



Dott. For. Giovanni Alessandri

Relazione Tecnica Finale di Progetto

Forma Organizzata di Rete Evoluta della Castanicoltura,
Attivando Strategie innovative in Toscana

Reg. CE 1305/13

Programma di Sviluppo Rurale della Regione Toscana 2014/2020

Sostegno per l'attuazione dei Piani Strategici e la costituzione e gestione dei Gruppi Operativi (GO) del Partenariato Europeo per
l'Innovazione in materia di produttività e sostenibilità dell'agricoltura (PEI-AGRI)



Forma Organizzata di Rete Evoluta della Castanicoltura,
Attivando Strategie innovative in Toscana

Sottomisura 16.2

“Sostegno a progetti pilota e di cooperazione”

Sottomisura 1.1

“Sostegno alla formazione professionale e azioni di acquisizione di competenze”

Sottomisura 1.2

“Sostegno alle attività di dimostrazione e azioni di informazione”

Sottomisura 1.3

“Sostegno a scambi internazionali di breve durata nel settore agricolo e forestale,
nonché a visite di aziende agricole e forestali”

Il Capofila

Presidente Roberto Ulivieri

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Roberto Ulivieri'.

ASSOCIAZIONE PER LA
VALORIZZAZIONE DELLA
CASTAGNA DEL MONTE AMIATA I.G.P.
Loc. Colonia, 19-59031 Arcidosso (GR)
C.F.: 92043410536-P IVA 01316810538

Il Tecnico

Dott. For. Giovanni Alessandri



Relazione tecnica finale

Premessa

FORECAST, acronimo di Forma Organizzata di Rete Evoluta della Castanicoltura, attivando Strategie Innovative in Toscana, è un Gruppo Operativo (GO FORECAST) che è nato sul Monte Amiata, in Provincia di Grosseto, a seguito di gravi problematiche che stanno interessando da alcuni anni il settore castanicolo. Il GO e il suo Piano Strategico sono stati finanziati attraverso il Reg. CE 1305/13 dal Programma di Sviluppo Rurale della Regione Toscana 2014 - 2020 mediante il bando per il "Sostegno per l'attuazione dei Piani Strategici e la costituzione e gestione dei Gruppi Operativi (GO) del Partenariato Europeo per l'Innovazione in materia di produttività e sostenibilità dell'agricoltura (PEI-AGRI)". Il piano strategico del Gruppo Operativo (PS-GO) è stato attuato mediante l'attivazione e l'attuazione di un pacchetto di sotto misure del PSR comprendente le seguenti: 16.2 "Sostegno a progetti pilota e di cooperazione", 1.1 "Sostegno alla formazione professionale e azioni di acquisizione di competenze", 1.2 "Sostegno alle attività di dimostrazione e azioni di informazione", 1.3 "Sostegno a scambi interaziendali di breve durata nel settore agricolo e forestale, nonché a visite di aziende agricole e forestali". Il Piano Strategico è stato completamente attuato durante i tre anni di progetto (36 mesi), se pur con delle difficoltà incontrate nel susseguirsi dei periodi di restrizione del Covid 19. FORECAST ha previsto una serie di azioni mirate all'innovazione nella castanicoltura da frutto toscana, settore in parte riconducibile all'ortofrutta (frutticoltura a guscio) e in parte a quello forestale. La Tematica di riferimento prevalente del PS-GO è la n. 6 del bando: controllo delle avversità con metodo a basso impatto. Il progetto ha trattato alcune problematiche della filiera castanicola con un approccio scientifico completamente innovativo per il settore d'impiego. In particolare, il progetto è inquadrabile, prioritariamente, nella gestione colturale innovativa del castagneto a seguito dell'intensificarsi di perdite di produzione di castagne, dovute ai cambiamenti climatici e al proliferare di agenti di danno e malattie dei frutti. Successivamente il progetto è, però, intervenuto su tutte le criticità della filiera, ovvero anche nelle fasi di selezione, trattamento, curatura e stoccaggio. Il progetto ha incluso e revisionato, quindi, tutte le attività economiche della filiera castanicola, dal castagneto al confezionamento e commercializzazione del prodotto. Le sperimentazioni compiute hanno il potenziale di contribuire a soluzioni sostenibili per le sfide globali su cibo, salute, energia, ambiente. FORECAST si è articolato in più azioni per realizzare due sotto progetti integrabili fra loro:

1. la gestione del castagneto da frutto attraverso l'introduzione di buone pratiche e di un protocollo di gestione e trattamento dei castagni, sia in termini fitosanitari, sia fenologici, sia di biomassa derivante dai cascami di potatura o da pratiche colturali pre e post raccolta, realizzata con nuove azioni di conduzione e modifica di quelle tradizionali;
2. nuove modalità di lavorazione e trattamento dei frutti (castagne) post raccolta (selezione, curatura, sterilizzazione, conservazione e stoccaggio pre-commercializzazione);
3. progettazione e realizzazione di macchinario prototipo selezionatore per il settore castanicolo, che innova il processo di selezione e scarto del frutto, che attualmente si basa sull'ispezione visiva e la cernita manuale. Il macchinario realizzato, tramite l'integrazione di metodiche di analisi spettrofotometrica nel vicino infrarosso (NIR) per il riconoscimento non distruttivo di danni visibili e occulti del frutto, con un prototipo di impianto selezionatore automatico di castagne, è il primo dedicato esclusivamente alle castagne e che va ad individuare il danno occulto.

Nei due sotto progetti vi sono state tematiche mai affrontate nel territorio di riferimento (Monte Amiata) e in tutta la Regione Toscana e pertanto il progetto può essere considerato pioniere riguardo le finalità preposte in fase iniziale. Nel progetto sono state infine realizzate le azioni formative, divulgative e di visita. Le esperienze di tutti i partner, per le diverse attività di FORECAST, sono state il punto di riferimento per la verifica della bontà del progetto, in quanto ciascun partner ha avuto ruoli ben definiti in base alle fasi così riassunte:

- indagine conoscitiva delle aree castanicole e delle piante di castagno, individuazione delle aree di studio, misurazioni, test di potatura, di fertilizzazione e concimazione, di bio-trattamenti, di irrigazione, delle cure colturali, di raccolta dei frutti e validazione prototipo selezionatore;
- introduzione delle buone pratiche nei castagneti e messa a punto del protocollo di trattamento gestione dei castagni;

Fig. 1 – Prove del progetto FORECAST nel castagneto.



- progettazione, realizzazione e verifica di selezionatore ottico, con validazione funzionale del prototipo realizzato, per la selezione delle castagne buone e scarto di quelle difettate con danno occulto;
- formazione dei castanicoltori circa il nuovo protocollo di gestione;
- informazione e divulgazione dei risultati ottenuti dal progetto FORECAST;
- N. 4 visite didattiche per i castanicoltori, ad esperienze castanicole di rilievo regionali e non.



Fig. 2 – Sito Web: www.goforecast.it

Schema del PS-GO

Durata del Piano Strategico: 32 mesi + 4 mesi di proroga

Tematica di riferimento prevalente: n. 6 - Controllo delle avversità con metodo a basso impatto

Settore/Comparto di riferimento: Frutticoltura (Castagna)

Soggetto Capofila del GO: Associazione per la Valorizzazione della Castagna del Monte Amiata IGP

Indirizzo: Località Colonia n. 19 58031 Arcidosso (Grosseto)

Legale rappresentante: Presidente Roberto Ulivieri

Indirizzo PEC: castagna-amiata@pec.it

Responsabile del Piano Strategico del GO: Dott. For. Giovanni Alessandri

Telefono: 0564/990592

Cell: 333/2901247

Indirizzo mail: giovanni.alessandri@agricis.it

Numero totale di partner: 8

Forma di aggregazione: Accordo di cooperazione

Costo totale approvato: € 361.396,30

Contributo approvato: € 323.528,89

Costo totale effettuato: € 339.441,53

Costo totale ammissibile: € 312.135,27

Contributo richiesto: € 281.736,59



Fig. 3 – Parte del Poster FORECAST.

Partenariato del progetto e ruoli

Capofila:

Soggetto capofila: ASSOCIAZIONE PER LA VALORIZZAZIONE DELLA CASTAGNA DEL MONTE AMIATA I.G.P. - ROBERTO ULIVIERI - SERENELLA MARINI

Associazione per la Valorizzazione della Castagna del Monte Amiata IGP - Località Colonia, 19 58031 Arcidosso (Grosseto) tel. +39 +39 0564 965258 – cellulare +39 339 5734282 e-mail segreteria@castagna-amiata.it - info@castagna-amiata.it web www.castagna-amiata.it

Consulenza:

Coordinatore Tecnico: STUDIO AGRICIS - GIOVANNI ALESSANDRI

Studio Tecnico Associato AGRICIS di Giovanni Alessandri e Samuel Palanghi - Via Cana, 4 - 58044 Sasso d'Ombrone, Cinigiano (GR) - Tel. E Fax +39 0564 990592 cellulare +39 333 2901247 – e-mail info@agricis.it - web www.agricis.it

Imprese agricole (Farms):

Soggetto partner: AZ. AGR. MIRCO FAZZI - MIRCO FAZZI

Azienda Agricola Mirco Fazzi - Via Domenico Santucci, 22 58033 Castel del Piano (Grosseto) - tel. +39 0564 974804 cellulare +39 338 5699894 e-mail: fazzi.mirco1972@gmail.com

Soggetto partener: AZ. AGR. ROBERTO ULIVIERI - ROBERTO ULIVIERI

Azienda Agricola Roberto Ulivieri – Via Guglielmo Marconi, 5 58033 Castel del Piano (Grosseto) - tel. +39 0564 974866 cellulare +39 339 5734282 e-mail Robuli73@tiscali.it - web www.poggiobendico.it

Soggetto partener: AZ. AGR. FRANCESCO MONACI - FRANCESCO MONACI

Azienda Agricola Monaci Francesco – Viale Europa, 1/C 58033 Castel del Piano (Grosseto) cellulare +39 328 9067373 e-mail francesco.mo@virgilio.it

Soggetto partener: PRO.CA.AM. - LORENZO FAZZI

Produttori Castanicoli Amiata Società Cooperativa Agricola – Località Colonia, 19 58031 Arcidosso (Grosseto) tel. +39 +39 0564 965258 – cellulare +39 340 9382037 e-mail procaam.soc.coop@gmail.com

Ricerca:

Soggetto scientifico: UNITUS – DIBAF - PROF. ANDREA VANNINI - PROF RICCARDO MASSANTINI

Dipartimento per la Innovazione nei sistemi Biologici, Agroalimentari e Forestali (DIBAF) - Via San Camillo de Lellis, snc 01100 Viterbo - Tel. +039 0761 3571 - e-mail dibaf@unitus.it - vannini@unitus.it - massanti@unitus.it - mastrigi@hotmail.com - rmoscetti@unitus.it PEC: dibaf@pec.unitus.it C.F. 80029030568 P.IVA 00575560560 - web www.unitus.it/it/dipartimento/dibaf

Altri

Soggetto partener: CERTEMA S.C.A.R.L. - STEFANO PETRELLA

Certema S.c.a.r.l. - S.P. del cipressino Km 10.800 58044 Borgo Santa Rita, Cinigiano (GR) Tel. +39 0564 385822 -cell. +39 349 1832927 e-mail s.petrella@laboratoriotecnologicogrosseto.it - web www.certema.it

Formazione:

Soggetto partener: CIPA – AT GROSSETO - FABIO ROSSO

Centro di Istruzione Professionale Agricola e Ass. Tecnica GR (CIPA - AT Grosseto) - Via Monterosa, 182 58100 Grosseto - Tel. +39 0564 452398 - +39 0564 450662 e-mail info@qmtt.net

Associazione per la Valorizzazione della Castagna del Monte Amiata IGP

L'Associazione nasce ad Arcidosso il 16 febbraio 2000 per volontà di un gruppo di castanicoltori e con il supporto strategico degli enti territoriali locali (comunità montane e comuni) al fine di ottenere la certificazione IGP. I soci fondatori sono 43, di cui, 8 enti pubblici e 35 privati fra castanicoltori e commercianti. Attualmente sono iscritti 315 soci (anno 2019) tra castanicoltori, enti pubblici, ristoratori ed operatori turistici. All'associazione è stata affidata la gestione del marchio IGP cui sono iscritti 64 soggetti (anno 2019) fra produttori e confezionatori, e svolge funzioni di tutela del marchio. L'Associazione può essere considerata una forma giuridica stabile di produttori associati, costituita nel rispetto della normativa nazionale, rappresentativa di un prodotto registrato ai sensi del Regolamento (UE) n. 1151/2012, che riunisce la maggioranza degli operatori della stessa denominazione registrata. Sin dalla sua nascita si occupa di tutte le problematiche che affliggono il settore castanicolo, da quelle fitosanitarie a quelle economiche e commerciali. L'associazione per la Valorizzazione della Castagna del Monte Amiata IGP opera in dodici comuni nei due versanti del cono vulcanico del Monte Amiata, nelle Province di Grosseto e Siena e costantemente interviene con azioni mirate alla valorizzazione del territorio, organizzando manifestazioni ed eventi dedicate alla castagna, sia dal punto di vista gastronomico che culturale. La finalità principale dell'associazione è la valorizzazione e la tutela della Castagna del Monte Amiata IGP e del territorio castanicolo. L'associazione in particolare:

- punta all'innovazione e al miglioramento delle condizioni di produzione;
- fornisce informazioni tecniche alle aziende associate;
- promuove attività culturali e scientifiche legate al patrimonio castanicolo;
- organizza corsi di formazione tecnico-castanicola rivolta in particolare ai giovani;
- promuove i prodotti del castagno (castagna, i suoi derivati e trasformati, legno, miele ecc.);
- vigila sull'applicazione della certificazione IGP;
- gestisce la Strada della Castagna del Monte Amiata IGP (11 itinerari);
- diffonde la castanicoltura e le attività culturali a essa collegate attraverso specifici programmi didattici - anche in collaborazione con le scuole, altre associazioni ed enti pubblici;
- conserva e diffonde le varietà locali, da frutto e da farina, attraverso l'individuazione e la selezione di piante madri;
- monitora e salvaguarda il castagno da malattie e fitopatologie, attraverso specifici programmi di lotta biologica e integrata;
- individua le migliori tecniche per la conservazione, lavorazione e commercializzazione del prodotto non solo fresco, ma anche trasformato;
- collabora con le aziende locali per progetti d'innovazione e diversificazione (realizzazione di linee di trasformazione, birra di castagne, saponi, cippato da biomasse castanicole ecc.);
- aderisce a progetti di cooperazione nazionale e internazionale;
- partecipa a rassegne, saloni e fiere di settore e manifestazioni legate al castagno;
- è presente a programmi radiofonici, televisivi e su web, a livello locale e nazionale;
- collabora con scuole e istituti d'istruzione secondaria per la formazione di studenti sulla coltura e cultura del castagno;
- appoggia, sostiene e partecipa a progetti innovativi con i principali istituti di ricerca regionali e nazionali.



Fig. 4 - Il Partenariato agricolo di FORECAST.

Svolge anche un'importante azione a livello regionale e nazionale, partecipando al Tavolo Castanicolo Regionale presso la Regione Toscana e al Tavolo Nazionale sulla Frutta a Guscio, Sezione Castagne, al Ministero delle Politiche Agricole Alimentari e Forestali. Insieme alla Regione Toscana si occupa da alcuni anni della lotta biologica contro il Cinipide galligeno del castagno, lavorando e promuovendo i lanci per la diffusione degli antagonisti parassiti del medesimo e più precisamente del *Torymus sinensis*. Partecipa a progetti di varia natura mirati allo sviluppo del settore castanicolo e fa parte del Consiglio dell'Associazione Nazionale Città del Castagno e della Rete Europea del Castagno (Castanea, *European Chestnut Network*), dove detiene la presidenza. L'associazione ha ricoperto il ruolo di capofila nel Progetto Integrato di Filiera del Piano di Sviluppo Rurale 2007-2013, denominato "VACASTO" ed è stata capofila del PIF "VACASTO PLUS" inserito nel PSR 2014-2020 della Regione Toscana, appena conclusosi. L'associazione ha sostenuto, se pur indirettamente, a quattro progetti d'innovazione sulla castanicoltura toscana e in particolare attivati sulla Misura 124 del Piano di Sviluppo Rurale 2007-2013: LIDACIPO, RICAPI, RAFFICA, BIOCASPO. Ha promosso il progetto della sottomisura 16.2 del PIF VACASTO PLUS denominato OPEN RICCIO e ha fatto da capofila a un progetto regionale per poter accedere al sostegno sottomisura 16.1 del PSR 2014-2020 per l'impostazione dei Gruppi Operativi del PEI per la produttività e sostenibilità in agricoltura (fase di *setting up*) con la proposta progettuale finalizzata alla predisposizione di un piano strategico dal titolo: IMPATTI, MITIGAZIONI POSSIBILI, ADATTAMENTI della CASTANICOLTURA TOSCANA FEDERATA e ORGANIZZATA in RETE EVOLUTA ai CAMBIAMENTI climatici, e ADOZIONE di STRATEGIE TERRITORIALI (IMPACT FORECAST). La proposta di GO è arrivata 41 su 121 progetti ammessi, ma non finanziati per carenza di risorse. E', partner capofila del progetto FORECAST (Forma Organizzata di Rete Evoluta della Castanicoltura attivando strategie innovative in Toscana) finanziato con il bando PS-GO della Regione Toscana per la lotta al marciume grigio delle castagne e alle diverse attività patologiche derivanti dai cambiamenti climatici. Con questo progetto è stato promosso lo studio e l'introduzione delle "buone pratiche" per la gestione del frutto in tutte le sue fasi, dalla raccolta, alla conservazione e stoccaggio pre-commercializzazione e l'innovazione del processo di selezione e scarto del frutto.

- Alessandri G., Fazzi L., Giubbilei F., Perugini F., 2015 – PIF VACASTO. Innovazione nella castanicoltura toscana. Sherwood 215, pp. 15-17.

L'Associazione per la Valorizzazione della Castagna del Monte Amiata IGP ha sede legale ed operativa ad Arcidosso (GR) Località Colonia n. 19 Cap 58031. L'Associazione ha una dipendente impiegata a tempo indeterminato, la Signora Serenella Marini e attiva collaborazioni tecniche e scientifiche di vario tipo. Il Codice Fiscale dell'associazione è 92043410536, mentre la Partita IVA è 01316810538 Il Sig. Roberto Ulivieri, nato a Castel del Piano (GR) il 10/09/1973 e residente in Via Guglielmo Marconi n. 5 Cap 58033 Castel del Piano (GR) con C.F. LVRRRT73P10C085W è il Presidente e Legale Rappresentante dell'Associazione per la Valorizzazione della Castagna del Monte Amiata IGP con il numero di C.F. 92043410536 e di Partita IVA 01316810538. L'Associazione per la Valorizzazione della Castagna del Monte Amiata IGP ha Codice Fiscale 92043410536 e Partita IVA 01316810538. Ha presentato in data 30/01/2019 una domanda di finanziamento ai sensi del Reg. CE 1305/2013 PSR 2014-2020 - PS-GO 2017 - Misura 1.2 "Sostegno ad attività dimostrative e azioni di informazione" tramite domanda n. 2016PSRINVD0000092043410536053001010B, CUP ARTEA 833952 CUP Cipe: D46G20000050009. In data 28/04/2020 è stato sottoscritto il contratto per l'assegnazione del contributo di € 25.000,00. E', stato presentato in data 27.12.2021 uno Stato di Avanzamento Lavori per richiedere un anticipo sul contributo senza accompagnamento di garanzia fideiussoria così come previsto al punto 1 lettera b) della DGR del 30/03/2020. Il ruolo dell'Associazione è stato quello di Capofila operativo del progetto, ma anche di partner della divulgazione (sottomisura 1.2) e organizzatore delle viste didattiche (sottomisura 1.3).

Associazione per la Valorizzazione della Castagna del Monte Amiata IGP

Sede legale e amministrativa: Località Colonia n. 19 Cap 58031 Arcidosso (GR)

Tel. 0564/965258 - e-mail: segreteria@castagna-amiata.it - info@castagna-amiata.it

Azienda Agricola Fazzi Mirco

L'Azienda Agricola è condotta da Mirco Fazzi, imprenditore agricolo professionale (IAP). Ha sede nel Comune di Castel del Piano, in Provincia di Grosseto in Località Bimboli. L'azienda aderisce all'Associazione per la Valorizzazione della Castagna del Monte Amiata IGP e produce castagne certificate; è di medie dimensioni a carattere castanicolo, con una superficie complessiva di circa Ha 19 in proprietà e in affitto, quasi interamente coltivata a castagneto da frutto. Vi sono circa 15 ettari di castagneto da frutto coltivati, 3,5 ettari di bosco ceduo e 0,5 ettari di oliveto. Mirco Fazzi esercita attività, conto terzi, di potatore, con attestazione di tree climber e opera anche nel campo selvicolturale esercitando attività di ditta boschiva. L'azienda ha partecipato come capofila a un progetto di innovazione, attivato con la misura 124 del PSR 2007-2013, dove si è sperimentata la cooperazione per l'innovazione della meccanizzazione castanicola con il progetto BIOCASPO. Mirco Fazzi sta facendo negli anni degli investimenti nel settore castanicolo, per il recupero di importanti superfici di castagno; attraverso il PIF VACASTO PLUS, ha realizzato investimenti importanti per la conduzione dei castagneti e ha partecipato al progetto di innovazione denominato OPEN RICCIO a valere sulla sottomisura 16.2 del PSR dove si sono sperimentate mappature castanicole multipiano da satellite,

Fig. 5 - Fazzi Mirco.



aero e drone. E' attualmente impegnato nel progetto di innovazione finanziato dal GAL FAR Maremma, LIVE CAST 2 per la realizzazione di impianti sperimentali modello di castagneto da conversione di ceduo castanile. Da molti anni l'azienda lavora nel settore agro-selvicolturale, con una particolare attenzione alle cure colturali del castagno e più precisamente alle potature. Opera direttamente nella gestione dei boschi aziendali e in particolare dei castagneti da frutto. E', interessato, a un nuovo orientamento produttivo dell'azienda, mirato nella valorizzazione dei sottoprodotti del bosco, anche come attività di diversificazione turistica. Oltre alla raccolta delle castagne e alla loro trasformazione in farina, vede con particolare interesse, la produzione di cippato proveniente da biomassa castanicola. Il Sig. Fazzi Mirco, nato a Castel del Piano il 06.01.1972 e residente in Via Domenico Santucci n. 22, 58033 a Castel del Piano (GR) con il numero di C.F. FZZMRC72A06C085M e di Partita IVA 01021910532, ha presentato in data 30/01/2019 una domanda di finanziamento numero [2016PSRINVDFFZZMRC72A06C085M053004010D](#), ai sensi del Reg. CE 1305/13 - Programma di Sviluppo Rurale della Regione Toscana 2014/2020 Partenariato Europeo per l'Innovazione in materia di produttività e sostenibilità dell'agricoltura (PEI-AGRI) - Sostegno per l'attuazione dei Piani Strategici e la costituzione e gestione dei Gruppi Operativi (GO) - Sottomisura 16.2 "Sostegno a Progetti pilota e di cooperazione" - CUP ARTEA: 835599 - CUP Cipe: D78H19000500007 - Progetto "FORECAST" (Forma Organizzata di Rete Evoluta della Castanicoltura, attivando Strategie Innovative in Toscana). In data 23/08/2019 è stato sottoscritto il contratto per l'assegnazione del contributo di € 20.800,00 a fronte di un investimento di € 18.720,00. E', stata presentata una richiesta di proroga, di quattro mesi, il 03.11.2021, portando la scadenza al 26 aprile 2022. E', stato richiesto un anticipo del contributo il 29.11.2019 e pagato il 28.04.2020. Le azioni previste dal progetto sono state tutte realizzate. Mirco Fazzi è stato partner operativo in FORECAST, ovvero ha condotto nei propri castagneti numerosi test e prove relative alle cure colturali ed ha partecipato ai test legati al prototipo selezionatore.

