quanto eventualmente emerso, si predispongono eventuali azioni di miglioramento al prodotto o sistema considerato.

Concludendo, appare chiaro, quindi, come le tipologie di risultati siano strettamente legate alle assunzioni fatte in fase di definizione degli scopi e degli obiettivi. È importante, prima di effettuare qualsiasi tipo di considerazione, procedere ad una revisione di tutte le informazioni e le implicazioni assunte nella formulazione del modello, nonché nella definizione dei suoi confini. La valutazione cioè, deve fondarsi su una serie di verifiche:

Verifica della completezza dei dati e dei risultati: attraverso un processo di feed-back si procede a riesaminare le assunzioni alla base del modello; procedendo, se necessario, alla correzione dei dati;

Verifica delle analisi di sensitività: mediante una variazione dei parametri utilizzati (input, output, categorie d'impatto potenziale) si analizza la variazione degli effetti sul risultato finale;

Verifica della consistenza: per accertare il livello di rispondenza tra i risultati conseguiti e gli obiettivi dello studio posti in fase preliminare e durante le fasi d'Inventario e Valutazione.

L'identificazione dei "punti caldi" (hot spots), consente di procedere nella formulazione di ipotesi di miglioramento per intervenire opportunamente in quelle fasi più impattanti del sistema.

4.2 *Analisi di sostenibilità ambientale della filiera mandorlicola pugliese*

Durante il periodo di riferimento, dopo una breve analisi dello stato dell'arte, l'attività di ricerca è stata incentrata principalmente sulla preparazione di schede di raccolta dei dati di inventario necessari alla realizzazione dell'analisi del ciclo di vita.

Nel pieno rispetto della tempistica definita in fase progettuale, durante questo periodo, sono state espletate tutte le attività necessarie alla corretta impostazione delle future attività più strettamente operative. Entrando nello specifico, il primo periodo è stato dedicato alla consultazione di materiale bibliografico di natura tecnica e scientifica al fine di effettuare una corretta valutazione dello stato dell'arte e permettere di impostare al meglio la fase di definizione degli scopi e degli obiettivi e la fase d'inventario relative all'analisi del ciclo di vita. L'analisi bibliografica ha riguardato in particolare gli aspetti metodologici inerenti l'applicazione dell'analisi del ciclo di vita a processi simili a quelli studiati. Per lo svolgimento dell'analisi del ciclo di vita è stato necessario procedere all'acquisto di un software di LCA (Gabi 6) completo di banche dati aggiornate inerente dati ambientali, redatta dalla software house PE-International, relativi ai processi di produzione e le emissioni considerati nel progetto di ricerca.

Successivamente si è proceduto al confronto con la realtà aziendale "Azienda Agricola Pasquale Cinone", coinvolgendo il personale e cercando di esaminare nel dettaglio ogni aspetto relativo ai sistemi di produzione agricola, raccolta e post-raccolta, compresi eventuali sistemi di difesa dalle gelate tardive.

Per quanto riguarda la delimitazione dei confini del sistema si è scelto di analizzare il seguente sistema di prodotti:

- Produzione agricola delle mandorle: tutte le pratiche agronomiche necessarie alla gestione del mandorleto, comprese le tecniche di difesa dalle gelate analizzate nell'ambito del WP1;
- Raccolta delle mandorle: analisi delle quattro prove di raccolta svolte nell'ambito del WP2-A (confronto tra raccolta manuale e tre ipotesi di raccolta meccanizzata);
- Smallatura: analisi delle performance del prototipo di macchina polifunzionale studiata nell'ambito del WP2-D e del prototipo di smallatrice tradizionale;
- Essiccazione: analisi delle performance del prototipo di essiccatore messo a punto nell'ambito del WP2-C.

Attraverso la ricostruzione del layout dei processi ed in seguito a visite ispettive degli impianti presenti in azienda, è stato possibile concordare congiuntamente allo staff tecnico aziendale l'implementazione di un sistema di rilevazione diretta di dati mediante strumenti di misura e/o di procedure di raccolta dati inerenti gli input energetici e di risorse considerati nei processi produttivi analizzati.

L'installazione di misuratori presso le linee degli impianti aziendali è risultata necessaria per la realizzazione della successiva fase di raccolta di "dati primari" riguardanti i consumi di acqua, energia elettrica, materiali di consumo ecc.

Per la raccolta dati sono state predisposte delle check-list in collaborazione con il personale aziendale ed un sistema di elaborazione e gestione delle informazioni raccolte. Seguendo quanto previsto dalle norme ISO i dati sono stati sottoposti ad una verifica di qualità attraverso le procedure di valutazione di affidabilità, provenienza (letteratura, stime, misurazione diretta) e consistenza degli stessi. Il bilancio di massa ha permesso di ultimare la procedura di controllo degli input ed output di processo verificando le quantità in ingresso ed in uscita. La procedura di verifica dei dati risulta di fondamentale importanza per procedere alla fase successiva di valutazione degli impatti.

Il sistema di raccolta di dati primari ha consentito di espletare la fase di analisi dell'inventario in maniera tale da procedere ad una più corretta e veritiera valutazione degli impatti ambientali, mediante applicazione della metodologia LCA.

Al termine di questa fase iniziale, è stata completata, in collaborazione e coordinamento con lo staff tecnico aziendale, la fase di definizione degli scopi e degli obiettivi con la definizione dell'unità funzionale, dei metodi di allocazione, degli impatti ambientali da considerare e dei confini del sistema.

Successivamente si è proceduto all'implementazione del modello, utilizzando il software di LCA Gabi6 e si è proceduto alla quantificazione dei risultati sulla base degli scenari riguardanti le diverse prove agronomiche e meccaniche di raccolta e post-raccolta. La figura 21 mostra lo scheduling delle attività svolte.

I dettagli dell'analisi del ciclo di vita sono descritti nel seguente paragrafo.

Analisi stato dell'arte			
Analisi bibliografica	Visite ispettive	Riunioni con personale aziendale	
✓	✓	✓	
Definizione degli scopi e degli obiettivi			
Unità funzionale	Confini del sistema	Categorie d'impatto	Regole di cut-off
✓	✓	✓	✓
Analisi d'Inventario			
Preparazione check list	Preparazione procedure di raccolta dati	Analisi della qualità dei dati	Feedback
✓	✓	✓	✓
Analisi dei Risultati			
Life Cycle Impact Assessment	Interpretazione dei risultati	Analisi di sensitività	Feedback
✓	✓	✓	✓

Fig. 21. Scheduling delle attività svolte

4.3 *Analisi del ciclo di vita della produzione di mandorle sgusciate*

Definizione degli scopi e degli obiettivi

La metodologia di analisi del ciclo di vita è stata applicata alla filiera mandorlicola pugliese sulla base di prove agronomiche e meccaniche di raccolta e post-raccolta ai fini di valutare le innovazioni introdotte da un punto di vista agronomico e meccanico.

I dati sono contestualizzati in areale Mediterraneo e si riferiscono agli impianti intensivi adottati dall'azienda Cinone Pasquale, partner del progetto.

L'unità funzionale (UF) scelta varia in base all'oggetto dello studio. Per quanto riguarda l'analisi della fase agronomica essa è l'ettaro, ma anche il chilo di mandorle con mallo. Per confrontare gli scenari inerenti i cantieri di raccolta è stato considerato solo il chilo di mandorle con mallo. Per l'analisi delle smaltatrici l'UF scelta è il chilo di mandorle in guscio, mentre per la valutazione dell'intero ciclo di vita, l'UF è il chilo di mandorle sgusciate.

Attraverso questa distinzione, in sostanza, sono state realizzate diverse "LCA semplificate" (focalizzate cioè esclusivamente a segmenti del ciclo di vita) che sono poi confluite in un'unica LCA "dalla culla al cancello dell'azienda".

A tal proposito, quindi, i confini del sistema sono stati via via ampliati partendo dalla fase agricola per poi includere le fasi di raccolta e post-raccolta. I dati sono stati processati utilizzando il software Gabi 6, mentre le categorie d'impatto e relativi metodi di valutazione, normalizzazione e pesatura, sono stati quelli definiti nell'ambito della Product Environmental Footprint sviluppata dall'Unione Europea così come elencato nella tabella 11.

	Unità	Fattore di normalizzazione	Fattore di pesatura
Acidification midpoint (v1.06)	Mole of H ⁺ eq.	47,3	1
Climate change midpoint, incl biogenic carbon (v1.06)	kg CO ₂ -Equiv.	9220	1
Ecotoxicity fresh water midpoint (v1.06)	CTUe	8740	1
Eutrophication fresh water midpoint (v1.06)	kg P eq	1,48	1
Eutrophication marine midpoint (v1.06)	kg N-Equiv.	16,9	1
Eutrophication terrestrial midpoint (v1.06)	Mole of N eq.	176	1
Human toxicity midpoint, cancer effects (v1.06)	CTUh	3,69E-05	1
Human toxicity midpoint, non-cancer effects (v1.06)	CTUh	0,000533	1
Ionizing radiation midpoint, human health (v1.06)	kBq ²³⁵ U eq	1130	1
Land use, Soil Organic Matter (SOM, Ecoinvent&Hemeroby)	kg C deficit eq	74800	1
Ozone depletion midpoint (v1.06)	kg CFC-11 eq	0,0216	1
Particulate matter/Respiratory inorganics midpoint (v1.06)	kg PM _{2,5} -Equiv.	3,8	1
Photochemical ozone formation midpoint, human health (v1.06)	kg NMVOC	31,7	1
Resource depletion water, midpoint (v1.06)	m ³ eq.	81,4	1
Resource depletion, mineral, fossils and renewables, midpoint (v1.06)	kg Sb-Equiv.	0,101	1

Tab. 11. Categorie d'impatto

Gli scenari agricoli messi a confronto sono indicati in tabella 12, mentre quelli considerati per la fase di raccolta sono descritti in tabella 13

Cultivar	Ferragnés	Filippo Ceo	Genco	Supernova	Tuono
Gestione suolo					
Inerbimento	1	4	7	10	13
Suolo nudo rullato	2	5	8	11	14
Lavorato	3	6	9	12	15

Tab. 12. Scenari fase agricola

Cantiere	
Cantiere manuale	A
Doppio scuotitore manuale a gancio	B
SicmaSpidy+ carro intercettatore da 1800 kg di portata	C
SicmaSpidy + ombrello rovescio	D

Tab. 13. Scenari della fase di raccolta

Analisi di inventario

Per quanto riguarda l'origine dei dati, trattasi principalmente di dati primari raccolti direttamente presso l'azienda Cinone facendo riferimento a quanto descritto nei precedenti paragrafi.

Nel caso in cui si è reso necessario il ricorso a dati secondari sono state utilizzate le banche dati del software Gabi e quelle di Ecoinvent³. Così è stato per le emissioni riferite all'utilizzo dei macchinari agricoli e dei mezzi di trasporto, per la produzione dei fertilizzanti e dei prodotti fitosanitari e per la produzione di energia elettrica.

³Frischknecht R., Jungbluth N., (Eds.), (2007), Overview and methodology - Ecoinvent report No. 1, Dübendorf, On line at:

https://www.ecoinvent.org/files/200712_frischknecht_jungbluth_overview_methodology_ecoinvent2.pdf.

IKP and PE, (2002), *GaBi 4 - Software-system and databases for life cycle engineering*, Stuttgart, Echterdingen.

Analisi dei risultati

Con riferimento ai risultati, la figura 21 evidenzia la comparazione, per ciascuna categoria d'impatto dei 15 scenari della fase agricola definiti in tabella 12, alla stessa maniera la figura 22. mostra i risultati per gli scenari di gestione della fase di raccolta evidenziati in tabella 13..