Azienda Agricola Fazzi Mirco

Sede legale e amministrativa: Via D. Santucci 22 58033 Castel del Piano (GR)

Tel. 338/5699894 e-mail: fazzi.mirco1972@gmail.com

Azienda Agricola Roberto Ulivieri

L'Azienda Agricola di Roberto Ulivieri è ubicata a Poggio Bendico, nella zona montana del Comune di Castel del Piano in Provincia di Grosseto, ha una superficie complessiva di Ha 13.35.66 ed è per una piccola parte in proprietà (Ha 0.74.50) e per la restante in affitto (Ha 12.61.16). E', condotta da Roberto Ulivieri che è un imprenditore agricolo a titolo principale (IAP). L'azienda ha un indirizzo castanicolo – boschivo. Dal punto di vista colturale, l'azienda ha: bosco (Ha 9.00.00), castagneto da frutto (Ha 2.47.60), oliveto (0.19.50), orto (0.10.00) e tare (1.58.66). Da qualche anno si dedica anche al settore apistico. L'azienda è iscritta all'Associazione per la Valorizzazione della Castagna del Monte Amiata IGP ed ha i castagneti sottoposti a certificazione. Roberto Ulivieri è un potatore di castagni per conto terzi, ed ha una certificazione come tree climber. L'azienda di Roberto Ulivieri lavora nel settore agro-selvicolturale da molti anni, con specifica attenzione alla castanicoltura ed in particolare alle tecniche colturali del castagno. Opera direttamente nella gestione dei boschi e castagneti aziendali. Il conduttore ha seguito uno specifico corso ottenendo l'abilitazione e la certificazione come operatore potatore. L'azienda è stata capofila di un progetto d'innovazione sulle potature verdi del castagno per la riduzione dei danni da Cinipide Galligeno. Il progetto denominato LIDACIPO è stato finanziato nell'ambito dei fondi LEADER Asse IV del PSR 2007-2013 con bando del GAL FAR Maremma. Nell'attuale programmazione l'azienda ha sostenuto degli investimenti all'interno del PIF VACASTO + e ha partecipato nella sottomisura 16.2 dell'innovazione nel progetto OPEN RICCIO. Ha partecipato anche ai progetti d'innovazione BIOCASPO (PIF VACASTO PLUS) e RICAPI (Leader Siena). È, attualmente impegnato nel progetto di innovazione finanziato dal GAL FAR Maremma, LIVE CAST 2 per la realizzazione di nuovi impianti sperimentali modello di castagneto da frutto. È presidente dell'Associazione per la Valorizzazione della Castagna del Monte Amiata IGP. Il Sig. Ulivieri Roberto, nato a Castel del Piano (GR) il 10/09/1973 e residente in Via Guglielmo Marconi n. 5 a Castel del Piano (GR) con il numero di C.F. LVRRRT73P10C085W e di Partita IVA 01241340536, ha presentato in data 30/01/2019 una domanda di finanziamento n. 2016PSRINVDLVRRT73P10C085W053004010A, ai sensi del Reg. CE 1305/13 - Programma di Sviluppo Rurale della Regione Toscana 2014/2020 Partenariato Europeo per l'Innovazione in materia di produttività e sostenibilità dell'agricoltura (PEI-AGRI) - Sostegno per l'attuazione dei Piani Strategici e la costituzione e gestione dei Gruppi Operativi (GO) - Sottomisura 16.2 "Sostegno a Progetti pilota e di cooperazione" - CUP ARTEA: 833436 - CUP Cipe: D78H19000480007 - Progetto "FORECAST" (Forma Organizzata di Rete Evoluta della Castanicoltura, attivando Strategie Innovative in Toscana). In data 23/08/2019 è stato sottoscritto il contratto per l'assegnazione del contributo di € 20.800,00 a fronte di un investimento di € 18.720,00. E', stata presentata una richiesta di proroga, di quattro mesi, il 10.11.2021, portando la scadenza al 26 aprile 2022. Non è stato richiesto un anticipo del contributo. Le azioni previste dal progetto sono state tutte realizzate.

Fig. 6 - Roberto Ulivieri.



Roberto Ulivieri è stato partner operativo in FORECAST, ovvero ha condotto nei propri castagneti numerosi test e prove relative alle cure colturali ed ha partecipato ai test legati al prototipo selezionatore.

Azienda Agricola Ulivieri Roberto

Sede legale e amministrativa: Via G. Marconi, 5 - 58033 Castel del Piano (GR) Tel. 339/5734282 – e-mail: robuli73@tiscali.it

Azienda Agricola Monaci Francesco

L'azienda agricola Monaci Francesco ubicata nei comuni di Castel del Piano e Seggiano, si estende sulle propaggini collinari occidentali del Monte Amiata in Provincia di Grosseto. L'azienda di nuova formazione in seguito ad un "insediamento giovani" finanziato con il PSR della Regione Toscana 2014-2020, ha un indirizzo produttivo essenzialmente castanicolo ed olivicolo. L'azienda ha anche un piccolo allevamento di razze da salvaguardare (Asino Sorcino Amiantino, Cavallo Monterufolino e Pecora dell'Amiata). Francesco Monaci è un Dottore Forestale con qualifica di IAP che conduce l'azienda mediante contratti di affitto. L'azienda ha a disposizione una struttura magazzino per lo stoccaggio delle materie prime. Ha circa 6 ettari di castagneto da frutto con le principali varietà IGP dell'Amiata in conduzione e con la partecipazione al GO vuole impegnarsi, assieme agli altri castanicoltori a combattere le diverse avversità che negli ultimi anni hanno colpito i castagni e il frutto. Con questo progetto, è emersa la possibilità di proporsi come azienda sperimentale per innovare i sistemi di prevenzione nei castagneti e di selezione e trattamento dei frutti per una loro migliore conservazione e valorizzazione. E', partner del progetto CHEBAPACK, per la sperimentazione di nuove tipologie di packaging per la vendita delle castagne a partire dai prodotti di scarto come i ricci di castagne. E' iscritto all'Associazione per la Valorizzazione della Castagna del Monte Amiata IGP. Il Sig. Monaci Francesco, nato a Grosseto il giorno 11/11/1983 e residente in Piazzale Europa, 1/C a Castel del Piano (GR) con il numero di C.F. MNCFNC83S1E2021 e di Partita IVA 01579930536, è il titolare conduttore dell'omonima azienda. Ha presentato in data 23/01/2019 una domanda di finanziamento n. 2016PSRINVDMNCFNC83S11E20210530250104, ai sensi del Reg. CE 1305/13 - Programma di Sviluppo Rurale della Regione Toscana 2014/2020 Partenariato Europeo per l'Innovazione in materia di produttività e sostenibilità dell'agricoltura (PEI-AGRI) - Sostegno per l'attuazione dei Piani Strategici e la costituzione e gestione dei Gruppi Operativi (GO) - Sottomisura 16.2 "Sostegno a Progetti pilota e di cooperazione" - CUP ARTEA: 833785 - CUP Cipe: D18H19000390007 - Progetto "FORECAST" (Forma Organizzata di Rete Evoluta della Castanicoltura, attivando Strategie Innovative in Toscana). In data 26/08/2019 è stato sottoscritto il contratto per l'assegnazione del contributo di € 18.720,00 a fronte di un investimento di € 20.300,00. E', stata presentata una richiesta di proroga, di quattro mesi, il 22.11.2021, portando la scadenza al 26 aprile 2022. E, infine, stato richiesto un anticipo del contributo il 28.01.2020 e pagato il 20.07.2020. Le azioni previste dal progetto sono state tutte realizzate. Francesco Monaci è stato partner operativo in FORECAST, ovvero ha condotto nei propri castagneti numerosi test e prove relative alle cure colturali ed ha partecipato ai test legati al prototipo selezionatore.



Fig. 7 - Francesco Monaci e Romina Caccia.

Azienda Agricola Monaci Francesco

Sede legale e amministrativa: Piazzale Europa, 1/C - 58033 Castel del Piano (GR) Tel. 328/9067373 – e-mail: francesco.mo@virgilio.it

Produttori Castanicoli Amiata Società Cooperativa (PROCAAM)

La PROCAAM nasce ad Arcidosso (GR) nell'aprile 2016, in seno all'Associazione per la Valorizzazione della Castagna del Monte Amiata IGP. La Cooperativa è costituita da 12 aziende castanicole di medie e grandi dimensioni che lavorano e commercializzano la Castagna del Monte Amiata IGP, fresca, con l'obiettivo anche della trasformazione in loco. Si propone il miglioramento economico dei propri soci, promuovendo iniziative per l'incremento qualitativo della produzione castanicola, nonché dei prodotti del sottobosco e provvedendo alla lavorazione, trasformazione e commercializzazione in comune del prodotto. La PROCAAM intende tutelare il consumatore dalla confusione sui mercati fra la castagna amiatina e altre tipologie di prodotto, provenienti dall'estero con castanicoltori molto attivi nel settore, con un'esperienza pluriennale; ha iniziato da alcuni anni la lavorazione, il confezionamento e il primo conferimento del prodotto. Purtroppo, i cambiamenti climatici e il Cinipide galligeno hanno ridotto la produzione del frutto negli ultimi anni e soprattutto l'insorgere del marciume nelle castagne raccolte, ha determinato gravi problematiche. Risolvere le difficoltà causate dalle malattie, dagli agenti di danno e dai parassiti del castagneto e del frutto, sono la premessa fondamentale per commercializzare la Castagna dell'Amiata IGP. La PROCAAM ha dato vita a una commercializzazione più strutturata e



Fig. 8 - Giordano Martellini della PROCAAM.

intende dare certezza assoluta ai consumatori sul prodotto, in termini sia di salubrità, sia di provenienza. Il Sig. Lorenzo Fazzi, nato a Cinigiano (GR) il giorno 23/03/1955 e residente in Via Degli Abeti n. 1 Monticello Amiata - Cinigiano (GR) con C.F. FZZLNZ55C23C705Z è il Presidente e legale rappresentante della PRO.CA.AM. Produttori Castanicoli Amiata Società Cooperativa che ha sede legale ed operativa ad Arcidosso (GR) in Località Colonia n. 19 Cap 58031 e Codice Fiscale e Partita IVA 01593760539. Ha presentato in data 30/01/2019 una domanda di finanziamento numero 2016PSRINVD00000015937605390530010102, ai sensi del Reg. CE 1305/13 - Programma di Sviluppo Rurale della Regione Toscana 2014/2020 Partenariato Europeo per l'Innovazione in materia di produttività e sostenibilità dell'agricoltura (PEI-AGRI) - Sostegno per l'attuazione dei Piani Strategici e la costituzione e gestione dei Gruppi Operativi (GO) - Sottomisura 16.2 "Sostegno a Progetti pilota e di cooperazione" - CUP ARTEA: 833912 - CUP Cipe: D48H19000450007 - Progetto "FORECAST" (Forma Organizzata di Rete Evoluta della Castanicoltura, attivando Strategie Innovative in Toscana). In data 20/08/2019 è stato sottoscritto il contratto per l'assegnazione del contributo di € 20.970,00 a fronte di un investimento di € 23.300,00. E', stata presentata una richiesta di proroga, di quattro mesi, il 10.11.2021, portando la scadenza al 26 aprile 2022. E', stato richiesto un anticipo del contributo il 13.11.2019 e pagato il 03.04.2020. Le azioni previste dal progetto sono state parzialmente realizzate. La PROCAAM è stato partner operativo in FORECAST, ovvero ha condotto nei propri castagneti numerosi test e prove relative alle cure colturali ed ha partecipato ai test legati al prototipo selezionatore. La Cooperativa ospita il prototipo realizzato.

Produttori Castanicoli Amiata Società Cooperativa (PROCAAM)
 Sede legale e amministrativa: Località Colonia n. 19 Cap 58031 Arcidosso (GR) Tel. 0564/965258 -340/9382037 – e-mail: procaam.soc.coop@gmail.com

CERTEMA S.c.a.r.l.

Strutturato su cinque aree tecnologiche, con più di 1.500 m2 di laboratori e 500 m2 di uffici e sale riunioni/formazione, Certema nasce nel febbraio del 2016, con sede in Borgo Santa Rita - Cinigiano (GR) e fornisce alle aziende servizi innovativi e tecnologie avanzate in un ampio



Fig. 9 - Ing. Stefano Petrella di CERTEMA.

range di ambiti industriali: 1) Analisi Ambientale e di Processo e Qualità dell'area, 2) Microscopia a scansione ad Alta/Ultra risoluzione, 3) Prototipazione Optoelettronica & HMI, 4) Costruzioni Meccaniche, 5) Tecnologia Meccanica Avanzata). Il Laboratorio è gestito da un consorzio composto da partner industriali caratterizzati, oltre che da una forte competenza tecnica ed una vasta esperienza industriale in ciascuna delle aree tecnologiche presenti, da una complementarità dei settori di applicazione, che includono, tra gli altri, l'IT, la realizzazione di software, l'automazione, l'elettronica, la carpenteria metallica, la meccanica di precisione, permettendo al Laboratorio Tecnologico di coprire ogni ambito realizzativo. Certema è in grado di supportare tecnicamente ogni tipo d'iniziativa di business in tutte le sue fasi, dallo studio di fattibilità, alla progettazione, alla realizzazione del prototipo, alla validazione, all'industrializzazione fino

alla realizzazione di pre-serie. La propensione allo sviluppo e all'introduzione di processi innovati ha portato il Certema a partecipare a progetti d'innovazione sia come partner sia come fornitore, oltre che a supportare, come riferimento tecnologico, importanti iniziative in ambito agroalimentare. Fra le partecipazioni più significative: (a) Promozione e Ricerca del Distretto Rurale della Toscana del Sud; (b) EIT Raw Material: Certema è task partner per le formulazioni di leghe di acciaio da utilizzare sulle tecnologie di Additive Manufacturing a letto di polveri; (c) Progetto LDO-SMART, per la realizzazione di strumentazione satellitare con tecnologia di Additive Manufacturing a letto di polveri; (d) PRIN: SPARCO, per il monitoraggio on-line dell'inquinamento e lo sviluppo di una stazione low-cost per applicazioni indoor e outdoor; (e) PIF ORGANIC WINE, per limitare l'apporto di prodotti rameici in vigna e di anidride solforosa nel vino; (f) PIF FOGLIE, Sott. 16.2 RICACCI, per la realizzazione di un prototipo forno mobile per carbonizzazione (g) PEFC; - POR CreO: DANTE: prove di caratterizzazione morfoscopica di materiali mediante utilizzo del FE-SEM, prove di caratterizzazione di fibre e di micro e nano particelle, prove di taglio di tessuti compositi. Certema, inoltre, è sede di tesi di laurea sull'ottimizzazione topologica in campo energetico e biomedicale, realizza pubblicazioni scientifiche sulle riviste Materials, Materials & Design, Scientific Reports e Tectonophysics e ha realizzato uno speech: NANOINNOVATION 2017 - Multimodal Micro - scopy Microscopy methods for Material Science. È sostenitore dei seguenti progetti formativi: "Progetto Alternanza Scuola-Lavoro", "Grafico Multimediale", "MeKit", "Atelier Creativi". Certema è iscritta all'anagrafe nazionale della ricerca (ANR – Cod. 623121KL) e al registro nazionale dell'alternanza scuola-lavoro, è centro di riferimento ZEISS per la microscopia elettronica e la microanalisi, collabora con l'Università di Firenze (Dipartimento di Ingegneria Industriale), l'Università di Roma 3 (Dipartimento di Scienze della Terra e Dipartimento di Ingegneria), il CERM (Centro di Risonanza Magnetica dell'Università di Firenze) ed è socio partecipante di ITS PRIME (Istituto Tecnico Superiore di Meccanica per l'alta formazione). Il Sig. Tosti Fosco, nato a Castel del Piano (GR) il 28/09/1951 e residente in Castel del Piano Via

Fratelli Rosselli 11/A è il legale rappresentante di Certema S.C.A.R.L. con sede legale in Strada Provinciale Cipressino Km 10, 58044, Cinigiano (GR) e Codice Fiscale e Partita IVA 01555190535. Ha presentato una domanda di finanziamento numero 2016PSRINVD0155519053500000530070102, CUP ARTEA n. 835468, in data 29/01/2019, ai sensi del Reg. CE 1305/13 - Programma di Sviluppo Rurale della Regione Toscana 2014/2020 Partenariato Europeo per l'Innovazione in materia di produttività e sostenibilità dell'agricoltura (PEI-AGRI) - Sostegno per l'attuazione dei Piani Strategici e la costituzione e gestione dei Gruppi Operativi (GO) - Sottomisura 16.2 "Sostegno a Progetti pilota e di cooperazione" - CUP ARTEA: 835468 - CUP Cipe: D18H19000400007 - Progetto "FORECAST" (Forma Organizzata di Rete Evoluta della Castanicoltura, attivando Strategie Innovative in Toscana). In data 05/09/2019 è stato sottoscritto il contratto per l'assegnazione del contributo di € 80.100,00 a fronte di un investimento di € 89.000,00. E', stata presentata una richiesta di proroga, di quattro mesi, il 10.11.2021, portando la scadenza al 26 aprile 2022. Le azioni previste dal progetto sono state realizzate. CERTEMA è stato il partner che si è occupato della costruzione del prototipo selezionatore, sotto i dettami del centro di ricerca.

CERTEMA S.c.a.r.l.

Sede legale e amministrativa: Borgo Santa Rita – Cinigiano (GR)

Tel. 0564/385822 349/1832927 - e-mail: s.petrella@laboratoriotecnologicogrosseto.it

Università degli Studi della Tuscia - Viterbo - Dipartimento per l'Innovazione nei sistemi Biologici, Agroalimentari e Forestali (DIBAF)

DIBAF è un laboratorio di ricerca e di didattica multidisciplinare per l'innovazione scientifica e tecnologica dei processi di valorizzazione, salva- guardia e gestione dei sistemi biologici, della trasformazione e sicurezza agroalimentare, della salute umana e della chimica per l'ambiente e del territorio in generale, con peculiare attenzione alla sostenibilità ambientale, per i quali è coinvolto in numerosi progetti di ricerca e sviluppo internazionali e nazionali. È titolare di numerosi brevetti di processo e di prodotto relativi ad aspetti concernenti l'innovazione in filiere produttive agroalimentari. All'interno del DIBAF, il gruppo di Protezione delle Piante e Tecnologie Agroalimentari collabora da anni in progetti Europei, nazionali e regionali (anche PSR) di ricerca e trasferimento di innovazioni e tecnologie in ambito castanicolo, finanziati da Comunità Europea EC-EVK2-CT1999-00065 1 CASCADE; MIUR PRIN 2003 e 2006; Regione Lazio PRAL 2002/28, ARSIAL 2008 e 2015; Regione Marche ASSAM 2003 e 2004; Parco Gran Sasso Monte della Laga 2007 e 2008; GAL Etrusco Cimino MISURA 4.1.1.124 2013; PSR Lazio 2007/2013- Misura 124. Il DIBAF ha partecipato alle misure 16.2 del PSR 2014-2020 della Regione Toscana (annualità 2015) 'Indirizzi di Sanità, Sostenibilità ed Eccellenza della olivicoltura Mediterranea (SEMIA)' (PIF Ottimizzazione ed Innovazione della filiera olivicola ed accrescimento della qualità dell'olio toscano) e "Sostenibilità di processo per la Salubrità del vino (vino senza solfiti aggiunti) mediante l'integrazione dell'Internet of Things (IoT) alla viticoltura ed enologia di precisione (SOSWine)" (PIF Innovazione, valorizzazione e ottimizzazione della filiera vitivinicola dell'area sud della provincia di Grosseto). Il Prof. Stefano Ubertini, nato a Perugia (PG) il 09/07/1974 e residente in Via Ruggero Torelli n. 74, 06125 Perugia (PG) è il Rettore e legale rappresentante del Dipartimento di Scienze Agrarie e Forestali (DAFNE) – Università degli Studi della Tuscia (UNITUS) con sede legale in S.S. in Gradi n. 4, 01100 Viterbo (VT); ha presentato in data 23/01/2019 una domanda di finanziamento numero 2016PSRINVD0000080029030568056059010J ai sensi del Reg. CE 1305/13 - Programma di Sviluppo Rurale della Regione Toscana 2014/2020 Partenariato Europeo per l'Innovazione in materia di produttività e sostenibilità dell'agricoltura (PEI-AGRI) - Sostegno per l'attuazione dei Piani Strategici e la costituzione e gestione dei Gruppi Operativi (GO) - Sottomisura 16.2 "Sostegno a Progetti pilota e di cooperazione" - CUP ARTEA: 832446 - CUP Cipe: J84I19001790002 - Progetto "FORECAST" (Forma Organizzata di Rete Evoluta della Castanicoltura, attivando Strategie Innovative in Toscana). In data 07/08/2019 è stato sottoscritto il contratto per l'assegnazione del contributo di € 80.431,65 a fronte di un investimento di € 89.368,50. E', stata presentata una richiesta di proroga, di quattro mesi, il 22.11.2021, portando la scadenza al 26 aprile 2022. E', stato richiesto un anticipo del contributo il 24.06.2020 e pagato il 16.12.2020. Le azioni previste dal progetto sono state realizzate. UNITUS - DIBAF è il partner della ricerca che ha coordinato scientificamente le diverse sperimentazioni del progetto FORECAST.

Fig. 10 - Prof. Andrea Vannini e Dott. Gianfranco Mastri della UNITUS - DIBAF.