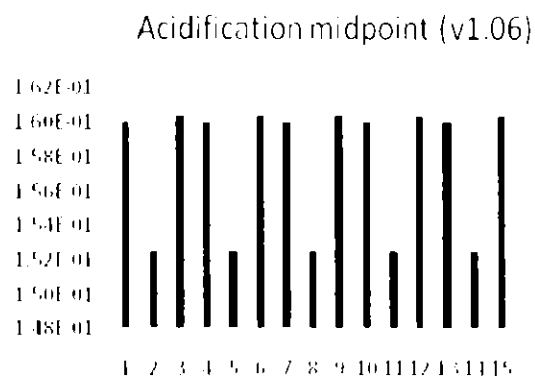
Occorre precisare che nel primo caso gli impatti della fase di raccolta sono stati fissati a quelli relativi all'ipotesi B, mentre nel secondo caso si è giunti alla determinazione di dati medi annullando le differenze relative alle rese ed alle pratiche di gestione del suolo per evidenziare le differenze degli effetti della scelta del cantiere di raccolta.

I risultati sono stati distinti utilizzando due unità funzionali (ettaro e kg di mandorle con mallo) per evidenziare come cambiando punto di vista nell'analisi si possa giungere a diversi risultati.

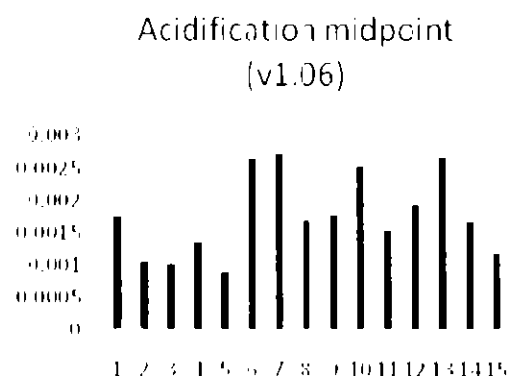
Analizzando la figura 22, nel caso di $UF = 1$ ha, si nota come pratiche agronomiche meno dispendiose in termini di combustibili fossili comportano sicuri vantaggi ambientali. Tale affermazione, però, non appare così scontata se si considera come UF il kg di prodotto, poiché, in questo caso, a fare la differenza è l'effetto che tale pratica agronomica ha nei confronti della produttività della pianta tenendo presente il comportamento delle diverse cultivar. Pertanto varietà che reagiscono alle più intense lavorazioni con maggiore produttività risultano fortemente avvantaggiate.

Con riferimento al confronto dei diversi scenari di raccolta, la distinzione tra le due UF non va a variare l'andamento dei risultati essendo stata annullata la differenza tra le diverse cultivar e pratiche agronomiche, utilizzando di fatto dati medi. La figura 23 mostra i risultati riferiti ad un ha di superficie evidenziando come cantieri più efficienti risultano non solo meno dispendiosi in termini economici e di tempo, ma risultano anche meno impattanti in termini ambientali. A tal proposito appare interessante rilevare come nonostante la produttività del cantiere D sia quasi doppia rispetto a quella del cantiere C, gli impatti di questi differiscono di pochissimo in tutte le categorie d'impatto. Ciò è riferibile al maggior consumo di combustibili fossili del cantiere D rispetto a quello C.

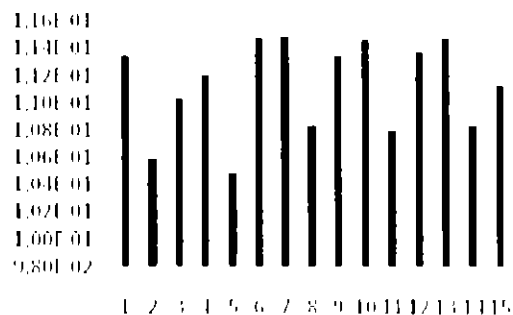
UF: 1 ha



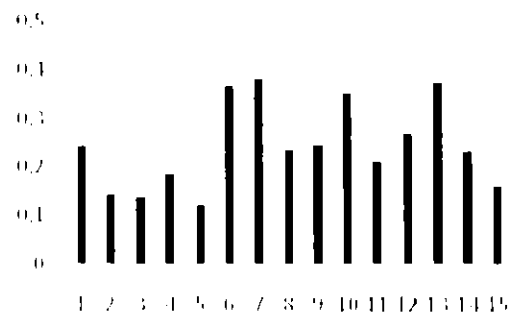
UF: 1 kg di mandorle con mallo



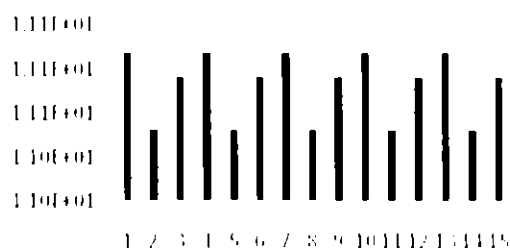
Climate change midpoint, incl biogenic carbon (v1.06)



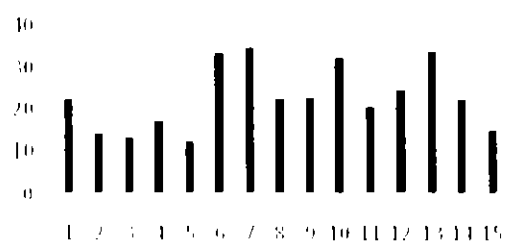
Climate change midpoint, incl biogenic carbon (v1.06)



Ecotoxicity freshwater midpoint (v1.06)

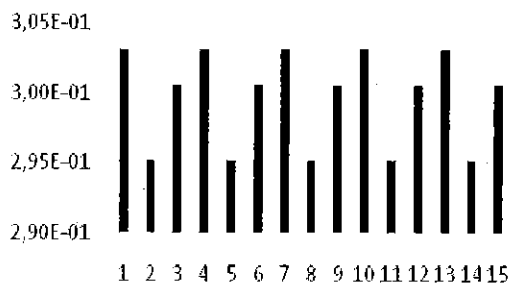


Ecotoxicity freshwater midpoint (v1.06)



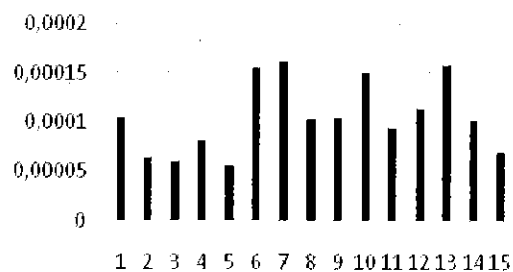
UF. 1 ha

Eutrophication freshwater
midpoint (v1.06)



UF: 1 kg di mandorle con mallo

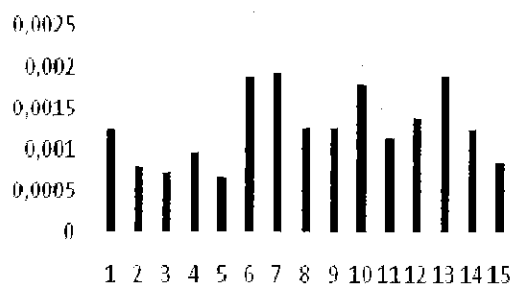
Eutrophication freshwater
midpoint (v1.06)



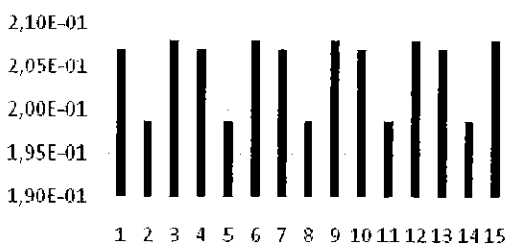
Eutrophication marine
midpoint (v1.06)



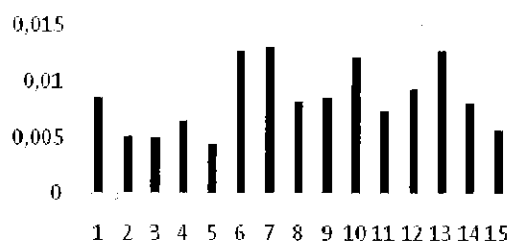
Eutrophication marine
midpoint (v1.06)



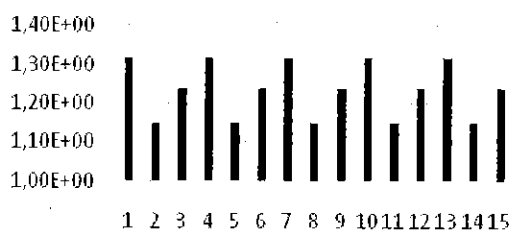
Eutrophication terrestrial
midpoint (v1.06)



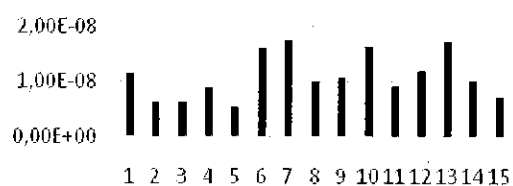
Eutrophication terrestrial
midpoint (v1.06)



Human toxicity
midpoint, cancer effects (v1.06)

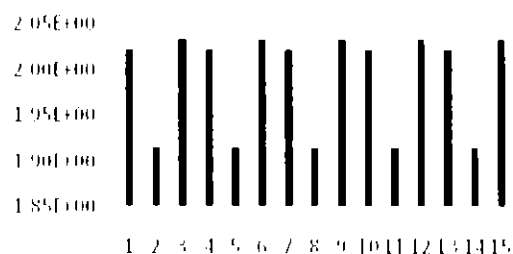


Human toxicity
midpoint, cancer effects
(v1.06)



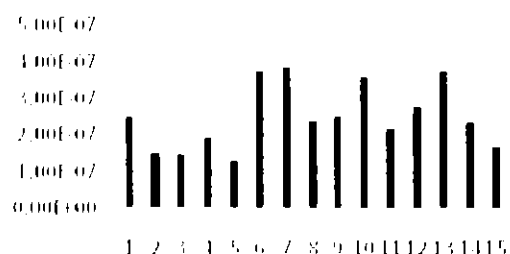
UF. 1 ha

Human toxicity midpoint, non-cancer effects (v1.06)

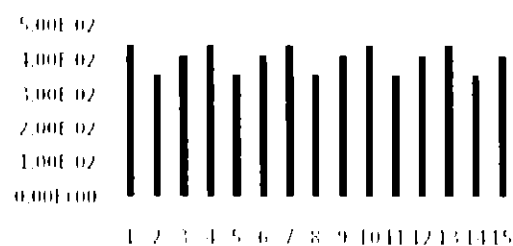


UF: 1 kg di mandorle con mallo

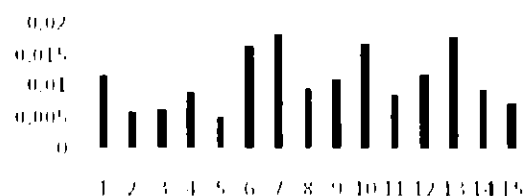
Human toxicity midpoint, non-cancer effects (v1.06)



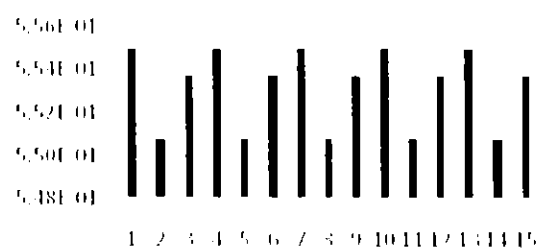
Ionizing radiation midpoint, human health (v1.06)



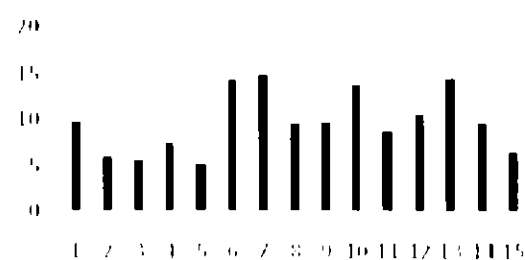
Ionizing radiation midpoint, human health (v1.06)