Università degli Studi della Tuscia - Viterbo - Dipartimento per l'Innovazione nei sistemi Biologici, Agroalimentari e Forestali (DIBAF)

Sede legale e amministrativa: Via San Camillo de Lellis snc 01100 Viterbo

Tel. 0761/3574449 - e-mail: vannini@unitus.it

Il CIPA-AT Grosseto è lo strumento per la formazione professionale agricola ed assistenza tecnica della Confederazione italiana agricoltori (CIA) Grosseto. Il CIPA-AT opera per il progresso di tutti i cittadini, in particolare è sensibile al miglioramento tecnico-economico delle campagne, alla formazione professionale dei produttori agricoli e di tutti i partecipanti all'impresa familiare e dei lavoratori del mondo rurale. A questo scopo svolge attività riguardanti in particolare l'orientamento, la formazione professionale in agricoltura, l'organizzazione tecnica, economica e gestionale dell'impresa agricola, l'informazione socioeconomica, la divulgazione, la ricerca e sperimentazione agraria, anche in

relazione alle normative e direttive comunitarie, nazionali e regionali. Elabora studi e ricerche di vario genere, promuove, organizza e coordina le attività dei centri regionali e di altri organismi, enti e associazioni, che aderiscono al CIPA-AT, istituisce e svolge corsi e seminari o ne promuove e coordina l'istituzione. Dal periodo d'istituzione ha realizzato circa 100 corsi e ha formato oltre 1700 persone. E', Agenzia Formativa accreditata dalla Regione Toscana con codici (GR0316), è certificata UNI ISO 9001 ed ha in corso la certificazione UNI ISO 29990. Il Sig. Angelo Siveri nato a Grosseto il 27/12/1955 residente in Via Adda, 87 è il legale rappresentante di CIPA - AT GROSSETO con sede legale in Via Monterosa 178, 58100 Grosseto (GR) e Codice Fiscale e Partita IVA 01237620537. Ha presentato in data 30/01/2019 una domanda di finanziamento numero 2016PSRINVD00000015937605390530010102, ai sensi del Reg. CE 1305/13 - Programma di Sviluppo Rurale della Regione Toscana 2014/2020 Partenariato Europeo per l'Innovazione in materia di produttività e sostenibilità dell'agricoltura (PEI-AGRI) - Sostegno per l'attuazione dei Piani Strategici e la costituzione e gestione dei Gruppi Operativi (GO) - Sottomisura 16.2 "Sostegno a Progetti pilota e di cooperazione" - CUP ARTEA: 835449 - CUP Cipe: D58D20002260007 - Progetto "FORECAST" (Forma Organizzata di Rete Evoluta della Castanicoltura, attivando Strategie Innovative in Toscana). In data 20/08/2019 è stato sottoscritto il contratto per l'assegnazione del contributo di € 22.027,80 a fronte di un investimento di € 27.027,80. E', stata presentata una richiesta di proroga, di quattro mesi, il 10.11.2021, portando la scadenza al 26 aprile 2022. Le azioni previste dal progetto sono state parzialmente realizzate. CIPA - AT essendo una agenzia formativa è stato partner della formazione (sottomisura 1.1).

Centro di Istruzione Professionale Agricola e Assistenza Tecnica GR (CIPA – AT)

Sede legale e amministrativa: Via Monterosa, 182 58100 Grosseto

Tel. 0564/452398 - 0564/450662 - e-mail: f.rosso@cia.grosseto.it- info@qmtt.net

Il Progetto

La Toscana è una delle regioni più importanti per il settore della castanicoltura. Ha la superficie castanicola più estesa di tutta Italia, anche se gran parte è in stato di abbandono produttivo. In Toscana, nelle diverse aree vocate al castagno, operano moltissime aziende castanicole produttive ed anche diverse imprese di trasformazione che possono fare della regione un esponente di primo piano fra i distretti castanicoli europei. La Toscana è di gran lunga la regione italiana con il maggior numero di DOP ed IGP legate al castagno (6) e ha anche un numero molto elevato di associazioni di produttori castanicoli (ben 18 associazioni), tuttavia, nella regione la castanicoltura è caratterizzata dal generale scarso potere contrattuale dei produttori nei confronti degli altri attori della filiera, con perdita di importante quota di valore aggiunto e di remunerazione del loro raccolto. Negli ultimi anni, inoltre, i cambiamenti climatici in corso, stanno creando non poche problematiche al settore con un susseguirsi di fitopatologie e malattie di varia natura che hanno investito i castagneti e la produzione di castagne e con andamenti climatici sfavorevoli che hanno ridotto drasticamente la quantità e la qualità del prodotto. La filiera castanicola, pur essendo uno dei comparti di eccellenza agroalimentare italiani e un marchio territoriale di qualità che contribuisce all'immagine del nostro Paese, è caratterizzato da un livello tecnologico storicamente modesto, che non è stato in grado di rispondere efficacemente al crollo della produzione negli ultimi anni e all'incremento di prodotto difettato causato dal proliferare di agenti di danno e malattia dei frutti associati al mutamento delle condizioni climatiche. Rispetto alle problematiche attualmente presenti:

- contaminazioni da miceti produttori di micro-tossine (*Aspergillus*, *Penicillium*);
- alta incidenza di danni da marciume sul frutto;
- scarsa capacità di individuazione e selezione del prodotto difettato;

che si traducono in una ridotta produttività e, cosa ancora più grave, in un'amplificazione del danno da marciume a causa della cross-contaminazione post-selezione, le metodiche tradizionalmente adottate, non solo mostrano scarsa efficacia, ma possono diventare dei fattori di amplificazione del rischio. Per fornire una risposta alle criticità tecnologiche e di processo della filiera castanicola e garantire un prodotto salubre e di qualità, il progetto FORECAST ha articolato la sua azione su due fronti che hanno avuto come obiettivo (a) la riduzione dell'incidenza e della formazione del marciume sul frutto, sia esso in campo o in stoccaggio e (b) l'aumento dell'accuratezza e dell'igiene del sistema di selezione del frutto difettato nei sistemi di confezionamento. Più nel dettaglio, le attività del progetto sono state le seguenti:

- lo sviluppo di protocolli per il trattamento delle piante in pieno campo e del frutto post-selezione con metodi a impatto zero di comprovata efficacia - quali la bio-fumigazione con prodotti a base di *Brassicaceae* o trattamenti endoterapici in pianta con induttori di resistenza quali il fosfito di potassio. La sperimentazione è stata condotta su più parcelle di castagno, appositamente selezionate, per confermare la validità statistica dei risultati ottenuti.
- lo studio e l'introduzione delle "buone pratiche" per la gestione del frutto in tutte le sue fasi, dalla raccolta, alla conservazione e stoccaggio pre-commercializzazione;
- l'innovazione del processo di selezione e scarto del frutto, che attualmente si basa sull'ispezione visiva e la cernita manuale, tramite l'integrazione di metodiche di analisi spettrofotometrica nel vicino infrarosso (NIR) per il riconoscimento non distruttivo di danni visibili e occulti del frutto, mediante la realizzazione di un prototipo di impianto selezionatore automatico.

La combinazione delle diverse azioni ha un effetto sinergico sul sistema produttivo delle castagne. La garanzia di una minore incidenza di frutti difettati sulla pianta, di un'accurata selezione del prodotto prima del confezionamento e di una minore possibilità di contaminazioni successive al confezionamento, porta a una ottimizzazione dei costi di produzione e può consentire di riconquistare quote di mercato perse negli ultimi anni, con ricadute positive su tutti gli attori della filiera. I consumatori con prodotti qualitativamente più controllati e più salubri, sono più tutelati, i distributori possono contare su una produzione stabile e con ridotti problemi di conservazione e l'industria castanicola potrà fruire in un futuro prossimo di strumenti, come il selezionatore prototipo, che aumenteranno la produttività e la redditività del comparto.

Tempistiche del progetto

- APPROVAZIONE GRADUTORIA PS-GO PUBBLICAZIONE BURT 22.08.2018
- PRESENTAZIONI DUA fine gennaio 2019
- FIRMA DEI CONTRATTI DI ASSEGNAZIONE fine agosto 2019
- INIZIO DELLE ATTIVITA' settembre 2019
- SCADENZA PROGETTO 30.09.2021
- PROROGA COVID 19 al 22.12.2021
- PROROGA di 4 MESI al 26.04.2022
- FINE PROGETTO 26.04.2022



Fig. 11 - Castagni attaccati dal Mal dell'Inchiostro. Fig. 12 - Test nel castagneto di Roberto Ulivieri.

Sintesi delle attività svolte e dei risultati di progetto

Il progetto è durato circa 32 mesi dal settembre 2019 alla 26 aprile 2022. Alcune piccole attività sono state anche compiute prima del rilascio dei contratti di assegnazione, ma il grosso è stato realizzato dopo la firma dei contratti. Nel corso delle annualità del progetto le attività si sono svolte regolarmente sotto il coordinamento del capofila di progetto (Associazione per la Valorizzazione della Castagna del Monte Amiata IGP) nel rispetto delle tempistiche e delle modalità applicative previste nel Piano Strategico iniziale. Va rilevato, comunque, che la partenza del progetto con ritardo, è anche imputabile al differimento con cui sono stati rilasciati i contratti di assegnazione del contributo dei singoli partner ad una distanza di circa 7 mesi dalla presentazione della DUA, ad esempio per il capofila, la DUA è stata presentata il 29.01.2019 ed il contratto è stato firmato il 20.08.2019.

ANNO 2019 (4 MESI) - ANNO 2020 - ANNO 2021 - ANNO 2022 (4 MESI)

Il progetto è stato sviluppato durante il corso di ogni anno, mediante intense attività, sia sul campo (castagneti) sia in laboratorio (UNITUS- DIBAF e CERTEMA). Le attività culturali nel castagneto legate al protocollo di gestione e trattamento e al testaggio delle buone prassi si sono susseguite nei diversi mesi di progetto. Durante il periodo di raccolta delle castagne, fine settembre - primi di novembre di ogni annata di progetto, sono stati fatti numerosi incontri tecnici per la messa a punto del sistema prototipale selezionatrice delle castagne. In particolare, sono stati visitati anche alcuni centri di commercializzazione delle castagne per studiare bene le diverse fasi della filiera, sia sull'Amiata (F.lli Fatarella) che nei Monti Cimini in provincia di Viterbo (Mastrogregori). Il progetto ha previsto, grazie alla realizzazione di un macchinario prototipo, la valutazione della sanità delle castagne attraverso un'analisi non distruttiva mediante misurazioni spettrofotometriche, la cui peculiarità è quella di permettere di valutare la composizione chimica e le caratteristiche fisico-chimiche di un alimento, misurando l'interazione tra lo stesso ed una fonte luminosa. Impiegando tale tecnologia è stata sviluppata una soluzione automatizzata (un sistema di supporto decisionale che faciliti il lavoro degli operatori) di cernita delle castagne affette da marciume o danno da insetto, non visibili all'analisi visiva. Lo sviluppo di tale tecnica ha richiesto una complessa fase di calibrazione in laboratorio, che in altri termini è corrisposta allo sviluppo di un algoritmo in grado di riconoscere il prodotto guasto dal sano. L'algoritmo è stato "addestrato" creando delle associazioni tra la misura spettrofotometrica e l'entità del marciume e/o del danno da insetto dei frutti guasti, analizzati tramite metodiche analitiche classiche (microbiologiche e

molecolari). Questa attività, realizzata di concerto dal DIBAF della Università della Tuscia e dal Certema, è stata propedeutica all'integrazione della metodica nel prototipo per la cernita delle castagne la cui realizzazione è stata uno dei prodotti del progetto. L'attività è stata sperimentata in più campagne al fine di avere una campagna di dati necessarie per la validazione dei risultati.



Fig. 13 - Verifica sulla filiera commerciale presso la F.lli Fatarella di Stefano, Alessandro e C. S.n.c. di Arcidosso (GR).

Fig. 14 - Sopralluogo allo stabilimento di lavorazione castagne della Mastrogregori Aldo S.r.l. a Vallerano (VT).

Le Attività Svolte

WP 1.1: Attività di coordinamento, animazione, definizione delle specifiche tecniche e validazione risultati

Partner attuatore	Associazione per la Valorizzazione della Castagna del Monte Amiata IGP (P1)
-------------------	---

Il Responsabile del progetto e del coordinamento, il Dott. For. Giovanni Alessandri, ha gestito durante il periodo di progetto tutte le comunicazioni interne ed esterne al progetto. Ha preparato, organizzato e presieduto, assieme al personale della Associazione della Castagna del Monte Amiata IGP, la Sig.ra Serenella Marini, i tre seminari tematici e le due presentazioni pubbliche di progetto e le molteplici riunioni organizzate; ha partecipato agli incontri organizzati dalla Regione Toscana sull'innovazione e ad altri eventi nazionali del settore castanicolo; ha mantenuto il controllo delle attività di ogni WP nel rispetto dei ruoli, tempi, costi e risultati, monitorato lo stato di avanzamento delle azioni. A tali attività hanno collaborato tutti i partner di progetto. Con i partner agricoli è stato condiviso il protocollo metodologico dei trattamenti a basso impatto per il controllo e la mitigazione in pieno campo e in post-raccolta del marciume delle castagne, fino all'impianto di selezionatura, curato dal partner scientifico e sono state attivate azioni di condivisione con la filiera di riferimento, attraverso la realizzazione di un protocollo di gestione del castagneto da frutto a basso impatto ambientale. Quest'ultimo prodotto è stato realizzato come un vero e proprio codice comportamentale del castanicoltore.



Fig. 15 - Scelta del castagneto per i test. Fig. 16 - Riunione di coordinamento dei partner agricoli, presso la sede dell'Associazione.

2.1: Riqualificazione castagna amiatina e validazione del prototipo

Partner attuatore	Produttori Castanicoli Amiata Società Cooperativa (PROCAAM) (P2)
-------------------	--

La PROCAAM ha svolto direttamente le attività fitosanitarie di screening dei castagneti dei propri soci e dei trattamenti preventivi da compiere. Ha compiuto le analisi chimiche dei terreni su cui compiere la fertilizzazione. Ha realizzato anche il coordinamento dei piani di raccolta delle castagne presso i singoli partner e di definizione e diffusione delle buone pratiche nella coltivazione dei castagneti e nella raccolta dei frutti. Ha condiviso con i partner scientifici le procedure di avviamento e messa a punto del sistema selezionatore che è stato installato presso la propria sede di Castel del Piano (GR). PROCAAM, inoltre, ha effettuato direttamente le attività preliminari previste nei centri di stoccaggio e "curatura" delle castagne (in acqua a temperatura ambiente per 4-7 giorni) e di asciugatura (al sole su uno strato steso in pavimentazione idonea a favorire un'asciugatura veloce ed efficace; oppure al chiuso in celle ventilate all'interno di appositi contenitori). Si è occupata, inoltre, della cernita delle diverse cultivar castanicole e in particolare di quelle IGP (Marrone, Bastarda Rossa e Cecio); delle fasi di selezione, di confezionamento e di conservazione (con metodologie differenti), nell'ottica della realizzazione di un laboratorio consortile per la trasformazione e il confezionamento dei prodotti castanicoli de Monte Amiata.



Fig. 17 - Test con il prototipo nella Sede della PRO.CA.AM. Fig. 18 - Prove nei castagneti dei soci.

C.11.1 Descrizione Work Package n. 3.1: Sperimentazione delle buone pratiche. Test in pieno campo e post-raccolta.

Partner attuatore	Fazzi Mirco (P3)
-------------------	------------------

Fazzi Mirco ha eseguito, assieme alla Dott.ssa Romina Caccia e gli altri partner di progetto, un'indagine approfondita su i propri castagneti ed analizzato l'ambiente di lavoro (analisi chimiche del terreno dei castagneti), con valutazioni sulle piante presenti nella propria azienda, su differenti superfici del Monte Amiata, a quote altimetriche diverse e in castagneti con gradi diversi di maturazione; le aree campioni oggetto di sperimentazione sono state individuate e segnate mediante vernice e delimitate da nastro bianco rosso. Sono state fatte prove di fertilizzazione sia con letame che con compost organico, stati condotti biottrattamenti a scopo preventivo proposti dal DIBAF e programmata la raccolta dei frutti nei tempi previsti. Sono stati identificati i castagni e gli appezzamenti più rappresentativi (quelli con castagni giovani e le aree più colpite) anche in base alle rese e alle problematiche fitosanitarie delle precedenti stagioni e ai danni dovuti a parassiti e funghi di vario genere. In particolare, l'attenzione è stata posta sul fungo responsabile del marciume bruno delle castagne causato dal fungo *Gnomoniopsis castanea*, la cui attività patogenetica è direttamente associata ai cambiamenti globali, ambiente e clima e correlata al Cinipide Galligeno del Castagno. Sono state compiute attività e test in pieno campo e in post-raccolta, verificando le diverse zone altimetriche. Sono state effettuate raccolte di castagne, diversificando tra le differenti varietà locali ed in particolar modo le tre disciplinate dalla certificazione IGP. Mirco Fazzi produce più specificatamente la cultivar "Cecio", varietà precoce che cade già separata dal riccio, agevolando la raccolta meccanizzata, ma esponendosi a maggiori rischi di contagio di patogeni a terra. I prelievi sono stati condotti con test fatti a differenti gradi di maturazione, tenendo traccia delle modalità di raccolta, trattamento e conservazione. Le castagne sono state sottoposte ad analisi da parte del DIBAF. Sono state compiute prove con il prototipo selezionatore delle castagne.

WP 4.1: Adeguamento ciclo castanicolo e sperimentazione protocollo

Partner attuatore	Azienda Agricola Olivieri Roberto (P4)
-------------------	--

Roberto Olivieri ha verificato, come gli altri castanicoltori, la fattibilità di applicazione in ambito aziendale delle azioni relative al protocollo predisposto dal DIBAF relativo a tutte le soluzioni a basso impatto ambientale per il controllo del castagneto (cure colturali e raccolta) e in post-raccolta, prioritariamente del marciume bruno delle castagne causato dal fungo *Gnomoniopsis castanea*, ma anche di altre malattie, patologie e parassiti che interessano il castagneto e i frutti, in particolare del Mal dell'Inchiostro. Roberto Olivieri con PROCAAM e DIBAF ha scelto gli appezzamenti idonei per condurre i test, le piante da trattare e i gradi di maturazione più opportuni per la raccolta dei frutti. Ha fatto analizzare i campioni di terreno dei propri castagneti. La raccolta delle castagne è stata concentrata in particolare sulle cultivar IGP "Bastarda Rossa" e "Marrone". I prelievi dei frutti sono stati condotti in modo scalare, tenendo conto anche dei differenti gradi di maturazione delle piante e marcando traccia delle modalità di, raccolta delle castagne, trattamento, lavorazione e conservazione. Il conferimento dei frutti è stato fatto al DIBAF per le opportune analisi.



Fig. 19 - Test nel castagneto. Fig. 20 - Riunione di partenariato presso la Unione dei Comuni Amiata Grossetana.

WP 8.1: Introduzione buone pratiche. Test in pieno campo e post-raccolta.

Partner attuatore	Monaci Francesco (P8)
-------------------	-----------------------

Francesco Monaci ha condotto un'indagine conoscitiva delle proprie piante di castagno aziendali per i test di incidenza delle diverse malattie, patologie e fitopatie (in particolare del Cinipide Galligeno e Mal dell'Inchiostro). Sono state valutate e selezionate delle aree castanicole e delle piante di castagno per i test di raccolta dei frutti e dove sono stati testati i biotratamenti a scopo preventivo proposti dal DIBAF - UNITUS. I prelievi dei frutti sono stati condotti tenendo conto sia delle cultivar ad Indicazione Geografica Protetta del Monte Amiata (*Marrone*, *Bastarda Rossa* e *Cecio*) sia dei differenti gradi di manutenzione del castagneto (da coltivato vs. completo stato di abbandono) tenendo traccia delle modalità di, raccolta delle castagne, trattamento, lavorazione e conservazione. Il partner ha conferito una parte del raccolto al DIBAF per la conduzione delle opportune analisi. Sono state testate le buone pratiche agricole, come l'accantonamento dei residui di potatura per la lotta biologica al Cinipide galligeno e le bruciature di foglie e ricci post raccolta per ridurre il carico del marciume bruno delle castagne.



Fig. 21 - Test di trattamento nel castagneto. Fig. 22 Fertilizzazione dei castagni con compost.

WP 6.1: Applicazione di bioprocessi in pre-/post-raccolta per la mitigazione del danno da muffe e la contaminazione da micotossine

Partner attuatore	UNITUS-DIBAF (P6)
-------------------	-------------------

Durante il periodo di progetto, a cura del Prof. Andrea Vannini e del suo staff guidato dalla Dott. Romina Caccia, è stata condotta l'attività di sperimentazione in campo che è stata continuativa, anche se vi sono stati dei periodi più intensi di prove. Sicuramente l'attività più acuta è stata quella dal giugno 2020 all'ottobre 2020 e dal giugno 2021 all'ottobre 2021. I test e le prove sono state coordinate scientificamente dal Laboratorio di Protezione delle piante, Dipartimento DIBAF dell'Università della Tuscia, sulla seguente tematica di sperimentazione: "Applicazione di bioprocessi in pre e post raccolta per ridurre la quantità di difettato all'ingresso dell'impianto (prima della cernita) di *computer vision* e ridurre il rischio di contaminazione a valle della cernita, durante la fase conservazione - Uso di biofumigazione con prodotti naturali a base di *Brassica spp.* per la mitigazione dei danni causati da agenti di contaminazione produttori di micotossine". Lo scopo di questo lavoro è stato quello di mitigare la contaminazione fungina ed il conseguente danno causato da *Gnomoniopsis castanea* sulle castagne dalla fase di pre-raccolta. Le molteplici attività del progetto si sono state svolte nei castagneti del Monte Amiata grossetano, appartenenti ai 4 partner del progetto (Fazzi Mirco, Roberto Olivieri, Francesco Monaci e la Coop PROCAAM), distribuiti nei comuni di Castel del Piano, Arcidosso e Cinigiano in provincia di Grosseto. Le attività sperimentate sono state le seguenti:

- Uso di biofumigazione con prodotti naturali a base di *Brassica spp.* quali l'isotiocianato (ITC) e somministrazione di biostimolanti in endoterapia per il contenimento del mal dell'inchiostro (*Phytophthora spp.*), tramite palo iniettore;
- Acquisizione di dati iperspettrali su castagne di varietà differenti;
- Trattamenti fogliari e in endoterapia per il controllo del marciume bruno dei frutti *Gnomoniopsis castaneae*;
- Utilizzo di compost come fertilizzante di piante di castagno per il miglioramento del loro stato fisiologico e della pezzatura dei frutti;
- Posizionamento di trappole per il monitoraggio di *Xylosandrus germanus*;
- Divulgazione delle attività svolte mediante riunioni, incontri tematici e convegni.

Uso di biofumigazione con prodotti naturali a base di *Brassica spp.* quali l'isotiocianato (ITC) e somministrazione di biostimolanti in endoterapia per il contenimento del mal dell'inchiostro (*Phytophthora spp.*), tramite palo iniettore.

Nella primavera 2020 sono stati selezionati due castagneti adulti nel Comune di Castel del Piano, le cui piante mostravano sintomi di mal dell'inchiostro. Attorno a queste piante, è stata considerata una fascia di rispetto costituita da castagni in stato vegetativo medio-buono, in cui è avvenuta la somministrazione per via radicale tramite palo iniettore, di un prodotto a base di *Brassica spp.* Sono stati effettuati prelievi di suolo per verificare l'effettiva presenza di *Phytophthora spp.* In altri due castagneti del Comune di Castel del Piano sono state selezionate altre piante presumibilmente attaccate da mal dell'inchiostro e sono state somministrate dosi di Kalex, un ammendante a base di fosfito di potassio, induttore di resistenza nei confronti di questo oomicete. I risultati sono stati poi verificati nella primavera 2021.



Fig. 23 - Biofumigazione con palo iniettore. Fig. 24 Trattamenti fogliari nelle particelle sperimentali di castagno. Fig. 25 Endoterapia.

Acquisizione di dati iperspettrali su castagne

Questa parte del lavoro è stato di supporto alle analisi svolte sui frutti dal Laboratorio di Tecnologie Agroalimentari, di concerto con il Laboratorio di Patologia. I Tecnici del Laboratorio di Tecnologie Agroalimentari hanno analizzato nel mese di ottobre 2020, un campione di castagne di provenienza dell'Amiata attraverso i macchinari sperimentali FT-NIR e VIS/NIR, più precisamente n. 246 frutti infestati e n. 246 frutti sani (almeno apparentemente) per ogni controllo (Fig. 26).



Contenitore	Parte	Coltura	Contaminazione	Positiv.	Pos.	Pos.	Controllato	Positiv.
X1	1	A			P	1	D	D
X1	2	A			B	1	D	D
X1	3	A			S	1	D	D
X1	4	A			B	1	D	D
X1	5	A			S	1	D	D
X1	6	A			B	1	D	D
X1	7	A			S	1	D	D
X1	8	A			S	1	D	D
X1	1	B			P	1	D	D
X1	2	B			B	1	D	D
X1	3	B			S	1	D	D
X1	4	B			P	1	D	D
X1	5	B			B	1	D	D
X1	6	B			S	1	D	D
X1	7	B			P	1	D	D
X1	8	B			S	1	D	D
X1	1	C			B	1	D	D
X1	2	C			S	1	D	D
X1	3	C			S	1	D	D
X1	4	C			P	1	D	D
X1	5	C			B	1	D	D
X1	6	C			S	1	D	D
X1	7	C			P	1	D	D
X1	8	C			B	1	D	D
X1	1	D			B	1	D	D
X1	2	D			D	0	D	D
X1	3	D			B	1	D	D
X1	4	D			D	0	D	D
X1	5	D			S	1	D	D
X1	6	D			B	1	D	D
X1	7	D			D	0	D	D
X1	8	D			D	0	D	D
X1	1	E			B	1	D	D
X1	2	E			B	1	D	D
X1	3	E			S	1	D	D
X1	4	E			S	1	D	D
X1	5	E			S	1	D	D
X1	6	E			B	1	D	D
X1	7	E			P	1	D	D
X1	8	E			S	1	D	D

Fig. 26 - Uno dei contenitori dove erano alloggiate alcune castagne per le analisi iperspettrali.

Tab. 1 - Esempio di schema da compilare per il controllo eseguito sulle castagne dalla Sottoscritta.

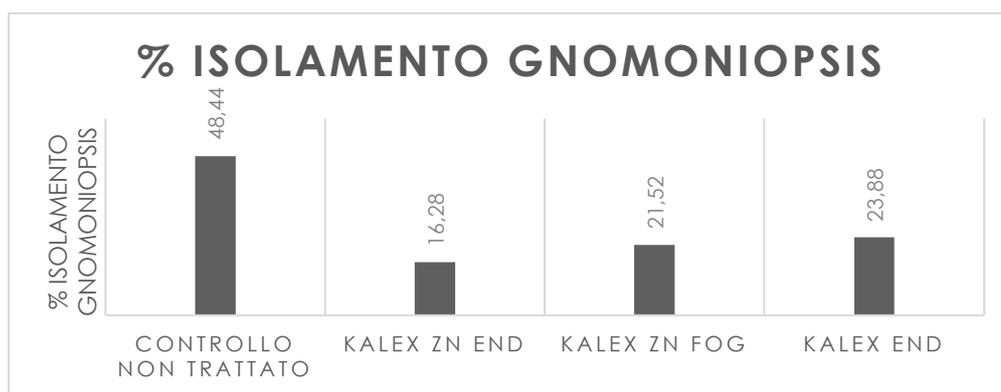
Successivamente a questa analisi, le castagne sono state sezionate e controllate dai Tecnici del Laboratorio di Patologia e poi dalla Sottoscritta per valutare se l'analisi effettuata dai macchinari è stata esatta (Tab. 1). Queste analisi sono state ripetute per l'anno 2021.

Trattamenti fogliari e in endoterapia per il controllo del marciume bruno dei frutti *Gnomoniopsis castaneae*

Presso un castagneto situato sul Monte Amiata, in Località Macinaie, Comune di Castel del Piano, di proprietà del Sig. Mirco Fazzi, sono state selezionate piante di castagno per andare a creare un disegno sperimentale costituito da quattro blocchi di sette piante, ciascun blocco trattato con un prodotto diverso. Sono stati testati *in vivo*, differenti prodotti chimici e biologici per studiare i loro meccanismi di inibizione e l'effetto fungicida nei confronti di *G. castanea*. In particolare, sono stati utilizzati i seguenti prodotti:

- Kalex® Zn, concime fluido minerale contenente, sottoforma di fosfiti di zinco, elevate quantità di fosforo e zinco; il prodotto è stato testato sia in trattamento fogliare che endoterapico;
- Kalex®, concime fluido minerale a base di fosfito di potassio, noto induttore sistemico di resistenza nelle piante; il prodotto è stato testato con trattamento endoterapico.

Tutti i prodotti sono stati utilizzati seguendo le istruzioni riportate in etichetta. Nello specifico, il trattamento fogliare è stato effettuato durante la fioritura femminile del castagno, mentre l'endoterapia è stata effettuata circa una settimana prima della fioritura femminile del castagno. Oltre ai trattamenti, alla sperimentazione *in vivo* è stata aggiunta una tesi di controllo non trattato. Quando dai fiori si sono sviluppati i frutti, ciascun riccio è stato avvolto da una rete per prevenire la caduta del frutto a terra e quindi una possibile contaminazione fungina dal suolo. Una volta totalmente mature, le castagne nelle reti sono state rimosse dagli alberi e si è provveduto all'apertura dei frutti in laboratorio ed il successivo isolamento su PDA (potato dextrose agar) per osservare la crescita di *Gnomoniopsis castanea* e valutare l'efficacia dei prodotti saggiati. I risultati sono stati riportati, per ciascuna tesi saggiata, come percentuale di frutti da cui è stata isolata *Gnomoniopsis castanea* sul totale di frutti analizzati.



Tab. 2 - Esempio di schema.

I risultati mostrano che i trattamenti effettuati hanno permesso un'efficiente riduzione dell'isolamento di *Gnomoniopsis castanea* dai frutti. In particolare, Kalex® Zn utilizzato in endoterapia risulta essere il miglior trattamento tra quelli effettuati, riuscendo a ridurre la percentuale di isolamento di *Gnomoniopsis castanea* più del 50% rispetto a quanto accade nel controllo non trattato. La contaminazione da funghi è uno dei maggiori problemi nella produzione di castagne. Dal momento che risulta difficile eliminare la contaminazione a posteriori, è importante ampliare le conoscenze sulla diversità della popolazione fungina che colonizza i fiori e i frutti in pre-raccolta e trovare prodotti con azione fungicida mirata e a basso impatto ambientale, al fine di ridurre il rischio di contaminazione da funghi in post raccolta. I risultati ottenuti, seppur preliminari, saranno funzionali all'applicazione mirata di metodi a basso impatto di contenimento delle popolazioni di miceti responsabili della perdita di qualità e commerciabilità della castagna fresca, permettendo di ottenere un prodotto salubre per il consumo umano.

Compostaggio di piante per il miglioramento del loro stato fisiologico e della pezzatura dei frutti

In tre castagneti, all'interno del territorio di Castel Del Piano, sono state individuate delle piante su cui effettuare una concimazione primaverile con un compost derivato da scarti di potature, privi di sostanze inquinanti. In ogni castagneto, su cinque piante, sono stati somministrati 50 chili di questo prodotto, sotto la proiezione della chioma. Come Controllo non concimato, sono state selezionate altre cinque piante per sito. Durante la raccolta, sono stati prelevati dei campioni di frutti per determinare la pezzatura e quindi un'eventuale differenza statistica tra le prove. Si tratta di una prova preliminare, che deve essere ripetuta negli anni per poter determinare un miglioramento del vigore vegetativo e della produzione (Foto 27 - 28).



Fig. 27 - Fertilizzazione con compost. Fig. 28 - piante segnate con la vernice per la parcellizzazione delle tesi concimate e non concimate.

Posizionamento di trappole per il monitoraggio di *Xylosandrus germanus*

In due castagneti all'interno del territorio di Castel Del Piano, nel mese di giugno 2020 sono state individuate delle piante su cui sono state posizionate due tipi di trappole per la cattura del nuovo anisandro europeo (Foto 29). Attacca principalmente piante già indebolite per opera di altri patogeni, ma si sta diffondendo in Europa con molta velocità; quindi, si è creata una rete di monitoraggio che sta coinvolgendo anche i boschi italiani. A fine settembre sono state tolte e si sta analizzando ciò che è stato trovato all'interno.



Fig. 29 - Trappole per il monitoraggio di *Xylosandrus germanicus*. Fig. 30 - Controllo dei frutti non trattati.

Controllo delle contaminazioni in post-raccolta

Sono state realizzate, con le castagne IGP del comprensorio del Monte Amiata, delle prove di sterilizzazione post-raccolta. Sono state usate 4 temperature, 45, 50 e 54°C più il controllo a 20°C, e 3 tempi di sterilizzazione, 30, 45, 60'. I campioni prima della sterilizzazione sono stati pesati e immessi in acqua alla temperatura stabilita. I tempi di sterilizzazione sono partiti quando, dopo l'immissione dei campioni, la temperatura si è nuovamente stabilizzata. Dopo la sterilizzazione i campioni sono stati raffreddati in acqua a 4°C per 1 ora e poi asciugati a 30°C fino al raggiungimento del peso iniziale. I campioni sono stati poi posti in cella fredda a 4°C per 10 giorni prima delle analisi. Prima degli isolamenti le castagne sono state aperte e classificate secondo una scala arbitraria a 5 classi, 0 (sano), 1 (sintomo fino a 25% della polpa), 2

(sintomo tra il 25 e il 50%); 3 (sintomo tra il 50 e il 75%); 4 (sintomo tra il 75 e il 100%). Il monitoraggio dell'efficacia di sterilizzazione è stato determinato tramite isolamento in coltura pura di 5 frammenti di tessuto. La valutazione è stata fatta dopo 7 giorni di incubazione a 20°C e confermata dopo 30 giorni. A conclusione della prova, è stato dimostrato che l'applicazione di condizioni rigorose nella fase di sterilizzazione delle castagne può inattivare definitivamente *Gnomoniopsis castanea* nei frutti non sintomatici e in decomposizione. La sterilizzazione a 50 °C e oltre non è stata efficace nell'inattivare il complesso dei taxa fungini responsabili della contaminazione e sviluppo di muffe, molte delle quali producono micotossine. L'efficacia della sterilizzazione dipende anche dalla sanità dei frutti che entrano nell'impianto di manipolazione e dalle condizioni in cui si trovano esposti prima della fase di sterilizzazione. Una strategia efficiente per il controllo del "marciume bruno" deve includere la mitigazione del danno con protocolli applicati in campo aperto, seguiti da efficaci trattamenti fisici nell'impianto di movimentazione.

WP 6.2: Applicazione di tecnologie di analisi spettrofotometrica NIR per l'identificazione del danno occulto delle castagne

WP 6.3: Test di validazione per comprovare l'efficacia degli algoritmi di classificazione

Partner attuatore	UNITUS-DIBAF (P6)
-------------------	-------------------

L'attività compiuta dal Prof. Riccardo Massantini e dal suo staff ha riguardato:

- Predisposizione del set-up spettrofotometrico NIR.

Configurazione e test di funzionamento del set-up di analisi spettroscopica NIR, del computer e del software di acquisizione. Predisposizione e test di funzionamento della piattaforma computazionale.

- Acquisizione dei dati spettrali NIR su castagne.

Acquisizione degli spettri da castagne sane, infette e infestate, raccolte nella stagione produttiva corrente. Classificazione distruttiva dei campioni. Messa a punto e stesura di tabelle di contingenza per l'identificazione della tipologia e della gravità dell'infestazione/infezione nel frutto.

- Sviluppo dei modelli di classificazione.

I modelli saranno sviluppati mediante una selezione iterativa delle lunghezze d'onda associate al contenuto in amido, alla perdita di acqua del frutto e/o alla presenza di chitina ed ergosterolo (metaboliti fungini), in abbinamento a pre-trattamenti spettrali e ad algoritmi di classificazione supervisionati. FORECAST si distinguerà dalla pregressa esperienza maturata dal DIBAF sviluppando modelli basati su metodiche chemiometriche ed algoritmi di Deep Learning (es. Tensorflow), lineari e non lineari.

Attività di verifica della validità delle metodiche spettrofotometriche di classificazione sviluppate nell'ambito del WP 6.2 mediante:

riconoscimento del danno occulto tramite analisi distruttiva e visiva delle castagne, nonché attraverso diagnostica microbiologica classica (isolamento in coltura pura) e molecolare (PCR e qPCR); stesura dei "labels" da utilizzare nella fase di validazione dei modelli predittivi di classificazione basati su tecnologia spettrofotometrica NIR.

Preparazione dei campioni

I frutti di castagno (*Castanea sativa* Mill.) raccolti nelle stagioni 2019, 2020 e 2021 sono stati campionati da produttori locali e cerniti per flottazione e selezione manuale, dividendoli in due lotti principali: frutti sani e guasti. I due lotti sono stati sottoposti a conservazione in cella frigo e campionati nei mesi di ottobre, dicembre, gennaio e maggio. Ad ogni campionamento le castagne sono state ulteriormente selezionate per eliminare i frutti danneggiati dagli urti e/o germinati. Successivamente, ad ogni frutto è stato associato un identificativo ID, ponendolo in delle griglie appositamente costituite allo scopo (Figura 31), e conservati in cella frigo a 4°C fino al momento delle acquisizioni iperspettrali. Dodici ore prima dell'analisi spettrofotometrica i campioni sono stati estratti dalla cella frigo e portati alla temperatura ambiente. Alle acquisizioni spettrali sono seguite analisi microbiologiche ed entomologiche per la identificazione della tipologia di danno presente in ciascun frutto.



Fig. 31- Contenitori siglati (40 celle).

Acquisizione spettrofotometrica

Le scansioni iperspettrali sono state eseguite utilizzando i) una telecamera iperspettrale mod. PFD4K-CL-65-V10E (400-1000 nm, risoluzione 0,78 nm) (SpecimSpectral Imaging Ltd., Oulu, Finlandia) dotata di obiettivo mod. OLE23 (lunghezza focale 23 cm, numero F 2.4) (Figura 32) e ii) uno spettrofotometro FT-NIR mod. Antaris II (ThermoFisher, Italia). La distanza tra la fotocamera ed i campioni era di 30 cm. Il sistema di illuminazione era composto di sei lampade alogene da 35 W mod. DECOSTAR 51 ALU 41866 WFL) (Osram, Germania). I campioni sono stati disposti in due file da tre, una all'opposto dell'altra, al fine di ridurre al minimo le zone d'ombra. (Figura 32 a). Per il controllo della telecamera è stato utilizzato un piano semovente mod. Labscan 40x20 (Specimspectral imaging Ltd., Finlandia). La velocità di scansione del piano è stata impostata a 3.24 mm s^{-1} con un tempo di esposizione della telecamera iperspettrale di 35 ms. Gli ipercubi sono stati acquisiti in riflettanza con una risoluzione di $1788 \times 1568 \text{ px}$ (HxW). Prima di ogni scansione sono state acquisiti gli ipercubi dello standard (teflon con indice di riflettanza del 70 %) e del nero (obiettivo chiuso - 0 % riflettanza). Gli ipercubi dello standard e del nero avevano risoluzione di $1788 \times 30 \text{ px}$.

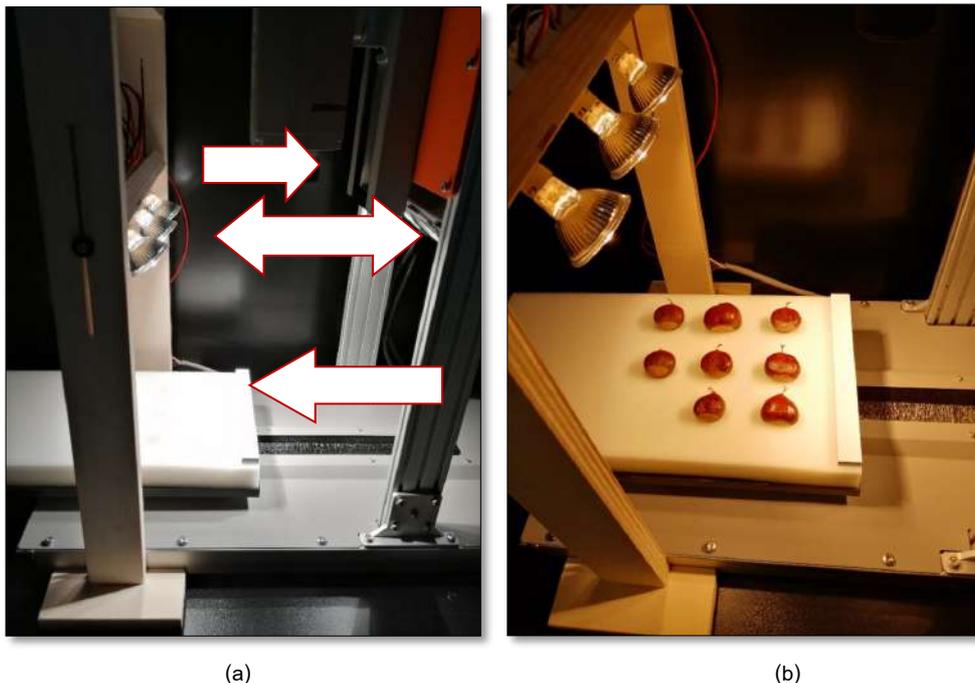


Fig. 32 - (a) Componenti dello strumento. Fig. 33 - (b) Acquisizione iperspettrale.

Ogni scansione è stata eseguita su otto campioni alla volta ed ogni campione è stato scansionato su quattro lati, identificati come: cicatrice ilare (B), lato convesso (C), lato piatto/concavo (P) e torcia (T) (Figura 34). Prima della elaborazione dei dati, ogni ipercubo è stato relativizzato utilizzando la seguente formula, applicata ad ogni pixel dell'immagine:

$$Rc = \frac{RO - D}{W - D} \times 100$$

dove,

- Rc, spettro relativizzato
- Rg, spettro grezzo
- W, spettro dello standard
- D, spettro del nero



Fig. 34 - Lati C e P delle acquisizioni spettrofotometriche.

Analisi distruttiva dei campioni

Successivamente alle scansioni spettrali (analisi non distruttive), le castagne sono state sezionate in due, utilizzando un bisturi sterilizzato su fiamma, ed analizzate per la presenza di muffe e/o larve.

Rilievi microbiologici

L'analisi microbiologica è stata eseguita prelevando un frammento di polpa ed inoculandolo su piastra Petri, utilizzando come mezzo di crescita *Potato-Destrose Agar* (PDA). Per evitare la proliferazione batterica sono stati aggiunti gli antibiotici ampicillina e streptomina. La piastra è stata incubata a 25 ± 1 °C per 7 giorni in modo da identificare il patogeno fungino. L'identificazione è stata eseguita tramite riconoscimento visivo delle strutture sporigene e del micelio. Al frutto infetto è stato assegnato il valore B pari a 1; al frutto sano un valore B pari a 0.

Rilievi entomologici

Il frutto sezionato è stato valutato visivamente per identificare e classificare le specie di insetti responsabili del danno, se presente (Figura 35). Ogni frutto è stato classificato come sano ($A = 0$) o infestato ($A = 1$).



Fig. 35 - Castagna con evidente danno da insetto, Pammene. *Fasciana* L.

Classificazione dei campioni

Attraverso l'analisi entomologica e microbiologica è stato possibile identificare le castagne sane da quelle guaste; il diagramma di flusso mostrato in Figura 36 spiega il criterio utilizzato nell'analisi. La classificazione binaria sano/guasto di ogni frutto è stata eseguita sommando i valori A e B associati ad esso. Nel caso in cui la somma fosse tra i due termini fosse uguale o superiore a 1 ($A+B \geq 1$) il frutto veniva classificato come guasto, altrimenti come sano. I valori ottenuti dalla somma sono stati raccolti nel vettore Y. Tale vettore è stato utilizzato in abbinamento ai dati spettrali dell'ipercono per lo sviluppo dei modelli di classificazione.

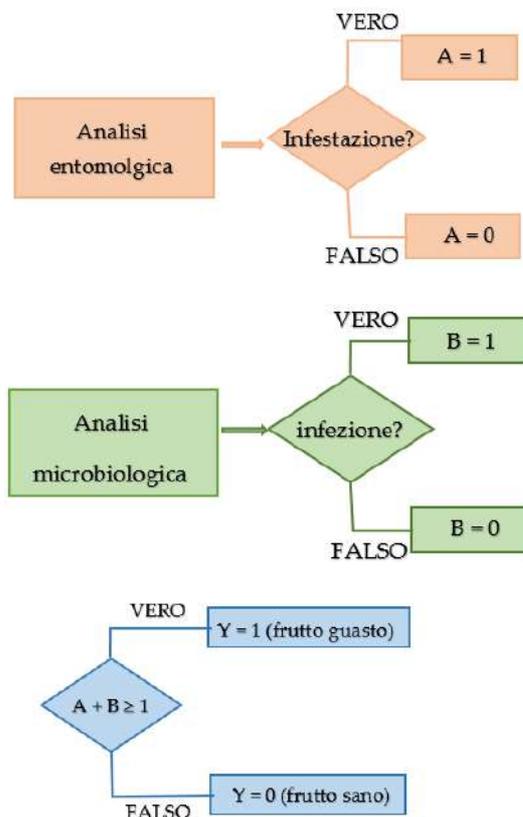


Fig. 36 - Diagramma di flusso per determinare la classe di appartenenza dei frutti.

In aggiunta, in base all'entità del danno, i frutti guasti sono stati suddivisi in 4 classi:

- Classe 1, marciume fino al 30 % dell'area di taglio;
- Classe 2, marciume tra il 30 ed il 50 % dell'area di taglio;
- Classe 3, marciume superiore al 50 % dell'area di taglio;
- Classe 4, marciume totale, pari al 100 % dell'area di taglio.

Tale suddivisione non è stata utilizzata per lo sviluppo dei modelli di classificazione.

Segmentazione di immagine e chemometria

Al fine di poter estrarre il dato spettrale da ogni frutto ed ogni lato dello stesso, è stato necessario rimuovere lo sfondo (background) dagli ipercubi. Tale operazione, detta segmentazione di immagine, è stata svolta utilizzando il software Matlab R2017b (Mathworks Inc., Natick, USA). L'immagine iperspettrale relativizzata è stata quindi elaborata tramite filtro HSV per identificare la maschera binaria di ogni frutto. Tale maschera è stata utilizzata per estrapolare la regione di interesse (ROI) dall'ipercubo (Figura 40). Da ogni ROI è stato estratto lo spettro medio. Tale operazione è stata eseguita per ogni lato del frutto. Pertanto, da ogni castagna sono stati estratti 4 spettri, identificati come B, C, P e T.