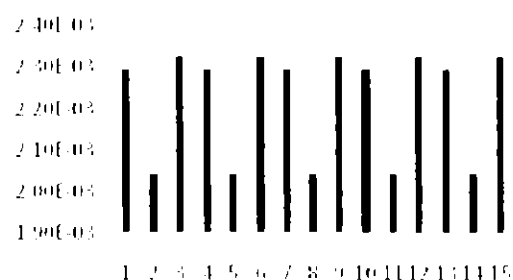
Land use, Soil Organic Matter (SOM, Ecoinvent&Hemeroby)



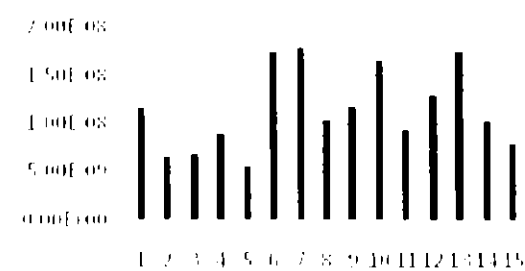
Land use, Soil Organic Matter (SOM, Ecoinvent&Hemeroby)



Ozone depletion midpoint (v1.06)

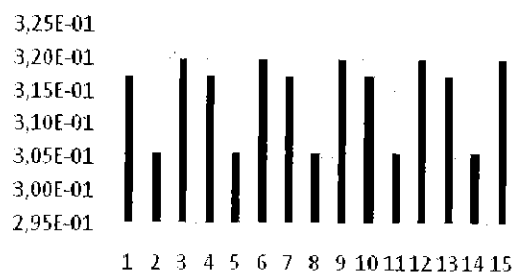


Ozone depletion midpoint (v1.06)



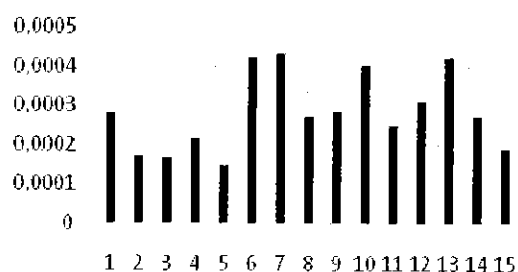
UF: 1 ha

Particulate matter/Respiratory
inorganics midpoint (v1.06)



UF: 1 kg di mandorle con mallo

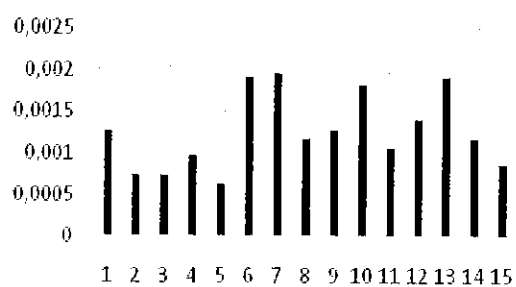
Particulate matter/Respiratory
inorganics midpoint (v1.06)



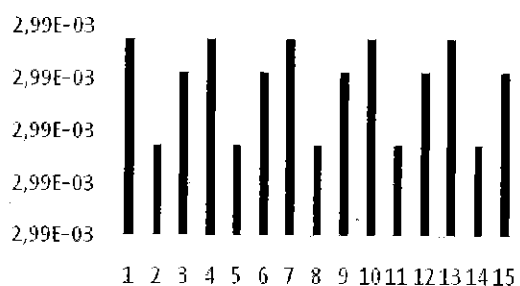
Photochemical ozone formation
midpoint, human health (v1.06)



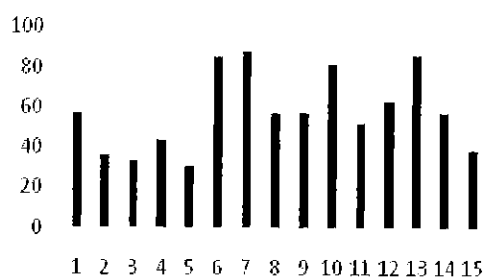
Photochemical ozone formation
midpoint, human health (v1.06)



Resource depletion
water, midpoint (v1.06)



Resource depletion
water, midpoint (v1.06)



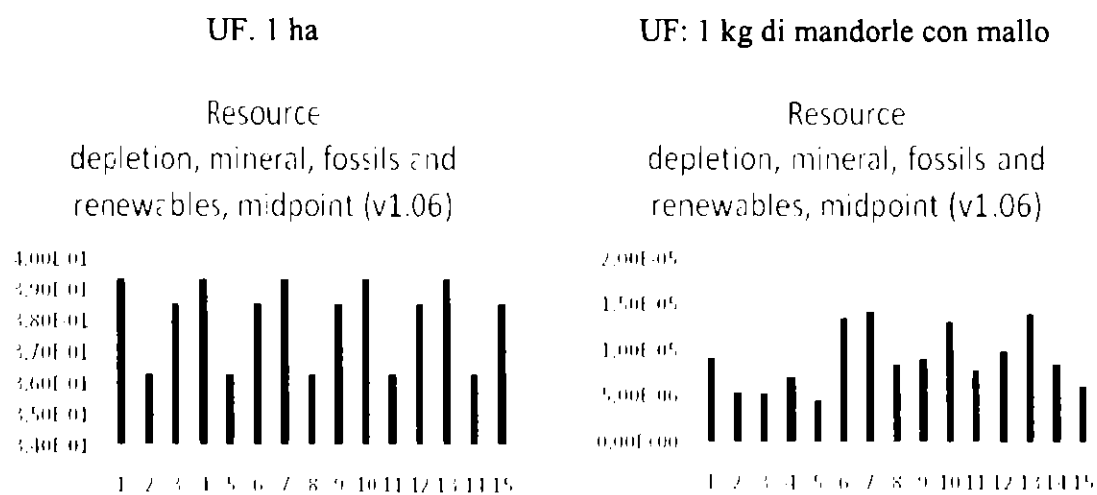
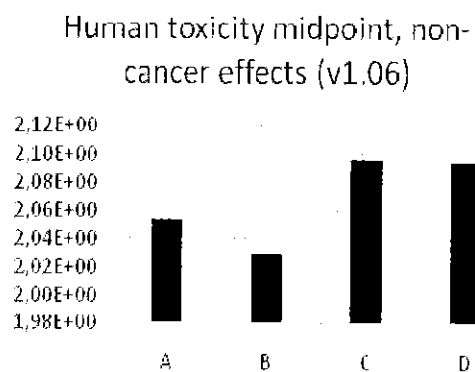
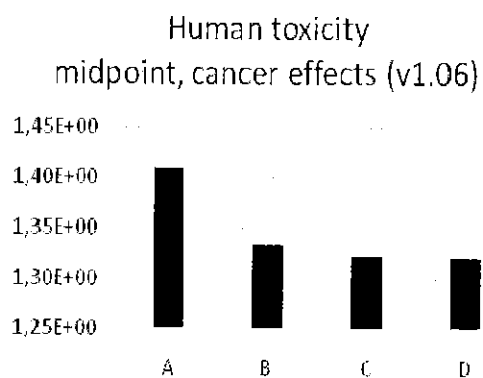
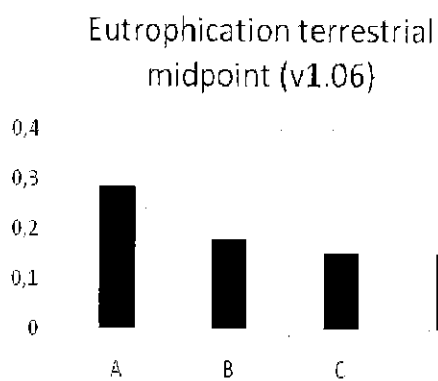
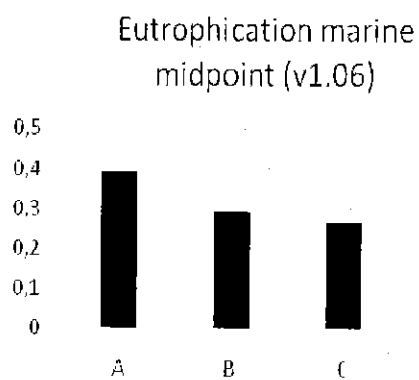
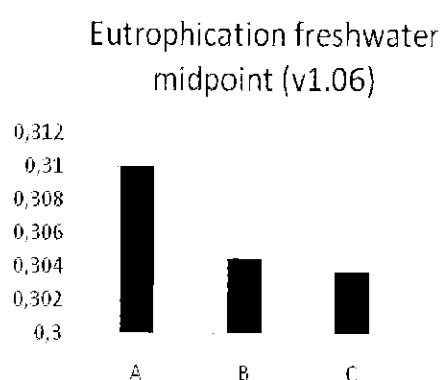
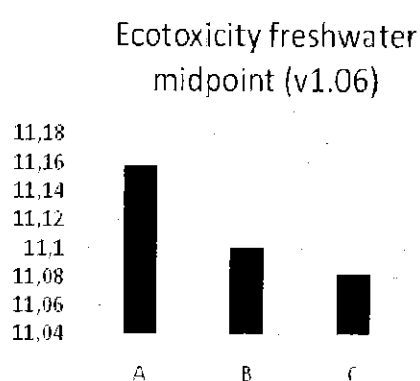
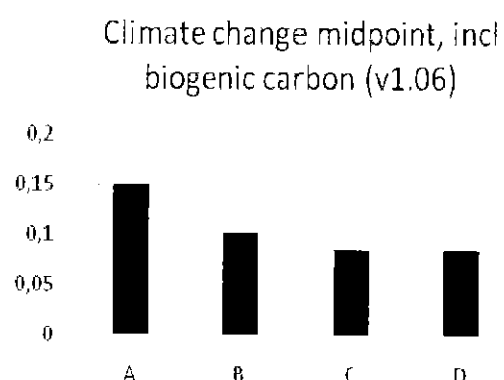
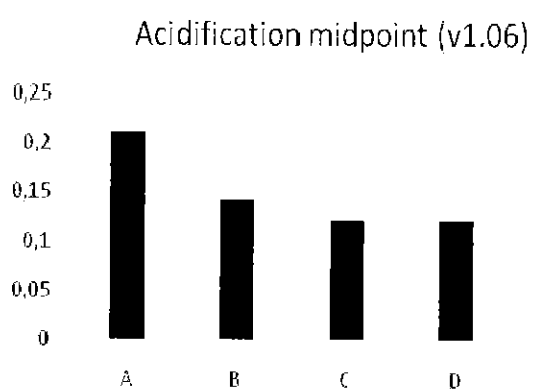