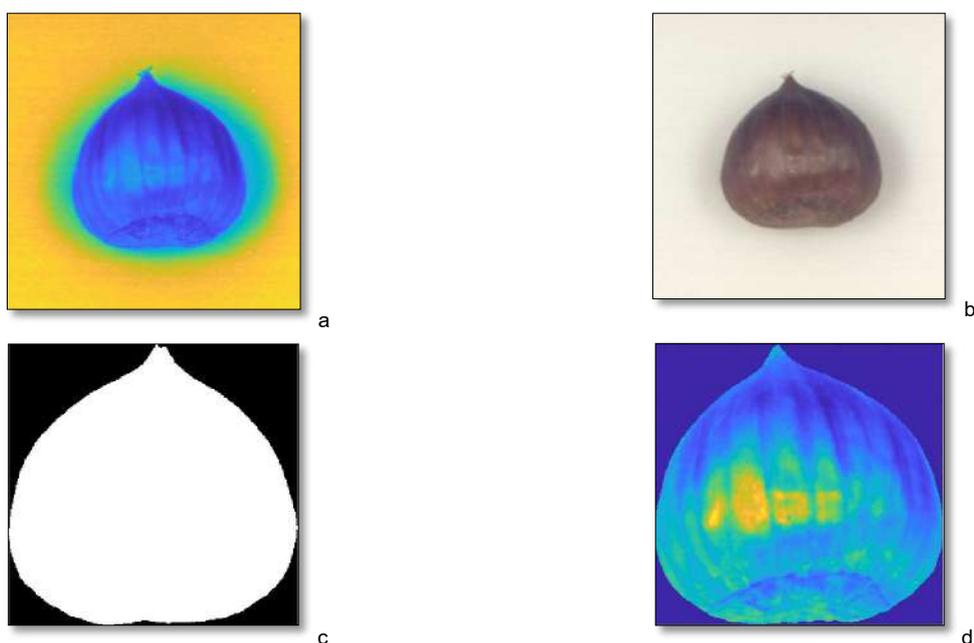


Fig. 37 - Immagine iperspettrale relativizzata (a); i Fig. 38 - Immagine RGB (b); Fig. 39 - Maschera binaria ottenuta tramite filtro HSV (c); Fig. 40 - Immagine iperspettrale costituita dalla ROI, in cui è stato rimosso lo sfondo (d).

Pretrattamento del dato spettrale

Per migliorare la qualità dei dati spettrali ed eliminare le informazioni superflue, prima dello sviluppo dei modelli gli spettri sono stati necessariamente sottoposti a pretrattamento. Il primo dei pretrattamenti testati ha riguardato la rimozione dello "scattering", ossia i fenomeni di diffusione e dispersione ottica, che può avere un effetto additivo e/o moltiplicativo sullo spettro, come specificato nella seguente formula:

$$I = a + bI_0 + e$$

I = intensità

I_0 = intensità reale

a } Fenomeni di diffusione della
 b } luce che alterano lo spettro
originale (scattering)

e = rumore strumentale

La rimozione dello "scattering" è stata testata mediante Multiplicative Scatter Correction (MSC) e Standard Normal Variate (SNV), utilizzati singolarmente e mai in abbinamento tra loro. Al fine di rimuovere l'eventuale presenza di rumore e quindi migliorare il rapporto segnale-rumore dello spettro, è stato utilizzato anche il filtro Savitzky-Golay, testando l'impiego di tre diverse finestre di smoothing a 5, 7 o 9 punti. Tale filtro è

stato impiegato anche per testare la trasformazione degli spettri in derivata prima (D1f), derivata seconda (D2f) o derivata terza (D3f). La derivata, oltre a contribuire alla correzione della linea di base e quindi ad eliminare eventuali problemi di scattering, è stata testata anche come possibile strumento utile per la separazione dei picchi nello spettro. Come ultimo trattamento spettrale è stata eseguita la centratura della media (MeanCentering-MC), indispensabile per ottimizzare lo sviluppo dei modelli di machine learning. I pretrattamenti descritti sono stati utilizzati in diverse combinazioni, riportate in Figura 6. Per ogni combinazione dei pretrattamenti spettrali è stato sviluppato un modello di classificazione, a sua volta valutato per la capacità di riconoscere le castagne sane dalle guaste.

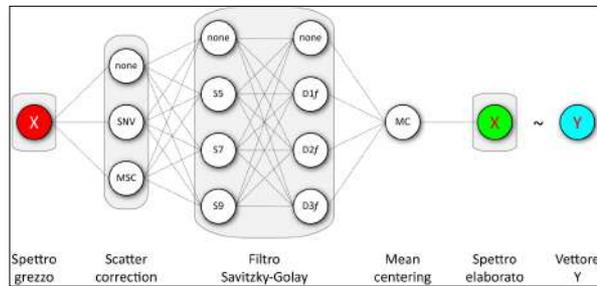


Fig. 41 Schema delle combinazioni dei pretrattamenti utilizzate durante la sperimentazione.

Sviluppo dei modelli di classificazione

I modelli di classificazione sono stati sviluppati tramite metodica PLS-DA (Partialleastsquaresdiscriminantanalysis), utilizzando l'algoritmo SIMPLS (de Jong, 1993). La PLS-DA consente partendo da più variabili, nel nostro caso 776, di ottenerne meno raggruppando tutte le variabili dello spettro aventi le stesse informazioni; tali variabili prendono il nome di variabili latenti (LV), le variabili latenti non sono correlate tra loro, eliminando così il problema di collinearità. I modelli di classificazione sono stati calcolati utilizzando la PLS-DA (Partialleastsquaresdiscriminantanalysis), attraverso l'algoritmo SIMPLS. Il PLS-DA è una tecnica di classificazione utilizzata per trovare alcune combinazioni lineari delle variabili indipendenti originali (lunghezze d'onda). Usando solo queste combinazioni lineari, la PLS permette di scartare informazioni irrilevanti e instabili, di risolvere il problema della collinearità e, infine, di ottenere un'equazione di classificazione più stabile. In aggiunta, è stato testato l'impiego dell'algoritmo Interval PLS-DA (iPLS-DA) al fine di eseguire una routine iterativa per l'estrazione di lunghezze d'onda che potessero fornire risultati superiori rispetto all'impiego dello spettro completo. L'algoritmo iPLS-DA è stato configurato in modalità *stepwiseforward* per consentire la selezione di un massimo di 3 lunghezze d'onda. Poiché le classificazioni PLS-Da e iPLS-DA eseguono una riduzione delle dimensioni delle variabili originarie, è essenziale testare ogni modello e selezionare il numero corretto di variabili latenti per ottenere il compromesso ottimale tra *underfitting* e *overfitting*. Pertanto, i campioni sono stati suddivisi in un set di calibrazione (C), composto dal 70 % dei campioni, e 3 set di test (P1, P2 e P3), composti ognuno dal 10 % dei campioni. Ogni modello PLS-DA e iPLS-DA è stato ottimizzato mediante cross-validazione *venetian-blind* con un data-split pari a 10. Le performance dei modelli sono state valutate in termini di Errore Falso Positivo (FP), Errore Falso Negativo (FN) ed Errore Totale (ET) e riportati per la calibrazione (C), la cross-validazione (CV) e come media dei test di predizione (P).

VERO NEGATIVO	Prodotto sano classificato come sano
FALSO NEGATIVO	Prodotto guasto classificato come sano
VERO POSITIVO	Prodotto guasto classificato come guasto
FALSO POSITIVO	Prodotto sano classificato come guasto

$$\text{Errore Falso Positivo (FP)} = \frac{\text{Falso positivo}}{\text{Falso positivo} + \text{Vero negativo}} = 1 - \text{sensibilità}$$

$$\text{Errore Falso Negativo (FN)} = \frac{\text{Falso negativo}}{\text{Falso negativo} + \text{Vero positivo}} = 1 - \text{specificità}$$

$$\text{Errore Totale (ET)} = \frac{\text{Falso positivo} + \text{Falso negativo}}{\text{Positivo totale} + \text{Negativo totale}} = 1 - \text{accuratezza}$$

Un basso Errore di Falso Positivo e di Falso negativo corrisponde ad un modello che ha una bassa probabilità di classificare erroneamente un prodotto sano come guasto e viceversa. Nel caso in cui si ha un predittore perfetto, descritto come sensibile al 100% nessun campione sano viene erroneamente identificato come guasto, mentre nel caso contrario è specifico al 100%, cioè nessun campione danneggiato viene identificato come sano. L'Errore Totale viene calcolato attraverso la media aritmetica del Falso Positivo e la media dell'Errore Falso Negativo. Le tre metriche sono state utilizzate per selezionare i modelli migliori, sia per capacità predittive che per robustezza, cioè la capacità del modello di resistere a piccole variazioni delle condizioni alla quale vengono effettuati i test.

Analisi statistica dei risultati ottenuti

Al fine di confrontare i modelli tra loro, le metriche ottenute dalle tre repliche del test di predizione sono state analizzate statisticamente tramite l'Analisi della Varianza (ANOVA) ad una via o a due vie. In caso di significatività ($P \leq 0.05$), è stato eseguito un confronto a coppie mediante Tukey's Test ($\alpha = 0.05$).

RISULTATI OTTENUTI

Livello di infezione ed infestazione dei campioni

I frutti guasti sono stati suddivisi in quattro classi in base all'entità del danno: dalla classe 1, il frutto con la minore entità del danno, sino alla classe 4, caratterizzata da un frutto totalmente danneggiato. La Figura 7 mostra come sono distribuite tali classi di danno nelle diverse mensilità di campionamento: ottobre, dicembre, gennaio e maggio. Nella stessa figura, la barra rossa indica l'incidenza totale delle 4 classi ad ogni mese. È possibile notare che con l'avanzare della conservazione l'entità dell'infezione aumenta considerevolmente, rendendo una considerevole quantità di prodotto non più idonea alla commercializzazione. Infatti, a maggio è possibile notare un danno totale del 75%. Analizzando la distribuzione delle classi di danno nei diversi mesi, dal grafico è visibile che fino a gennaio prevale il danno di più bassa entità, cioè la classe 1. La classe 2 non ha variazioni considerevoli nel tempo; mentre è molto evidente l'evolversi dell'incidenza delle classi 3 e 4 nei diversi mesi. In particolar modo, nel mese di maggio, l'incidenza della classe 4 mostra un notevole incremento, raggiungendo il 44%. Nello stesso mese di campionamento, la classe 1 è meno rappresentata, probabilmente perché la muffa è passata agli stadi di infezione più avanzati, quali la classe 2, ma soprattutto le classi 3 e 4 che insieme costituiscono il 58% del danno. Di seguito si riportano le variazioni percentuali del danno totale osservate durante la conservazione, da ottobre a maggio:

- da ottobre a dicembre, il danno totale aumenta del 2% ↑
- da ottobre a gennaio, il danno totale aumenta del 6% ↑
- da ottobre a maggio, il danno totale aumenta del 49% ↑

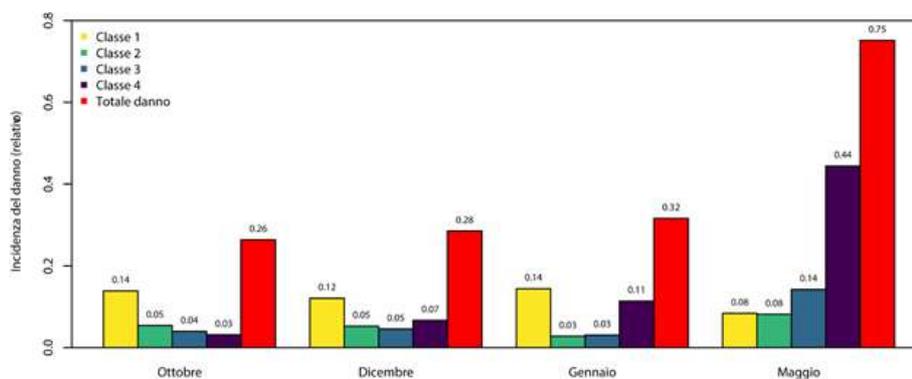


Fig. 42 Variazione delle classi di infezione, infestazione riscontrate nei diversi mesi.

Le classi di danno precedentemente descritte sono state analizzate anche per tipologia di danno: [i] "insetto", [ii] "muffa" e [iii] "muffa + insetto" (Figura 8). Nel mese di ottobre la presenza del danno "muffa + insetto" è in percentuale maggiore, ma è anche la tipologia di danno che diminuisce gradualmente nei mesi a seguire. Durante la conservazione si osserva una considerevole crescita dell'incidenza della "muffa". Il danno da "insetto", caratterizzato dalla presenza di gallerie e di escrementi granulari, mantiene percentuali abbastanza stabili nel tempo, fino al mese di maggio dove è possibile osservare una quasi scomparsa del danno. Ciò è probabilmente dovuto al fatto che ad uno stadio avanzato di infezione, lo sviluppo del fungo maschera quasi completamente il danno causato dalla larva di insetto. Di seguito sono riportate le variazioni percentuali osservate da ottobre a maggio.

■ danno da "insetto"

- da ottobre a dicembre, l'incidenza del danno aumenta del 6% ↑
- da ottobre a gennaio, non si osserva alcuna variazione (0%) =
- da ottobre a maggio, l'incidenza del danno diminuisce del 12% ↓

■ danno da "muffa"

- da ottobre a dicembre, l'incidenza del danno aumenta del 11% ↑
- da ottobre a gennaio, l'incidenza del danno aumenta del 21% ↑
- da ottobre a maggio, l'incidenza del danno aumenta del 53% ↑

■ danno da "insetto + muffa"

- da ottobre a dicembre, l'incidenza del danno diminuisce del 17 %
- da ottobre a gennaio, l'incidenza del danno diminuisce del 21 %
- da ottobre a maggio, l'incidenza del danno diminuisce del 41 %

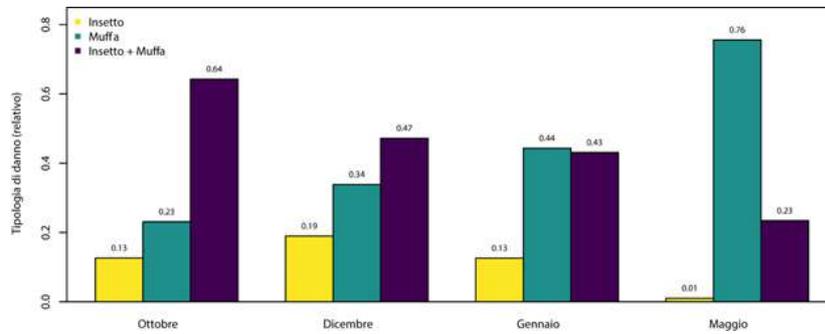


Fig. 43 - Tipologie di danno rilevate a seguito dell'analisi distruttiva dei frutti.

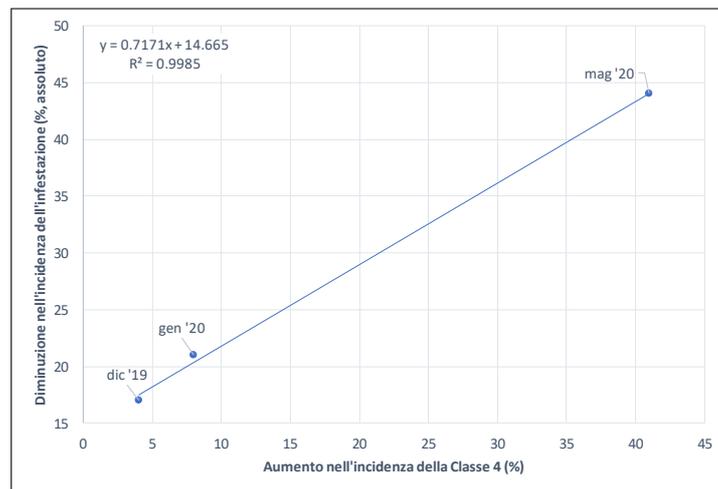


Fig. 44 Correlazione lineare tra l'aumento dell'incidenza della Classe 4 (ascissa) e la diminuzione dell'incidenza dell'infestazione (ordinata) rispetto alla prima data di campionamento (ottobre).

L'analisi dei dati ha permesso di mettere in evidenza la correlazione esistente tra l'aumento dell'incidenza della Classe 4 con la diminuzione dell'incidenza dell'infestazione (Figura 44), a dimostrazione che lo sviluppo della muffa in tutto il frutto può essere responsabile del mancato rilevamento del danno da insetto nella polpa del frutto, durante le analisi distruttive.

Descrizione degli spettri medi

Mediante la strumentazione NIR è stato possibile ottenere degli spettri di riflettanza acquisiti per ogni lato: B, C, P, T. Gli spettri sono quindi stati acquisiti nella regione elettromagnetica del visibile (Vis), da 400 a 780 nm, ed in quella del vicino infrarosso (NIR), 780 a 1000 nm. Il range spettrale compreso tra ~400 e ~589 nm è stato rimosso poiché caratterizzato da un basso rapporto segnale-rumore per qualsiasi lato della castagna analizzata. Un'analisi visiva degli spettri ha permesso di evidenziare dei valori di riflettanza mediamente maggiori per i campioni guasti rispetto a quelli sani. Nella Figura 45 è possibile osservare tali differenze tra gli spettri dei rispettivi mesi: ottobre, dicembre, gennaio e maggio. In ogni grafico è rappresentata la linea di separazione tra la regione del visibile e quella del vicino infrarosso (780 nm). I grafici permettono di osservare quanto precedentemente asserito: per ogni mese è possibile notare valori di riflettanza maggiori nei campioni guasti, indipendentemente dal lato di scansione. In generale, nella regione del vicino infrarosso (780 a 1000 nm) risultano più evidenti le differenze tra gli spettri; questa regione è particolarmente adatta all'analisi dei costituenti chimici presenti nella matrice di analisi. Confrontando gli spettri medi tra un campionamento e l'altro, è possibile notare [1] differenze di forma nella regione spettrale oltre i 900 nm e [2] cambiamenti nella distanza tra gli spettri medi delle classi "sano" e "guasto". Nel mese di dicembre, gli spettri risultano molto più vicini tra loro, questo perché nelle altre mensilità è evidente il maggiore distacco del lato P; qualcosa di simile è osservabile per maggio. Diversamente, il mese di gennaio mostra gli spettri molto più distanziati tra loro: ciò è particolarmente evidente per gli spettri medi del lato P, che nella regione NIR sembra avere valori di riflettanza maggiori, rispetto agli altri mesi, nei confronti degli spettri acquisiti dai lati B, C e T.

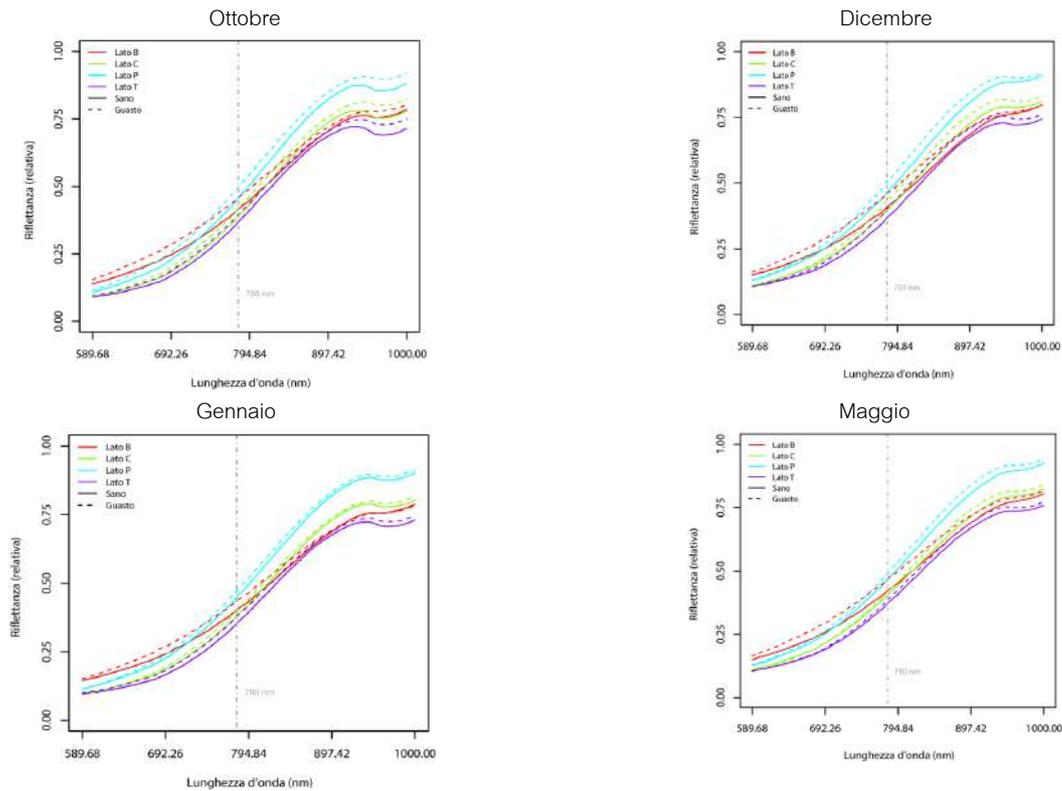


Fig. 45 - Spettri medi Vis/NIR di frutti sani e guasti, acquisiti per ogni lato, per i differenti mesi di campionamento.

La Figura 46 mostra il valore medio della deviazione standard degli spettri, distinti per mese di campionamento, lato di acquisizione e classe di qualità (sano e guasto). Il grafico a barre permette quindi di valutare la variabilità associata ad ogni tipologia di spettri: ad un valore maggiore è associata una maggiore variabilità negli spettri. L'analisi della deviazione standard mette in evidenza valori più bassi nei campioni sani rispetto ai guasti; ciò è particolarmente evidente nei mesi di campionamento successivi ad ottobre. Nei mesi a seguire è evidente una maggiore variabilità spettrale in tutte le castagne guaste. In via del tutto speculativa è possibile affermare che ciò potrebbe essere responsabile di una minore efficacia di un modello discriminante nell'identificare il prodotto guasto nei mesi successivi ad ottobre. Un altro aspetto da prendere in considerazione è la differenza in termini di deviazione standard riscontrata tra tali di acquisizione: il lato della torcia (T) che ha infatti una variabilità minore rispetto gli altri lati di scansione.

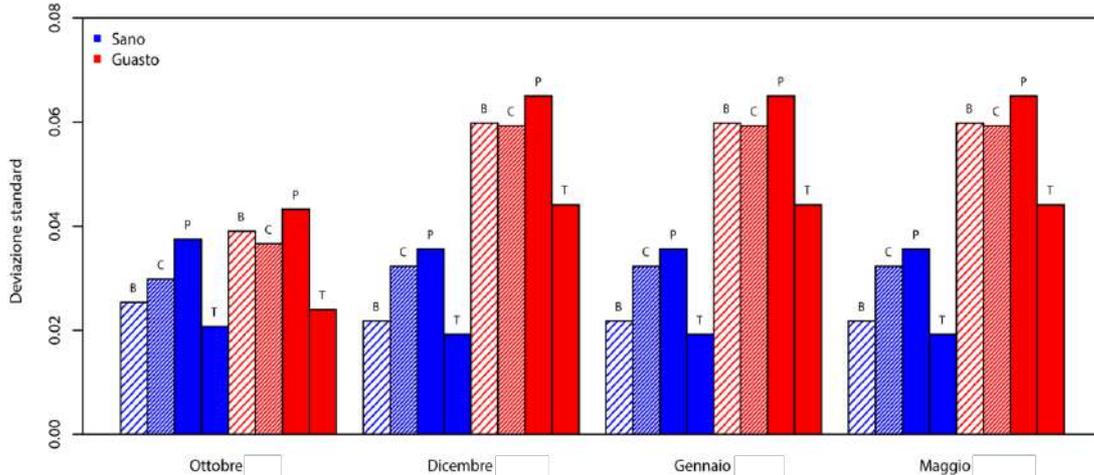


Fig. 46 - Deviazione standard degli spettri di ogni lato e di ogni classe sana e guasta.

Modelli di classificazione

L'algoritmo utilizzato per lo sviluppo dei modelli di classificazione è corrisposto al PLS-DA, il cui numero di variabili latenti (LVs) è stato ottimizzato tramite procedura di cross-validazione "venetian-blinds". La cross-validazione in questione consistente nel suddividere il set di calibrazione sub-dataset composti dal 10% dei campioni totali il dataset totale. In fase di cross-validazione i sub-dataset sono rimossi uno alla volta dal training del modello ed impiegati per valutare le prestazioni di ogni singolo modello. Lo schema di suddivisione dei sub-dataset impiegati per la cross-validazione è esemplificato in Figura 47.



Fig. 47 - Schematizzazione del processo di cross-validazione per lo sviluppo dei modelli.

I modelli sono stati calibrati sino ad un massimo di 20 variabili latenti. Successivamente, mediante l'interfaccia grafica messa a disposizione dal software PLS Toolbox è stato selezionato il numero di LVs ottimale, utilizzando la procedura di cross-validazione precedentemente descritta. Ogni variabile latente spiega in termini percentuali la varianza contenuta nelle variabili originarie, ossia, in questo caso, nelle lunghezze d'onda. Le LVs sono categorizzate in LV1, LV2, ecc., LV20 in ordine decrescente di varianza spiegata. Pertanto, le prime variabili latenti sono quelle contenenti più informazioni, mentre le ultime variabili latenti sono generalmente associate a piccole variazioni osservate negli spettri. Tuttavia, anche se nelle prime variabili latenti è di solito contenuta una elevata percentuale della varianza, non sempre esse contengono informazioni utili per lo sviluppo di un modello. Per questo motivo il numero di LVs incluse in un modello è crescente, allo scopo di cumulare la varianza di più LVs. Tuttavia, includere troppo poche o troppe variabili latenti in un modello può inficiarne le prestazioni, rendendolo poco performanti (situazione di *underfitting*) o inaffidabili (situazione di *overfitting*). In caso di *underfitting*, il modello non ha informazioni a sufficienza per svolgere il compito per il quale è stato creato. In caso di *overfitting*, il modello è "troppo allenato" su uno specifico set di castagne ed è quindi in difficoltà nell'analizzarne altre appartenenti ad un set esterno. all'obiettivo della presente tesi, ossia mettere a punto modelli per la identificazione di castagne guaste, eventuali problemi di *under/overfitting* sono stati arginati mediante il processo di cross-validazione e, quindi, l'accurata selezione del numero ottimale di LVs.

Impiego dello spettro completo

In una prima fase, tutti i modelli di classificazione sono stati sviluppati utilizzando lo spettro completo acquisito nel range Vis/NIR, distintamente per i quattro lati di acquisizione (B, C, P e T) e per i mesi di acquisizione. In aggiunta ai singoli lati di acquisizione, sono stati sviluppati due modelli aggiuntivi, denominati CP e CP. Entrambi i modelli sono stati allenati per classificare i frutti indipendentemente che fossero analizzati nel lato C o nel lato P. La differenza sostanziale tra i due modelli era nella struttura del dataset. Nel dataset CP lo stesso frutto è stato inserito due volte, una con lo spettro del lato C ed una con lo spettro del P. Nel dataset CP, ogni frutto era unicamente inserito, ma caratterizzato dall'unione degli spettri C e P. L'obiettivo dello sviluppo dei modelli CP e CP risiedeva nella necessità di valutare la possibilità di impiegarli per operare la selezione dei frutti indipendentemente che il lato di scansione fosse C o P. Tale necessità era dovuta al fatto che i due lati fossero più semplici da scansionare in una ipotetica macchina selezionatrice non dotata di un sistema di allineamento dei frutti, molto complesso da sviluppare. Le prestazioni dei singoli modelli sono state confrontate tra loro mediante ANOVA ad una via, valutando le differenze in termini di falso positivo, falso negativo, errore totale per i test di predizione.

Modello di ottobre

Nello specifico, andando ad analizzare i risultati del mese di ottobre, possiamo osservare che l'ANOVA non ha evidenziato differenze significative tra i diversi modelli in termini di falso positivo, falso negativo ed errore totale (Tabella 3). Tuttavia, è possibile notare che il modello ottenuto con gli spettri T sembra tendenzialmente migliore rispetto agli altri. Probabilmente però, visto che la percentuale di varianza spiegata molto bassa (pari al 72.02 %), nonostante il modello faccia impiego di 8 LVs, vi è il dubbio che il modello sia in *overfitting*. Gli errori falso positivo e falso negativo sono pressoché simili tra loro in tutti i modelli. Il modello C è stato selezionato come migliore a seguito di considerazioni pratiche, relative alle difficoltà di sviluppo di una macchina selezionatrice che tengano conto anche della forma del frutto e della difficoltà di allinearlo dello stesso durante la scansione. Il lato convesso (C) è indubbiamente il più semplice da acquisire, rendendo il modello C la scelta preferenziale.

Tabella 3 - Risultati dell'analisi statistica ANOVA del mese di ottobre.

Lato	Pretrattamenti			LVs	Varianza (%)	Falso positivo (%)				Falso negativo (%)				Errore totale (%)			
	Scatt. C.	SG	Deriv.			C	CV	P	ns	C	CV	P	ns	C	CV	P	ns
C	/	7	D1f	6	95.90	3.27%	3.87%	1.39%	ns	0.89%	0.89%	2.08%	ns	2.08%	2.38%	1.74%	ns
P	MSC	7	D2f	8	56.16	0.60%	3.27%	2.08%	ns	1.79%	3.87%	2.08%	ns	1.19%	3.57%	2.08%	ns
B	MSC	7	D1f	5	94.69	1.19%	1.19%	2.78%	ns	1.21%	1.21%	2.13%	ns	1.20%	1.20%	2.45%	ns
T	MSC	9	D3f	8	72.02	0.30%	1.19%	0.00%	ns	0.60%	0.89%	0.00%	ns	0.45%	1.04%	0.00%	ns
CP	/	5	D1f	6	94.46	4.17%	4.61%	3.13%	ns	1.79%	1.93%	2.43%	ns	2.98%	3.27%	2.78%	ns
CP	/	5	D1f	5	98.00	2.68%	2.68%	1.39%	ns	1.19%	1.19%	2.08%	ns	1.93%	1.93%	1.74%	ns

Modello di dicembre

Il mese di dicembre non ha evidenziato differenze significative tra modelli (Tabella 4), come già visto nel mese ottobre. Anche in questo la scelta del numero di LVs per il modello T spiega una porzione della varianza molto bassa, anche se gli errori di classificazione non sembrano propendere per un caso di *overfitting*. Anche in questo caso risultano valide le considerazioni fatte per i modelli ottenuti per il campionamento di ottobre e pertanto il modello C è stato considerato l'ottimale, sebbene alcuni modelli sembrano propendere per risultati migliori, come ad esempio B e CPr. In questa data di campionamento, i risultati ottenuti propendo per un errore falso negativo nettamente superiore rispetto al mese precedente. I campionamenti effettuati a dicembre hanno permesso quindi di sviluppare modelli meno affidabili, poiché deficitari nel riconoscimento del prodotto guasto. L'errore falso negativo è quello che più impatta sulle prestazioni del modello: maggiori valori corrispondono ad un modello meno utile per gli scopi dell'attività sperimentale.

Tabella 4 - Risultati dell'analisi statistica ANOVA del mese di dicembre.

Lato	Pretrattamenti			LVs	Varianza (%)	Falso positivo (%)				Falso negativo (%)				Errore totale (%)			
	Scatt. C.	SG	Deriv.			C	CV	P		C	CV	P		C	CV	P	
C	SNV	9	D1f	6	96.34	1.98%	1.98%	1.85%	ns	2.78%	3.17%	8.33%	ns	2.38%	2.58%	5.09%	ns
P	MSC	5	D1f	7	92.91	1.19%	2.78%	2.78%	ns	1.59%	2.38%	6.48%	ns	1.39%	2.58%	4.63%	ns
B	MSC	9	D1f	5	94.33	0.79%	0.79%	0.93%	ns	1.98%	2.38%	4.63%	ns	1.39%	1.59%	2.78%	ns
T	MSC	7	D3f	7	62.55	1.59%	3.97%	0.93%	ns	0.79%	2.78%	6.48%	ns	1.19%	3.37%	3.70%	ns
CP	SNV	5	D1f	7	93.95	2.38%	2.18%	1.39%	ns	2.38%	3.17%	7.87%	ns	2.38%	2.68%	4.63%	ns
CPr	/	9	D2f	6	99.79	1.98%	3.97%	0.00%	ns	1.98%	4.76%	3.70%	ns	1.98%	4.37%	1.85%	ns

Modello di gennaio

Nella Tabella 5 sono riportati i modelli migliori ottenuti per il mese di gennaio. A differenza dei mesi precedenti è possibile notare delle differenze statistiche significative in termini di falso positivo, falso negativo ed errore totale tra i modelli. In questo specifico caso il modello C può essere considerato il migliore compromesso non solo per motivazioni di tipo tecnico, ma anche a seguito il minor incidenza dell'errore falso negativo. Tuttavia, nella eventualità sia possibile sviluppare una macchina selezionatrice in grado di allineare i frutti durante la scansione, i migliori modelli in termini di prestazioni sarebbe B e CPr.

Tabella 5 - Risultati dell'analisi statistica ANOVA del mese di gennaio.

Lato	Pretrattamenti			LVs	Varianza (%)	Falso positivo (%)				Falso negativo (%)				Errore totale (%)			
	Scatt. C.	SG	Deriv.			C	CV	P		C	CV	P		C	CV	P	
C	MSC	9	D2f	7	68.97	2.38%	4.76%	2.78%	ab	2.78%	4.37%	1.85%	ns	2.58%	4.56%	2.31%	ab
P	MSC	9	D2f	6	60.77	2.78%	9.52%	5.56%	a	5.95%	7.94%	6.48%	ns	4.37%	8.73%	6.02%	ab
B	MSC	/	/	6	99.91	2.78%	4.37%	0.00%	b	2.78%	1.98%	1.85%	ns	2.78%	3.17%	0.93%	b
T	none	9	D2f	7	68.23	1.59%	3.97%	2.78%	ab	1.19%	3.97%	5.56%	ns	1.39%	3.97%	4.17%	ab
CP	/	9	D2f	6	58.89	4.56%	6.75%	5.56%	a	5.75%	7.94%	3.24%	ns	5.16%	7.34%	4.40%	ab
CPr	SNV	7	D2f	7	99.66	0.00%	3.57%	1.85%	ab	0.40%	4.37%	1.85%	ns	0.20%	3.97%	1.85%	b

Modello di maggio

Per il mese di maggio valgono le stesse considerazioni effettuate nei mesi precedenti; quindi, le motivazioni tecniche spingono a promuovere il modello C come migliore. Il lato P ha percentuali di: falso positivo, falso negativo ed errore totale leggermente più basse del lato C. Tuttavia, gli errori di entrambi i modelli sono molto alti. Infatti, in questa mensilità, l'unico modello più performante è quello associato al lato B. Tutti gli altri hanno delle prestazioni molto scadenti. Considerato anche il fatto che la mensilità di maggio è risultata associata ad una incidenza del danno pari al 75 %, non è da considerarsi opportuno sviluppare modelli di classificazione per tale periodo della conservazione.

Tabella 6 - Risultati dell'analisi statistica ANOVA del mese di maggio.

Lato	Pretrattamenti			LVs	Varianza (%)	Falso positivo (%)				Falso negativo (%)				Errore totale (%)			
	Scatt. C.	SG	Deriv.			C	CV	P		C	CV	P		C	CV	P	
C	MSC	7	D1f	8	97.75	2.86%	3.57%	6.67%	ab	5.71%	7.14%	11.67%	ns	4.29%	5.36%	9.17%	ab
P	/	9	D2f	7	66.31	1.43%	14.29%	6.67%	ab	0.71%	8.57%	5.00%	ns	1.07%	11.43%	5.83%	b
B	/	5	D1f	6	92.50	3.57%	4.29%	1.67%	b	2.86%	4.29%	8.33%	ns	3.21%	4.29%	5.00%	b
T	/	5	D2f	6	55.91	2.86%	22.86%	15.00%	a	5.00%	17.14%	15.00%	ns	3.93%	20.00%	15.00%	a
CP	SNV	9	D2f	7	62.42	3.57%	11.43%	8.33%	ab	5.00%	11.07%	9.17%	ns	4.29%	11.25%	8.75%	ab
CPr	SNV	9	D2f	6	99.68	2.86%	10.00%	15.00%	a	1.43%	12.14%	6.67%	ns	2.14%	11.07%	10.83%	ab

Confronto tra mensilità

A seguito delle analisi delle singole mensilità è possibile concludere che il modello C è probabilmente il migliore, nonostante in alcuni casi si tratti di un compromesso. Lo scopo del seguente paragrafo è quello di riassumere le prestazioni del modello C operando un confronto tra mensilità. La Figura 48 riporta l'andamento medio dell'errore falso positivo in predizione nel corso dei mesi, ossia l'incidenza con la quale il modello classificava erroneamente le castagne sane come guaste. Gli errori tra mensilità sono stati confrontati mediante ANOVA ad una via, senza però mostrare alcuna differenza significativa. Tuttavia, è possibile notare un tendenziale aumento dell'errore falso positivo nei mesi di acquisizione, raggiungendo il valore massimo a maggio.

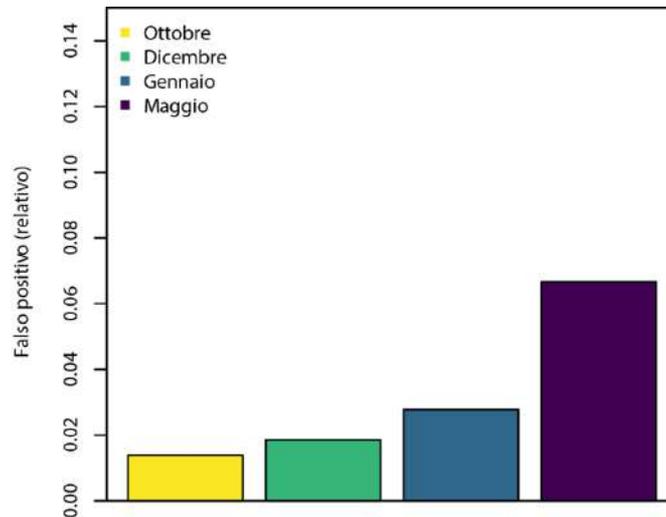


Fig. 48 - Errore falso positivo per il modello C, osservato nel corso dei quattro mesi di conservazione.

La Figura 49 mostra l'andamento del falso negativo per il modello C osservato nei quattro mesi di sviluppo. Al falso negativo corrisponde l'errata classificazione del frutto guasto come sano. Anche in questo caso l'ANOVA ad una via non ha trovato significatività tra mensilità. L'errore riscontrato nei mesi non mostra un andamento chiaro come nel caso del falso positivo, ma sembra essere legato alla casualità del campionamento. L'errore falso negativo ha mostrato un tendenziale aumento più elevato nei mesi di dicembre e maggio. I dati ottenuti anche dall'analisi distruttiva non consentono di identificare i motivi della elevata variabilità riscontrata ed ulteriori indagini saranno necessarie per rendere i modelli più robusti nei confronti dell'errore falso negativo.

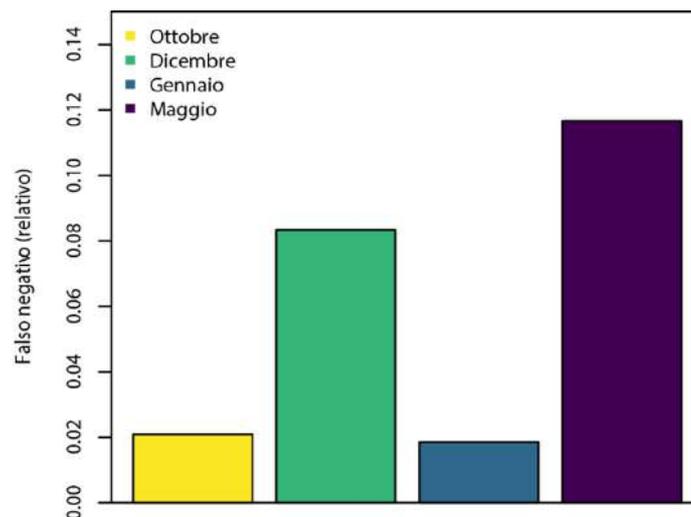


Fig. 49 - Errore falso negativo per il modello C, osservato nel corso dei quattro mesi di conservazione.

In termini di errore totale sono state riscontrate differenze statistiche (Figura 50). Nei mesi di ottobre e gennaio risultano evidenti i valori inferiori rispetto a maggio; il mese di dicembre non è significativamente differente da tutti gli altri. L'andamento dell'errore totale nei mesi mostra con certezza l'inaffidabilità del modello sviluppato nel mese di maggio, ma mette in evidenza l'elevata variabilità riscontrata nel mese di dicembre, che dovrà essere approfondita con ulteriori studi.

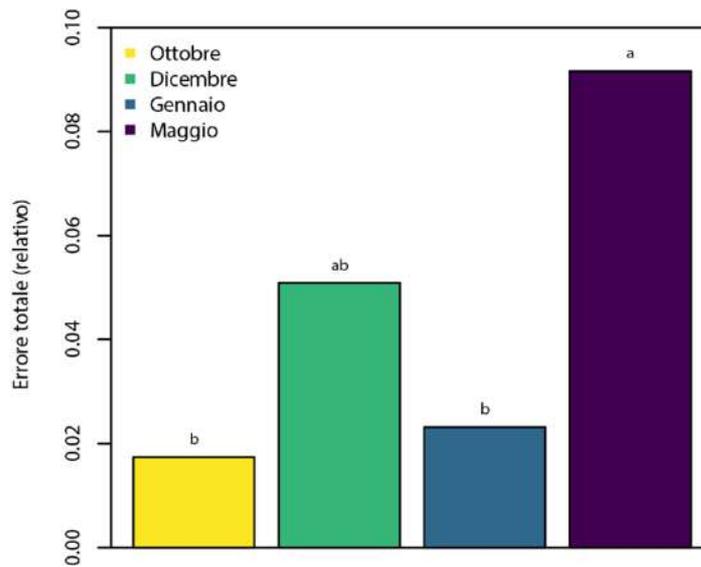


Fig. 50 - Errore totale per il modello C, osservato nel corso dei quattro mesi di conservazione.

Selezione delle lunghezze d'onda

In base alle considerazioni precedentemente illustrate, il lato migliore per l'acquisizione degli spettri è risultato il C e pertanto il relativo dataset è stato anche utilizzato per sviluppare modelli iPLS-DA da 1 a 3 lunghezze d'onda (1 WL, 2 WL e 3 WL). Il numero massimo di lunghezze d'onda è stato scelto con l'idea di semplificare il più possibile il modello a poche lunghezze d'onda. Per lo stesso motivo l'unico pretrattamento spettrale utilizzato in questi modelli è stato il *Mean Centering*. Il processo di cross-validazione è stato impiegato per selezionare il numero ottimale di LVs, mentre il confronto tra le prestazioni dei modelli è stato effettuato in termini di falso positivo, falso negativo ed errore totale in predizione. Allo scopo è stata utilizzata l'ANOVA a due vie, ponendo come primo fattore i mesi di campionamento (M) e come secondo fattore il numero di lunghezze d'onda selezionate (WL). I risultati dell'ANOVA sono riportati in Tabella 5. L'analisi ci permette di analizzare e confrontare i falsi positivi, negativi ed errori totali. Laddove $P \leq 0.05$ è stata valutata la significatività dell'interazione tra i due fattori o l'effetto disgiunto dei singoli fattori. L'interazione è risultata significativa solo per l'errore falso positivo. Attraverso il confronto a coppie tramite Tukey's Test è stato effettuato il confronto tra le medie tra tutte le possibili combinazioni dei livelli dei due fattori ed il risultato è mostrato anche in figura 50 per una più immediata interpretazione.

Tab. 7 - Risultati ANOVA a due vie per il modello C confrontando il fattore (M) mese di campionamento e (WL) numero di lunghezza d'onda.

Fattori		Falso positivo (%)	Falso negativo (%)	Errore Totale (%)
Mese di campionamento (M)				
	Ottobre	11.3% ± 4.3%	4.6% ± 3.1%	8.0% ± 2.9%
	Dicembre	18.5% ± 8.6%	19.4% ± 9.7%	17.0% ± 8.4%
	Gennaio	20.1% ± 12.9%	15.4% ± 8.8%	19.8% ± 9.8%
	Maggio	27.8% ± 5.7%	25.0% ± 14.8%	26.4% ± 8.8%
	<i>p</i>	< 0.001	< 0.01	< 0.001
Numero di lung. d'onda (WL)				
	3 WL	17.8% ± 10.5%	15.1% ± 15.0%	16.4% ± 11.6%
	2 WL	15.9% ± 7.8%	15.2% ± 10.1%	15.5% ± 8.4%
	1 WL	24.6% ± 10.2%	18.2% ± 11.7%	21.4% ± 10.1%
	<i>p</i>	< 0.05	ns	ns
M x WL				
	Ottobre 3 WL	8.3% ± 3.6%	2.1% ± 2.1%	5.2% ± 1.0%
	Ottobre 2 WL	9.7% ± 3.2%	6.9% ± 3.2%	8.3% ± 3.1%
	Ottobre 1 WL	16.0% ± 1.2%	4.9% ± 2.4%	10.4% ± 1.0%
	Dicembre 3 WL	16.7% ± 7.3%	13.9% ± 10.0%	15.3% ± 8.3%
	Dicembre 2 WL	15.7% ± 5.8%	14.8% ± 8.5%	15.3% ± 6.9%
	Dicembre 1 WL	23.1% ± 12.5%	17.6% ± 11.2%	20.4% ± 11.8%
	Gennaio 3 WL	13.0% ± 1.6%	17.6% ± 8.0%	15.3% ± 4.8%
	Gennaio 2 WL	13.0% ± 8.5%	13.9% ± 2.8%	13.4% ± 5.3%
	Gennaio 1 WL	34.3% ± 11.6%	26.9% ± 13.1%	30.6% ± 8.4%
	Maggio 3 WL	33.3% ± 2.9%	26.7% ± 24.7%	30.0% ± 13.2%
	Maggio 2 WL	25.0% ± 5.0%	25.0% ± 15.0%	25.0% ± 9.0%
	Maggio 1 WL	25.0% ± 5.0%	23.3% ± 5.8%	24.2% ± 5.2%
	<i>p</i>	< 0.05	ns	ns

La figura 51 mostra migliori prestazioni in termini di falso positivo per i modelli a 2 e 3 lunghezze d'onda (2WL e 3 WL) ottenuti con il dataset del mese di ottobre. Le altre mensilità mostrano risultati peggiori. In tutti i modelli, l'uso di una sola lunghezza d'onda aumenta eccessivamente l'errore falso positivo e quindi il modello 1WL non risulta viabile. Inoltre, confrontando il grafico con la Tabella 5, è possibile notare nel mese di ottobre la lettera b viene associata alle lunghezze d'onda 2 WL e 3 WL, mentre passando ad 1 WL c'è un netto peggioramento. Anche osservando gli altri mesi nonostante hanno un andamento peggiore da quello di ottobre questo è ulteriormente peggiorato se si scende sotto le due lunghezze d'onda. In alcuni casi, Prendendo per esempio il caso di gennaio nel falso negativo ci sono risultati non significativamente diversi da ottobre ma poi con percentuali non positive. Dalle diverse considerazioni, si può quindi dedurre che, il lato. C'è risultato il migliore per lo sviluppo di una macchina selezionatrice; per questo lato è stato osservato che il numero di lunghezze d'onda non deve essere inferiore a due, prendendo in considerazione i campionamenti di ottobre.