Fig. 22. Analisi degli impatti degli scenari di gestione agricola



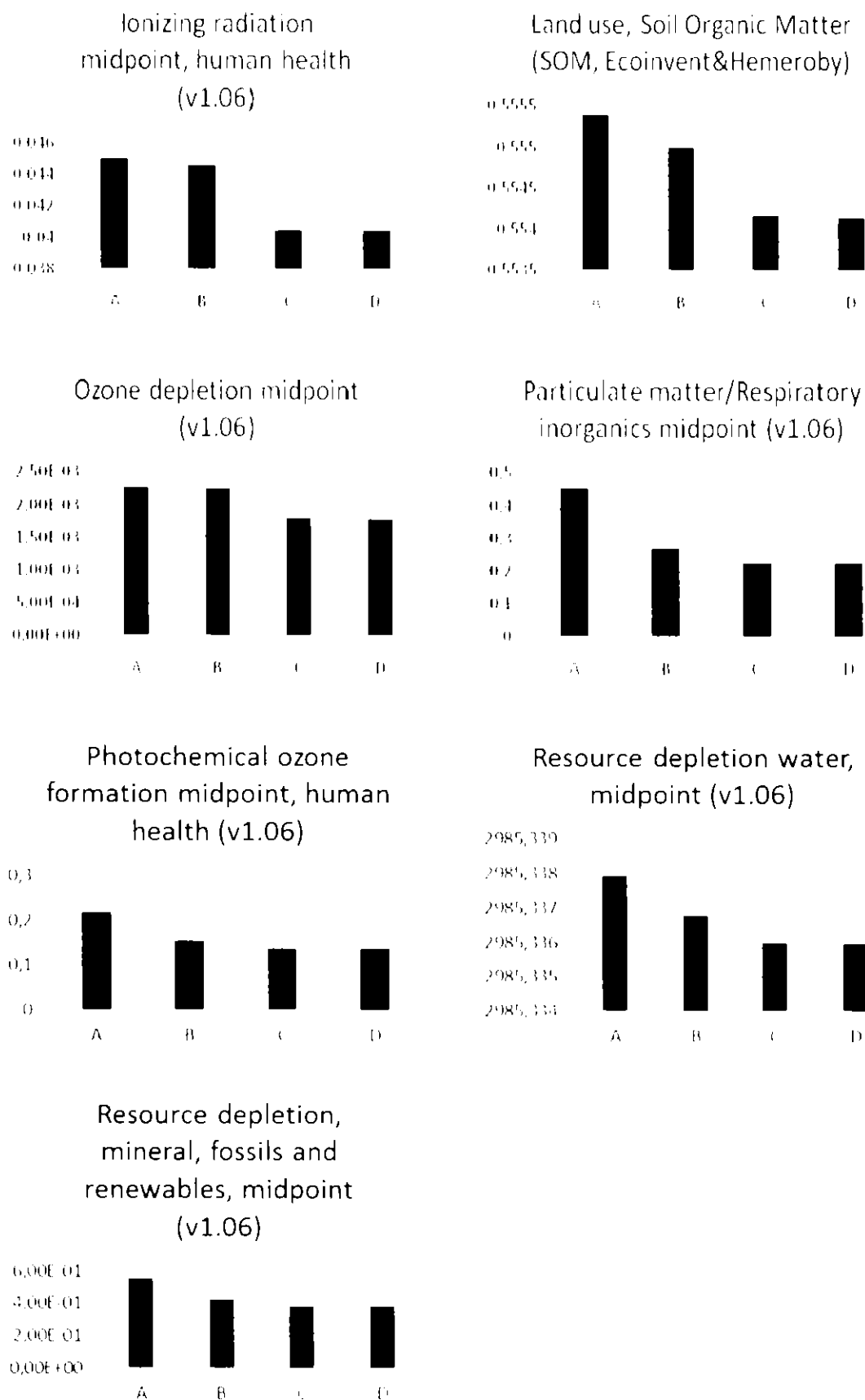


Fig. 23. Analisi degli impatti degli scenari di gestione della raccolta (UF 1 ha)

5. CONCLUSIONI

Il progetto di ricerca condotto ha permesso di raggiungere significativi risultati sia in campo agronomico sia in quello della lavorazione del prodotto.

In campo agronomico il confronto fra differenti gestioni del suolo in questo moderno impianto mandorlicolo, intensivo ed irriguo, ha mostrato come con i sistemi irrigui attualmente adottati i migliori risultati produttivi si siano ottenuti con la gestione del suolo attuata per mezzo di lavorazioni meccaniche del terreno. Ciononostante, l'inerbimento ha consentito di ottenere risultati molto prossimi a quelli osservati con le lavorazioni ed è quindi consigliabile per i numerosi riflessi positivi che una tale gestione ha sicuramente in ambienti caratterizzati da superficialità dei suoli e forte esposizione all'erosione idrica, causata principalmente dagli importanti flussi idrici provenienti dalle quote altimetriche più elevate, che proseguono verso i compluvi situati nelle aree vallive e nelle piccole e grandi gravine dell'area murgiana.

Occorre evidenziare, inoltre, che i risultati ottenuti in questa tipologia di suolo marginale con le pratiche di gestione agronomica basate sulla non lavorazione (con suolo nudo) siano stati tutt'altro che soddisfacenti. Probabilmente, tali risultati sono riconducibili anche ad un effetto indiretto sul comportamento riproduttivo delle diverse cultivar in funzione delle differenti gestioni del suolo attuate nel mandorleto, ma quest'ultimo punto necessiterebbe di essere approfondito in altri contesti produttivi, ambienti pedoclimatici e su altre cultivar prima di poter essere affermato con relativa sicurezza.

In merito alla valutazione delle diverse cultivar in regime irriguo, che era stata fatta in Puglia a livello sperimentale, ma mai in un contesto produttivo ordinario, ossia in un'azienda commerciale e non sperimentale, emergono interessanti considerazioni.

Innanzitutto, appare evidente la superiorità a livello quantitativo della cultivar 'Filippo Ceo' che ha presentato produzioni di seme per pianta nettamente superiori alla seconda cultivar per produttività, la 'Ferragnes', e presentando produzioni più che doppie rispetto alle altre tre cultivar in osservazione. Ciononostante, anche la 'Ferragnes', con la sua produttività, è degna di molta attenzione alla luce delle dimensioni e della forma del suo seme, ossia per il calibro e la forma spiccatamente amigdaloidale (è risultata la cultivar con il seme più lungo in assoluto), che ne determinano un più elevato apprezzamento sul mercato per il prodotto destinato alla confettatura, ad esempio.

In merito alla 'Filippo Ceo', spesso erroneamente denominata 'Filippo Cea', v'è da far notare che essa è stata oggetto di azioni di valorizzazione della sua tipicità (la cultivar è autoctona pugliese e pare essere stata individuata la pianta capostipite nell'agro di Toritto) e del suo valore nutrizionale (ottima composizione acidica della frazione grassa per la ricchezza in acido oleico, ed elevato contenuto di tocoferoli) ed i suoi trasformati, in particolare quelli ottenuti dal latte di mandorla, hanno riscosso discreto successo su diversi mercati. I semi della cultivar 'Filippo Ceo' devono costituire almeno il 70 % della miscela di semi impiegata per le produzioni che vogliono fregiarsi del nome del Presidio Slow Food 'Mandorla di Toritto', che rientra anche nell'Atlante dei Prodotti Tipici Agroalimentari di Puglia'. Dunque, essa si configura come una valida promessa per lo sviluppo di una industria di trasformazione della mandorla, oltreché per la destinazione ai prodotti dolciari tipici che già sono affermati localmente ma, al momento non vedono, ampie possibilità di espansione per svariate ragioni commerciali.