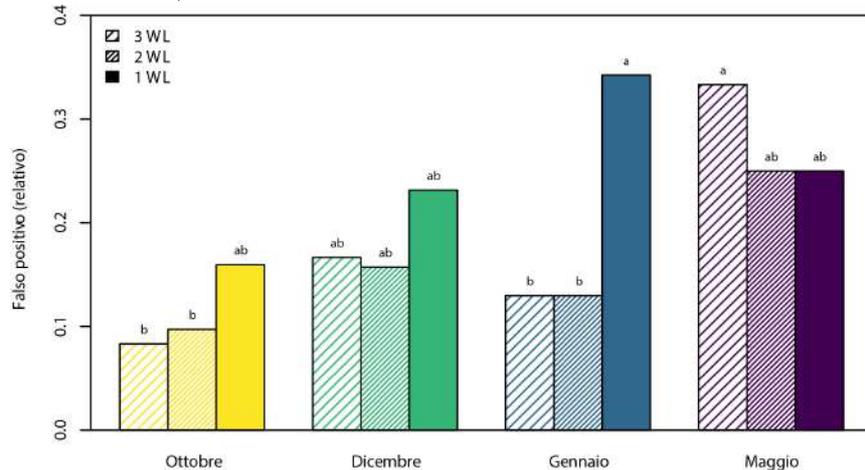


Fig. 51 - Combinazione dei fattori (M) mese di campionamento e (WL) numero di lunghezze d'onda per il modello C.

In base alla procedura di analisi descritta in precedenza attraverso i risultati riportati in Tabella 7, dove è stato analizzato nel dettaglio l'interazione tra i due fattori (M x WL) che hanno mostrato significatività solo nel falso positivo e meglio raffigurato nella Figura 51, è stato possibile anche soffermarsi sul falso negativo ed errore totale, i quali sono influenzati solo dal mese di campionamento (M), la cui significatività è rappresentata per il falso negativo dalla Figura 52. Qui è evidente che, dal mese di ottobre in poi c'è una tendenziale crescita dell'errore.

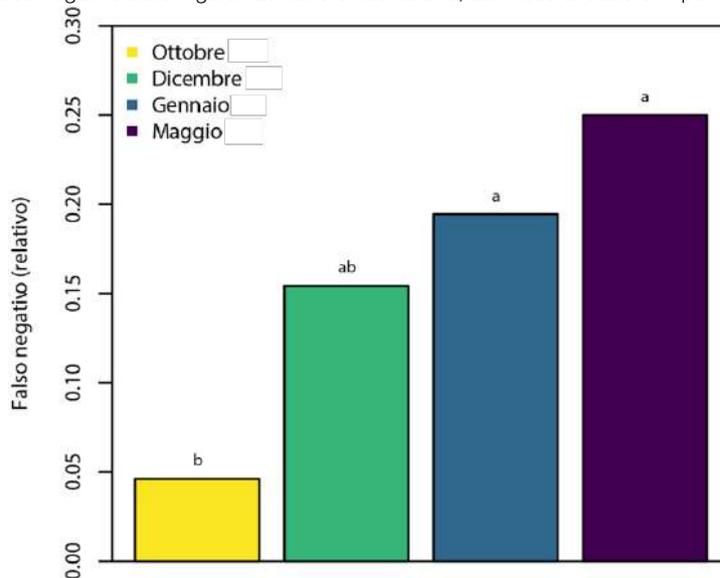


Fig. 52 - Significatività dell'errore falso negativo sul modello C osservato nei diversi mesi.

L'errore totale, mostrato nella figura 53, ha un andamento del tutto simile a quello del falso negativo, ossia una crescita lineare nelle mensilità. Analizzando più nel dettaglio le percentuali di errore dalla Tabella 7, anche in questo caso ottobre risulta essere il mese con errore totale minore e dicembre è un mese transitorio, che non presenta differenze significative né con il mese di ottobre, né con gennaio e maggio. Pertanto, è possibile asserire che il mese di ottobre è il migliore per lo sviluppo dei modelli predittivi. Per cui è fondamentale effettuare campionamenti sul prodotto appena raccolto, affinché il modello di classificazione sia più efficiente, piuttosto che durante la conservazione.

Inoltre, la selezione delle lunghezze d'onda mette in luce l'importanza di utilizzarne un minimo di 2. Diversamente, il modello ha una inaccettabile diminuzione delle prestazioni.

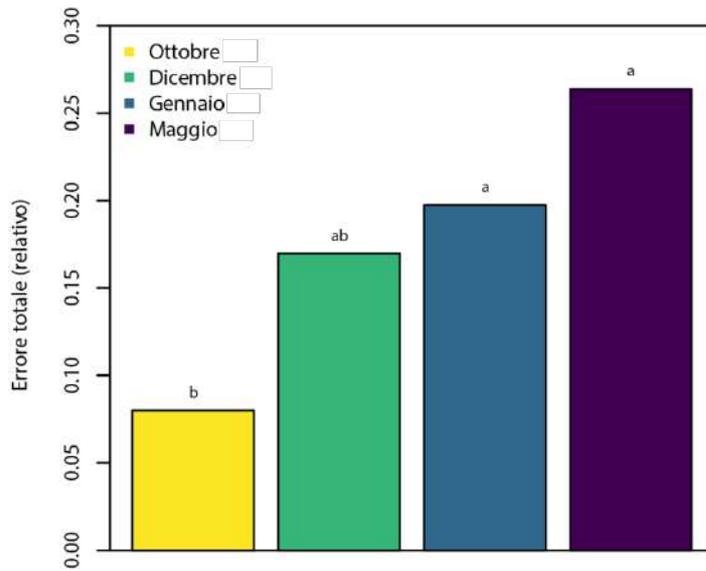


Fig. 53 - Significatività dell'errore totale sul modello C osservato nei diversi mesi.

In Figura 54 è possibile osservare gli spettri medi del lato C per le castagne del mese di ottobre. Tale figura ha lo scopo di mostrare il range spettrale dei 930-970 nm, entro il quale sono state più frequentemente selezionate le tre lunghezze d'onda utilizzate nei modelli. Tale range ricade nel vicino infrarosso (NIR 750-2500 nm), ossia l'intervallo dello spettro elettromagnetico che consente di osservare e studiare gli *overtone* (o *overtone*) di alcuni gruppi funzionali. Gli *overtone* corrispondono a bande armoniche ed alle combinazioni dei moti vibrazionali di flessione (*bending*) o allungamento (*stretching*), dei legami C-H, O-H ed N-H. Nel range 700 -1000 nm sembra che il contenuto di umidità, zuccheri, grassi e proteine dei prodotti freschi sia correlato al terzo *overtone* dei gruppi C-H, O-H e N-H. Andando più nello specifico le lunghezze d'onda vicino a 960 nm sono associate al secondo *overtone* ed alla combinazione dei moti vibrazionali di *stretching*, mentre quella adiacenti ai 910 nm sono associate terzo *overtone* del legame C-H. I costituenti della buccia di castagna sono: cellulosa, avente i legami C-H (oligosaccaridi e glucosio), fenoli composti, caratterizzati dai gruppi O-H (acido ellagico, acido ferulico, scoparone), ed emicellulosa, tra cui lo xilo-oligosaccaridi (xilobiosio, xilotriosio, xiloesaosio). La differenza degli spettri osservati nella Figura 54 tra i campioni sani e guasti potrebbe essere dovuta all'alterazione del tegumento esterno dei frutti di castagna, danneggiato da infezioni e/o infestazioni.

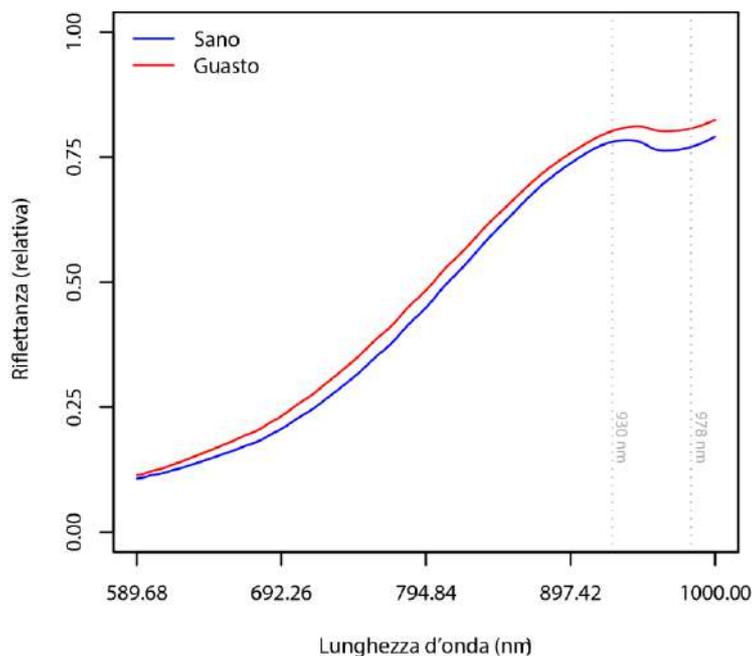


Fig. 54 - Differenze di riflettanza tra i campioni di castagne sane e guaste.

Considerazioni finali

L'analisi non-distruttiva NIR ha mostrato la propria efficacia nel riconoscimento di castagne guaste (infette ed infestate) dalle sane in una ipotetica linea di selezione. La sperimentazione è stata condotta su frutti freschi (campionamento di ottobre) e conservati (campionamenti di dicembre, gennaio e maggio). La sperimentazione è stata ripetuta per tre anni, potendo contare anche sui finanziamenti ottenuti tramite il progetto SANCAST. Le acquisizioni sono state effettuate per 4 lati della castagna ed i modelli sono stati sviluppati per ogni lato, nonché per la combinazione di alcuni di essi. Durante l'attività sperimentale sono stati messi a punto modelli basati sull'impiego [1] dello spettro completo e [2] di una selezione di 1, 2 e 3 lunghezze d'onda. I risultati portano a concludere che i modelli ottenuti dalle acquisizioni del lato convesso del frutto (C) sono i migliori, a seguito dei buoni risultati ottenuti ed a considerazioni pratiche, relative allo sviluppo di una macchina selezionatrice in cui l'allineamento dei frutti durante la scansione non è previsto. Tuttavia, se fosse possibile costruire una macchina selezionatrice in grado di allineare e posizionare le castagne durante la scansione, il miglior modello in termini di prestazione corrisponderebbe a quello associato alla scansione della cicatrice ilare (lato B). I test di sviluppo dei modelli alla raccolta (ottobre) e di quelli durante la conservazione (dicembre, gennaio e maggio) hanno mostrato una maggiore efficacia dei primi. Con l'avanzare della conservazione ed il deterioramento del prodotto, le prestazioni dei modelli sono infatti peggiorate considerevolmente. Tale andamento è risultato approssimativamente lineare per l'errore falso positivo dei modelli a spettro completo e per l'errore falso negativo per i modelli ottenuti tramite la selezione delle lunghezze d'onda, con relative implicazioni per l'errore totale. Il mese di maggio, caratterizzato da modelli dalle prestazioni peggiori, mostra un'incidenza del danno pari al 75 %, ben il 49 % in più rispetto al mese di ottobre. Sebbene, come anticipato, sembri che l'efficacia dei modelli dipenda dal mese di campionamento, ulteriori indagini sono necessarie per verificare tale ipotesi.

WP 6.4: Integrazione dei sistemi di classificazione nel prototipo di macchina selezionatrice e valutazione risultati della sperimentazione presso PROCAAM

Partner attuatore	UNITUS-DIBAF (P6)
-------------------	-------------------

Gli algoritmi di classificazione, sviluppati in termini di sensibilità, specificità, accuratezza e velocità di analisi, sono stati poi trasferiti sul prototipo di macchina selezionatrice realizzato da CERTEMA. La scelta del sensore da utilizzare sul prototipo, telecamera multi-spettrale o di un array di sensori è stato oggetto di valutazione all'interno del progetto. Infatti, l'uso di un array di sensori che operi scansioni a lunghezze d'onda specifiche (o "features") anziché nell'intero range spettrale, pur essendo una soluzione più veloce e meno costosa della telecamera multi-spettrale, riduceva sensibilmente il numero di "features" disponibili. Tale riduzione è stato l'elemento cardine per velocizzare i tempi di elaborazione e interpretazione dei dati acquisiti da telecamere/sensori e quindi per rendere i modelli utilizzabili su un impianto online. Tuttavia, poiché la spettroscopia NIR è affetta da problemi di non specificità, la riduzione del numero di "features" potrebbe indebolire i modelli in termini di efficacia di predizione. Pertanto, il team ha operato con l'obiettivo di ottenere il bilanciamento migliore tra accuratezza e complessità (O o Ω) dei modelli. L'attività è stata svolta in stretta collaborazione con tutte le unità operative del progetto. Una volta realizzato il prototipo, sono stati monitorati i risultati durante le prove condotte dalla PROCAAM sui frutti dei partner castanicoltori.

WP 5.1: Sperimentazione preliminare e progettazione d'assieme del prototipo di macchina selezionatrice delle castagne difettate

Partner attuatore	CERTEMA (P5)
-------------------	--------------

Nell'ambito del progetto il CERTEMA SCARL è stato responsabile dello svolgimento e dell'attuazione dei 3 WP relativi alla sperimentazione preliminare, alla progettazione (d'assieme ed esecutiva), alla realizzazione e sperimentazione del prototipo di macchina selezionatrice delle castagne.

Introduzione

A partire da un design "a blocchi funzionali" (Fig. 1) della macchina selezionatrice, le attività condotte nel presente WP hanno permesso di individuare i parametri fondamentali per lo sviluppo della progettazione del prototipo tanto in termini di performance generali (e.g. velocità di avanzamento e produttività) quanto di specifiche tecniche di dettaglio (e.g. requisiti di separazione e posizionamento dei frutti, dimensioni di ingombro, ergonomia) andando così a definire gli obiettivi (cosa si vuole conseguire), gli attributi (caratteristiche e proprietà associate a specifici indicatori) del prototipo e i criteri (struttura di preferenze) da utilizzare per la valutazione delle eventuali differenti soluzioni progettuali.



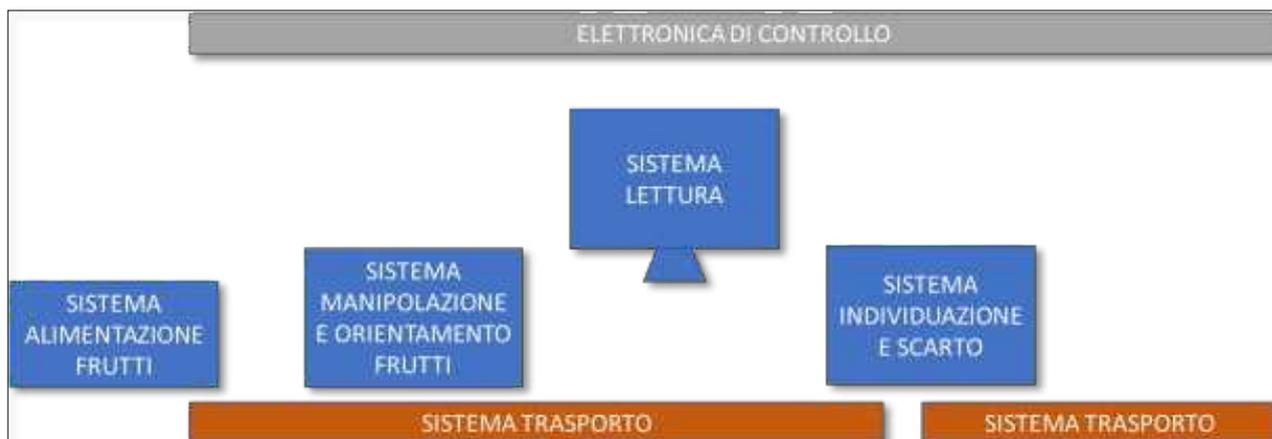


Fig. 55 – Macchina Selezionatrice - Schema "a blocchi funzionali".

Tipologia di frutto oggetto della sperimentazione

La prima attività condotta nell'ambito del WP è stata l'identificazione del frutto oggetto della sperimentazione, dalle cui dimensioni e caratteristiche sono derivate parte delle specifiche del sistema di trasporto. Tale identificazione è stata condotta in occasione delle visite effettuate presso la PROCAAM volte ad appurare le attuali modalità di effettuazione del processo di selezione.



Fig. 56 – Visita presso la PROCAAM.



Fig. 57 – Esempio di frutto guasto (sx) e buono (dx).

La scelta è ricaduta sulla tipologia Bastarda Rossa, varietà di buon pregio particolarmente diffusa per il consumo fresco, dotata di frutto dalle grandi dimensioni e di forma ovale con apice poco pronunciato, pericarpo persistente di colore rossastro con striature marroni poco evidenti al tatto ed episperma piuttosto aderente di colore avana, con difficoltà media di asportazione, il cui seme ha un colore crema chiaro e sapore dolce.

Tipo di prodotto	Bastarda Rossa
Calibro:	27-32 mm
Peso Medio:	12 g

Tab. 8 – Tipologia di prodotto oggetto della sperimentazione.



Fig. 58 – Esempio di frutto guasto

Performance Attese

Il principale driver nella definizione delle specifiche è stato il *Sistema di Lettura*, che rappresenta il cuore del sistema della macchina selezionatrice e dalle cui performance (e.g. velocità di lettura, tempi di latenza) e caratteristiche (e.g. capacità di lettura, condizioni di illuminazione, ingombri) sono derivate quelle degli altri componenti del prototipo.



Fig. 59 – Macchina Selezionatrice - Schema "a blocchi funzionali" – Interconnessioni causali.

Sulla base delle performance attese del sensore comunicate dal partner DIBAF (9) e su quelle che il sistema di cernita deve soddisfare per poter rappresentare un utile strumento a supporto delle attività di selezione e commercializzazione nel settore castanicolo, definite dal partner PROCAAM in funzione della propria esperienza sul campo (Tab. 2), sono state individuati dei valori target, del prototipo meccanico e della parte di automazione, declinati in obiettivi minimi di progetto (Project Goal) e obiettivi target di progetto (Stretch Goal).

Performance	Project Goal	Stretch Goal
Tempo di acquisizione ed elaborazione (s)	0.5	0.1
Quantità di prodotto processato (kg/h)	172	864

Tab. 9 – Performance del sistema

Ingombri

Un discorso a parte è stato invece condotto per gli ingombri complessivi e l'ergonomia del sistema che, nei limiti delle necessità derivanti dal *Sistema di Lettura*, hanno seguito le indicazioni del partner utilizzatore (PROCAAM) al fine di massimizzarne la praticità di utilizzo e l'adattabilità alle differenti condizioni e ambienti di raccolta e smistamento del frutto.

Progettazione e Sperimentazione Preliminare

Sulla base delle indicazioni ricevute (§ 3.1.3, §3.1.4, §3.1.5) il Certema ha elaborato diverse alternative progettuali, di cui in Fig. 60 e Fig. 61 sono riportati alcuni esempi, atte a fornire un layout preliminare del prototipo e identificare le soluzioni tecnologiche più appropriate, la cui validazione è stata effettuata attraverso una campagna di sperimentazione e test condotta, separatamente, sui singoli blocchi funzionali.

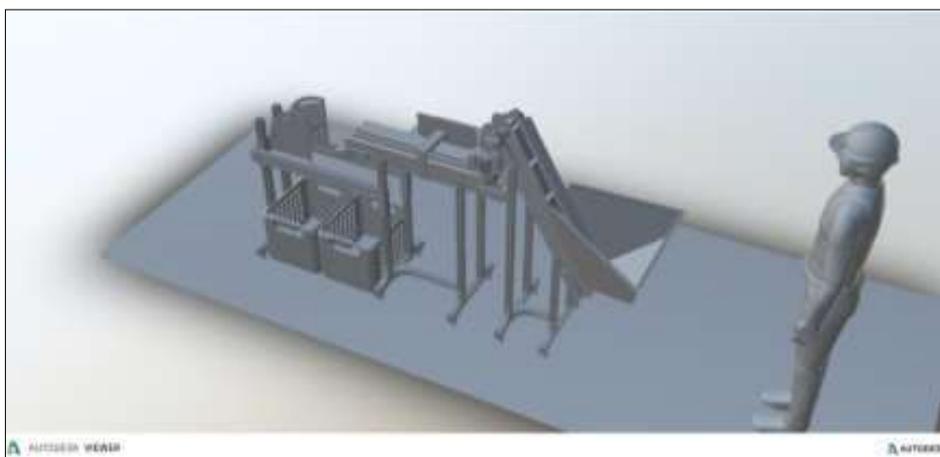


Fig. 60 – Alternativa progettuale #1.