In merito alle caratteristiche nutrizionali delle cultivar, nel nostro caso si è osservata un più elevato contenuto di sostanza grassa in Filippo Ceo ed in Genco rispetto alle altre cultivar, ed è ben noto che la frazione grassa determina in misura rilevante il potere calorico di questo alimento. E' interessante però notare che mentre, come sopradetto, l'aspetto positivo della composizione acidica della Filippo Ceo è ritenuto essere unicamente la percentuale elevata di acido oleico, che pure è consistente ma uguagliata da Ferragnes, sarebbe più importante far notare il più elevato rapporto fra acidi grassi insaturi totali e saturi totali, per il quale è superiore a tutte le altre. Ove, ovviamente, si ricordino tutte le problematiche salutistiche legate all'assunzione dei grassi saturi.

In merito alla raccolta delle mandorle, è stato valutato che le migliori performance in termini di capacità e di produttività della manodopera è stato ottenuto con il più alto livello di meccanizzazione ovvero con la tecnologia ad ombrello rovescio. Con questa soluzione, infatti, si può ridurre a metà il numero degli operai incrementando al doppio la produttività della manodopera rispetto allo stesso cantiere senza ombrello rovescio. Tuttavia i limiti riscontrati nel sesto d'impianto 5 x 5 con la conseguente crescita delle chiome, limiterebbero l'utilizzo dell'ombrello rovescio a favore di metodi di gestione delle reti di tipo manuale o verso l'utilizzo di scuotitori manuali.

Importanti risultati sono stati ottenuti con il nuovo modello di macchina smallatrice a sezione circolare, soprattutto su mandorle a bassa resistenza meccanica. In questo caso sono state riscontrate differenze significative in termini di mandorle danneggiate e di mandorle con residui di mallo.

Circa l'essiccatore messo a punto oltre a svolgere un'analisi funzionale delle prestazioni meccaniche e termiche della macchina, sono state studiate le curve di essiccazione ottimizzandole per l'essiccazione specifica delle mandorle.

Infine, la macchina polifunzionale messa a punto ha dimostrato di poter svolgere un importante ruolo ottimizzando le fasi di pulizia delle mandorle in post-raccolta ed il carico/scarico delle stesse dall'essiccatore.

L'analisi di sostenibilità ha vagliato i risultati tecnici derivanti dalle sperimentazioni, valutando le performance agronomiche e tecnologiche da un punto di vista ambientale, attraverso la metodologia di analisi del ciclo di vita.

In molti casi tale approccio ha confermato e rafforzato quanto ottenuto con le sperimentazioni (es. maggior produttività = maggior sostenibilità), in altri ha evidenziato criticità ambientali che peggiorano il quadro complessivo delle valutazioni e scoraggiano l'adozione delle innovazioni.

L'analisi del ciclo di vita, inoltre, ha evidenziato come cambiando punto di vista nell'analisi, grazie all'adozione di diverse unità funzionali (ettaro e kg di mandorle con mallo) si possa giungere a risultati anche discordanti.

L'analisi, infatti, ha evidenziato che i benefici ambientali derivanti dall'adozione di pratiche agronomiche meno impattanti (ad esempio grazie al minor impiego di combustibili fossili per ettaro) sono da prendere in considerazione solo laddove si riesca comunque ad ottenere una produttività ad ettaro tale da rendere gli impatti riferiti ad un'unità di prodotto (nel caso di specie 1 kg di mandorle con mallo) inferiori quelli riferiti alla stessa unità di prodotto ottenuta con pratiche agronomiche più impattanti.

Alla stessa maniera con riferimento ai diversi scenari di raccolta, l'analisi ha dimostrato come, da un punto di vista ambientale non sia tanto la produttività oraria in termini assoluti ad essere rilevante, quanto il rapporto tra produttività e impatti relativi alla fase di raccolta. Questo cambio di prospettiva, ha consentito di rilevare risultati molto interessanti come il caso del cantiere di raccolta D che nonostante la sua maggiore produttività (quasi doppia) rispetto al cantiere C, presenta notevoli impatti ambientali dovuti al maggior consumo di combustibili fossili, che in considerazione anche del maggior costo economico rendono meno vantaggiosa l'innovazione.

Dallo studio è emersa chiaramente la risposta alle necessità di aumentare la competitività delle aziende pugliesi attraverso l'investimento in innovazione e soprattutto incrementando il livello di meccanizzazione dell'operazioni. Troppo spesso le aziende mandorlicole, soprattutto di piccole dimensioni, vivono situazioni di sofferenza cronica

incapaci di generare redditività e valore. Dallo studio appare chiaro come per aggiungere valore lungo l'intera filiera mandorlicola necessiti un supporto di professionalità capaci di guardare al futuro del settore con capacità strategiche innovative. Occorre indirizzare le aziende agricole verso scelte capaci di valorizzare le proprie produzioni non solo riducendo i costi attraverso la meccanizzazione spinta e la sostituzione delle cultivar tipiche con varietà più intensive ma più esigenti in termini di input tecnologici.

L'approccio di ciclo di vita adottato in questo studio per valutare la sostenibilità delle innovazioni sperimentate ha avuto lo scopo proprio di spostare l'attenzione dal risultato finale a tutti i processi necessari all'ottenimento di quel risultato. Questo cambio di prospettiva ha evidenziato come in molti casi "ottimizzare" significa "guadagnare", ad esempio riducendo gli sprechi come nel caso delle valutazioni delle innovazioni nel post-raccolta oppure riducendo i trasporti (come evidenziato dall'analisi dei cantieri di raccolta).

In conclusione le innovazioni di processo analizzate hanno evidenziato performance interessanti che potrebbero condurre le imprese del settore verso obiettivi di miglioramento sia interno (ottimizzazione, riduzione costi ecc.) che esterno (maggiore competitività, valorizzazione di specifiche cultivar ecc.) puntando così a restituire valore lungo tutta la filiera mandorlicola dalla produzione del seme in guscio fino all'ottenimento del prodotto sgusciato.