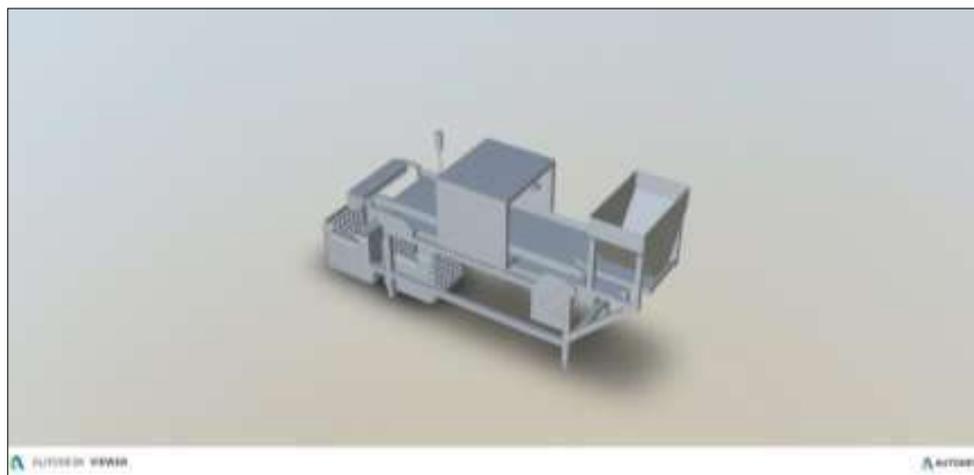


Fig. 61 – Alternativa progettuale #2

Nello specifico, le attività di sperimentazione e test si sono concentrate sui seguenti aspetti del sistema di selezione e scarto:

- Determinazione delle **modalità di trasporto e presentazione dei frutti ai sensori** al fine di assicurare la selezione e l'individuazione univoca dei prodotti da scartare.
- Determinazione della **modalità di intercetto e rimozione** del prodotto difettato.
- Determinazione della **distanza tra la postazione di lettura e quella di intercettazione**.
- Determinazione delle necessità e delle modalità per la **sanificazione** di parti della macchina che possano entrare in contatto con frutti contaminati.

Per ciascuno di essi, insieme al partner "Università degli Studi della Tuscia - Viterbo – DIBAF" il CERTEMA SCARL ha individuato e definito le specifiche del DoE (Design of Experiment) da applicare per l'identificazione dei parametri di processo ottimali per l'integrazione del detector NIR individuato.

Sistema di trasporto

Numero di sensori

La definizione del sistema di trasporto ha visto come primo step la determinazione del numero di sensori da installare in parallelo per soddisfare i valori di performance attesa (§3.1.4). In base alle richieste di capacità oraria e ai tempi di elaborazione attesi si è scelto di predisporre il sistema per accogliere n. 2 sensori.

PROJECT GOAL			Quantità Processabili	
Peso Medio Castagna (g)	Tempo di acquisizione ed elaborazione dati (s)	Nr. Sensori	kg/h	Pezzi/h
12	0,5	1	86	7.200
12	0,5	2	48	2.880
12	0,5	3	72	4.320
12	0,5	4	96	5.760
12	0,5	6	144	8.640
STRETCH GOAL			Quantità Processabili	
Peso Medio Castagna (g)	Tempo di acquisizione ed elaborazione dati (s)	Nr. Sensori	kg/h	Pezzi/h
12	0,1	1	432	36.000
12	0,1	2	864	72.000
12	0,1	3	1.296	108.000
12	0,1	4	1.728	144.000
12	0,1	6	2.592	216.000

Tab. 10 – Determinazione del numero di sensori da installare.

Dimensionamento Nastri

Sulla base del numero di sensori, delle dimensioni del frutto e delle performance attese è stato possibile procedere al dimensionamento dei nastri che hanno tenuto conto delle esigenze più sfidanti di progetto (Stretch Goal).

Dimensionamento Nastro di Lettura

Per il **nastro di lettura** la scelta è ricaduta sul modello con le caratteristiche illustrate in Tab. 11, la cui verifica è riportata in Tab. 12.

NASTRO LETTURA	DATI		
Item	Sym	Unit	Value
Motore	nl	g/min	1.350
Rapporto Riduzione	il		1/14
Diametro rullo	Ø	mm	95
Larghezza celle	L	mm	32
Spessore Facchino	S	mm	12

Tab. 11 – Nastro Lettura – Dati di progetto.

NASTRO LETTURA	VERIFICA VELOCITA'			
Item	Sym	Formula	Unit	Value
Tempo di lettura sensore	T	--	s	0,1
Velocità Attesa		$(L+S)/T$	m/s	0,44
Velocità Albero Lento	Al	$nl*il/60$	g/s	1,61
Spostamento giro	Cl	$\varnothing*\Pi$	m	0,298
Velocità Nastro	VI	$Cl*Al$	m/s	0,48

Tab. 12 – Nastro Lettura – Verifica Velocità.

Dimensionamento Nastro di Carico

Mentre per il **nastro di carico** le caratteristiche e la verifica sono riportate in Tab. 13 e 14.

NASTRO CARICO	DATI		
Item	Sym	Unit	Value
Motore	nc	g/min	1.350
Rapporto Riduzione	ic		1/70
Diametro rullo	Ø	mm	95
Interasse Facchino	Lf	mm	214
Alimentazione Frutti	Af	pz/s	20

Tab. 13 – Nastro Carico – Dati di Progetto.

NASTRO CARICO	VERIFICA VELOCITA'			
Item	Sym	Formula	Unit	Value
Stima di carico frutti*	Tc	--	pz	40,00
*Stima ottenuta da prove empiriche				
Velocità Albero Lento	Ac	$nc*ic/60$	g/s	0,32
Spostamento giro	Cc	$\varnothing*\Pi$	m	0,298
Velocità Nastro	Vc	$Cc*Ac$	m/s	0,096
Frequenza Facchini	Fc	Lf/Vc	s	2,23
Carico Frutti		$Fc*Af$	pz	44,62

Tab. 14 – Nastro Carico – Verifica Velocità.

Entrambi i nastri sono stati dotati di motore con inverter per assicurare la flessibilità necessaria a variarne le condizioni di funzionamento durante la fase di sperimentazione e collaudo.

Tappeti Nastri

In riferimento alla tipologia di tappeti da utilizzare sono stati effettuati dei test comparativi per determinare quello con le prestazioni migliori per l'impiego richiesto tenendo conto di diversi parametri. L'elenco dei parametri utilizzati e le scelte effettuate sono elencati in 15.

TAPPETI		SPECIFICHE	
Parametro	Specifiche	Motivazione	
Generale:			
Materiale:	PVC a due tele	Resistenza ad usura	
Colore:	Verde	Bassa riflettanza per non interferire con il sistema di lettura/acquisizione immagini	
Nastro Lettura			
Altezza Facchini:	16 mm	Correlato alle dimensioni del frutto per minimizzare le sovrapposizioni	
Interspazio:	32 mm	Corrispondente alla dimensione media del frutto per trasportare un solo elemento per ciascun facchino e presentare un solo frutto alla volta al sistema di lettura	
File Facchini in parallelo:	2	Corrispondente al numero di sensori	
Interasse File:	25 mm	Interasse minimo per evitare interferenze meccaniche	
Nastro Carico			
Altezza Facchini:	28 mm	Garantire una capacità di carico sufficiente	
Interasse:	214 mm	Ottimizzazione della capacità di carico vs i rischi intasamento	
Inclinazione nastro:	45°	Ottimizzazione della funzionalità vs ingombri	

Tab. 15 – Tappeti Nastri - Specifiche.

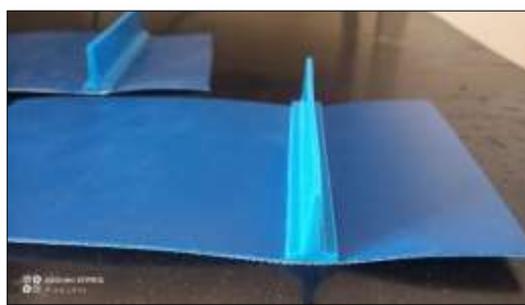


Fig. 62 e 63 – Tappeti Nastri – Campioni.

Tramoggia di carico

Il dimensionamento e la progettazione della tramoggia di carico sono stati ottimizzati al fine di garantire un flusso costante di prodotto alla macchina. Per ridurre il numero di operazioni di carica da parte dell'operatore, sono stati valutati diversi volumi di alimentazione con l'obiettivo di ottenere la massima capacità di carico minimizzando gli ingombri.

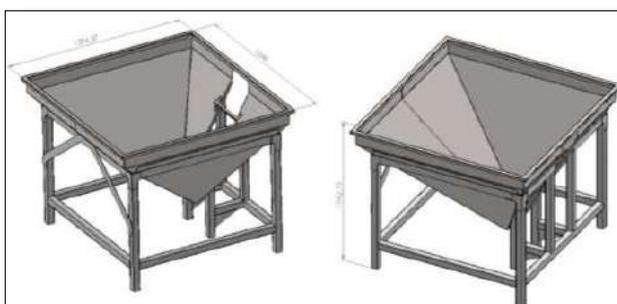


Fig. 64 – Tramoggia con volume di 0,5 m³



Fig. 65 – Tramoggia con volume di 0,03 m³

La soluzione finale ha visto prevalere la minimizzazione degli ingombri, soprattutto nell'ottica dell'adattabilità del prototipo alle diverse condizioni di installazione operativa. Lo studio progettuale prevede comunque una facile scalabilità della soluzione grazie alla standardizzazione dell'interfaccia tra nastro di carico e tramoggia.

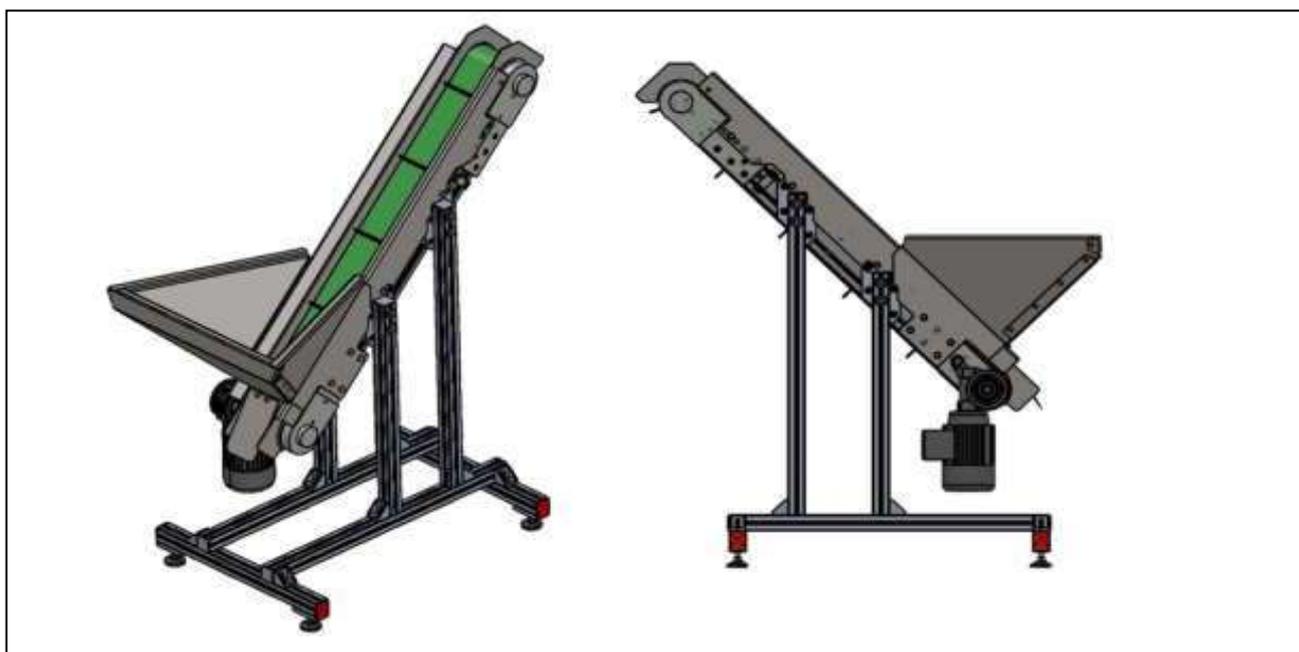


Fig. 66– Tramoggia – Soluzione scelta.

Sistema di scarto

Per il sistema di scarto sono stati esaminati due diversi principi operativi: (a) ad aria compressa e (b) meccanico/pneumatico, entrambi operanti sul frutto non vincolato (i.e. in traiettoria libera all'uscita dal nastro di lettura). Sebbene molto diffuso nel campo delle selezionatrici automatiche, a causa del peso e della forma del frutto, il sistema di gestione dello scarto per mezzo di un getto di aria compressa non è riuscito a garantire durante i test preliminari l'affidabilità e la tempestività di intervento necessaria ad un corretto funzionamento del sistema. L'alternativa meccanico/pneumatica, invece, basata su un sistema di scarto pneumatico a palette sviluppato internamente, si è dimostrato estremamente affidabile anche se di funzionamento più complesso. Anche in questo caso, il design del sistema ha tenuto conto della possibile scalabilità: la progettazione a moduli permette, infatti, la semplice integrazione di ulteriori sensori in parallelo.

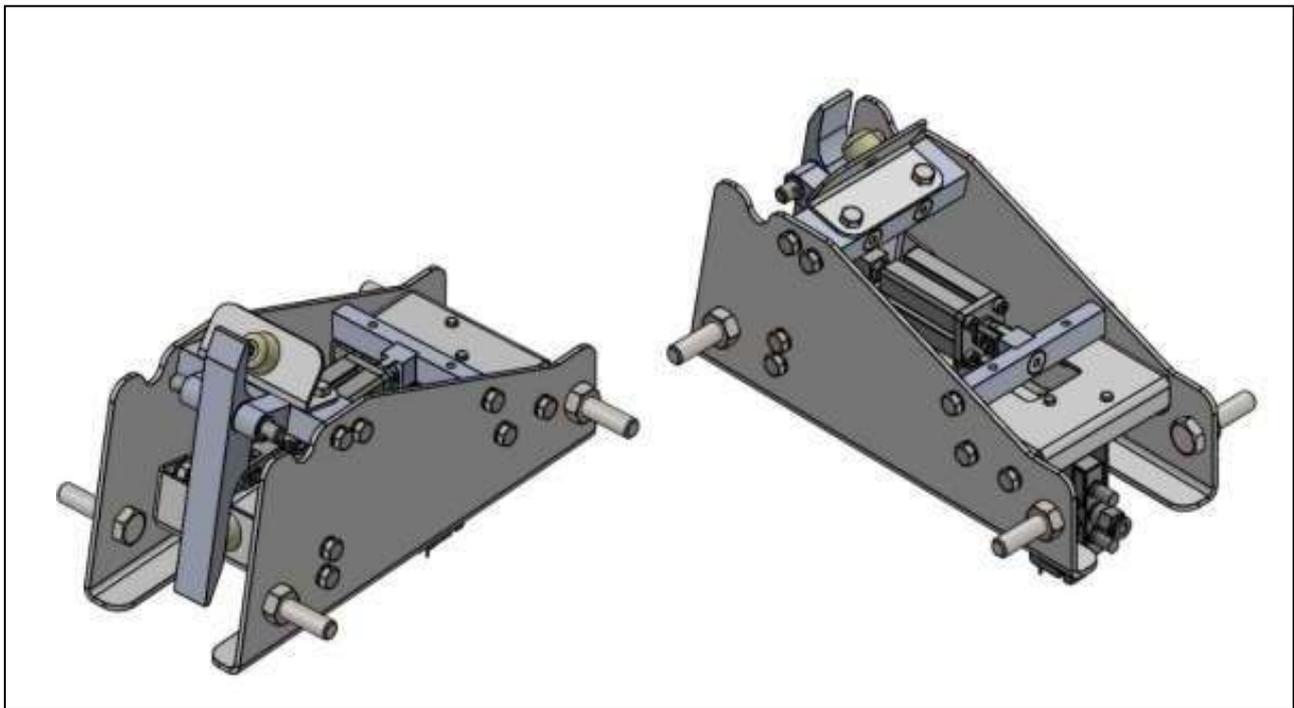


Fig. 67 – Selezionatore meccanico/pneumatico: modulo per nr.1 sensore.

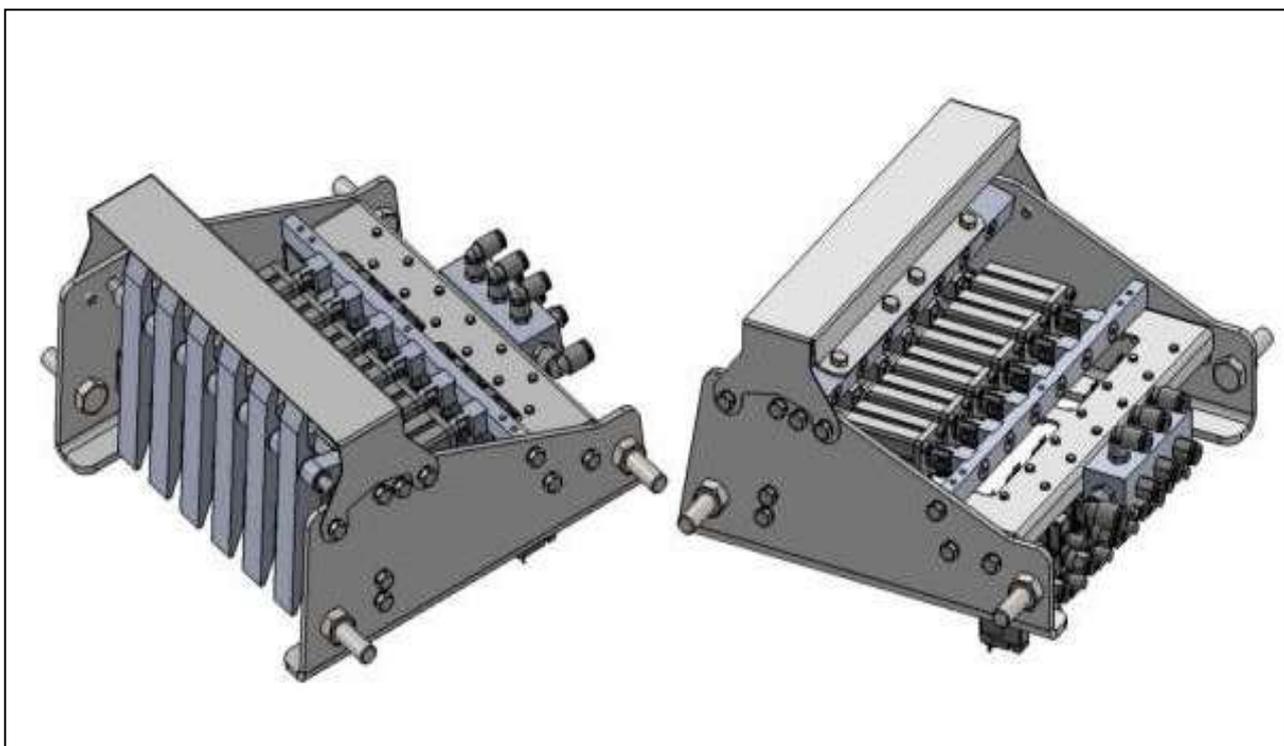


Fig. 68 – Selezionatore meccanico/pneumatico: modulo per nr. 6 sensori.

L'utilizzo di un sistema di scarto a traiettoria libera (i.e. dove il frutto non è guidato), pur semplificando la struttura del prototipo, ha richiesto la definizione della traiettoria di caduta delle castagne all'uscita del nastro di lettura e il calcolo dei tempi di intervento delle elettrovalvole e degli attuatori in funzione della loro velocità e latenza rispetto al sistema di visione. Tale calcolo si è basato sul principio del moto parabolico, calibrato sui parametri macchina.

Moto Parabolico

Calcolo della traiettoria di caduta della castagna

Dati costanti

Velocità	v	0,44	m/s						
Altezza iniziale	y ⁰	0,8415	m						
Punto di partenza	x ⁰	0	m						
Angolo di lancio	α	0	gradi	=	0	Rad			
Accelerazione di gravi	g	9,81	m/s ²						

Dati variabili

Altezza finale (m)	y	0,8415	0,8	0,7	0,5	0,3	0,1	0
Altezza finale (mm)		841,5	800	700	500	300	100	0

Risultati

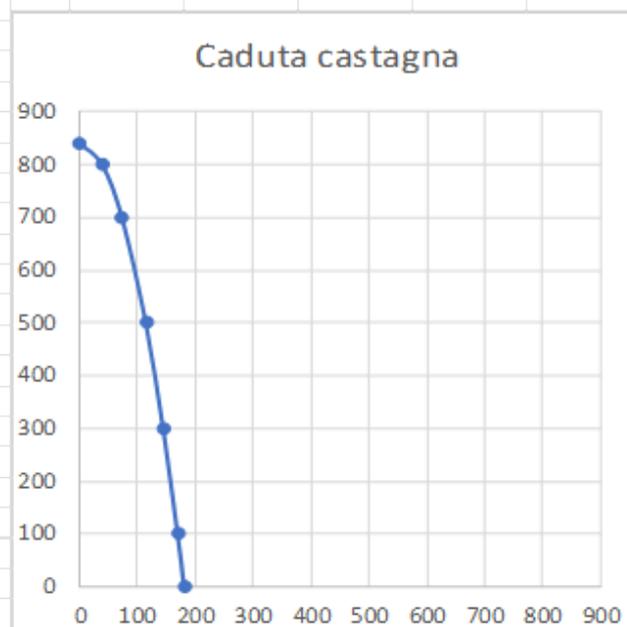
Tempo di caduta (s)	t	0	0,091982	0,169847	0,263861	0,332261	0,388809	0,4141976
Punto di arrivo (mm)	x	0	40,47224	74,73282	116,099	146,195	171,0759	182,24693

Formula per calcolare il tempo di caduta

$$t = (v_0 \cdot \sin(\alpha) \pm \sqrt{(v_0 \cdot \sin(\alpha))^2 + 2g \cdot y_0}) / g$$

Formula per calcolare il punto di arrivo

$$x = x_0 + (v \cdot \cos(\alpha) \cdot t)$$



Tab. 16 - Sistema di scarto: Calcolo del moto parabolico.

WP 5.2: Progettazione esecutiva, realizzazione e sperimentazione del prototipo di macchina selezionatrice delle castagne difettate

Introduzione

A partire dai risultati ottenuti nel precedente WP 5.1., il Certema ha svolto la progettazione definitiva ed esecutiva della meccanica e del sistema di azionamento e controllo del prototipo, ed integrato la sensoristica messa a punto da DIBAF. Sono stati considerati tutti gli aspetti necessari intermini di funzionalità, procurement, assemblaggio e collaudo per arrivare al rilascio del progetto finale dettagliato che è stato condiviso con tutti i partner interessati prima di procedere alla realizzazione del prototipo. A valle dell'approvazione il Certema ha provveduto alla realizzazione delle parti a disegno, ai relativi controlli dimensionali, all'acquisto dei componenti commerciali, all'assemblaggio dei singoli gruppi e all'esecuzione dei controlli funzionali, all'assemblaggio del prototipo e all'integrazione meccanica-elettrica. In accordo alla progettazione esecutiva, è stata installata sul prototipo la sensoristica corredata dal software di selezione ottimizzato sviluppato da DIBAF. Il prototipo completo, infine, è stato oggetto di verifica funzionale e collaudo in accordo alle specifiche progettuali elaborate nel WP 5.1.

Progettazione Definitiva

La progettazione meccanica definitiva del prototipo ha sviluppato nel dettaglio le soluzioni funzionali individuate ed è stata articolata nei seguenti gruppi:

- Nastro di carico con tramoggia d'entrata e canalizzazione in uscita;
- Nastro di lettura prodotto con fianchi guida, facchini su misura
- Alloggiamento e integrazione del Sistema di visione;
- Struttura di supporto e collegamento parti macchina;
- Sistema di scarto elettro-pneumatico regolabile in tre direzioni;
- Pannello di controllo spettrometro e scarto;
- Quadro elettrico principale comandi, potenza e bassa tensione;

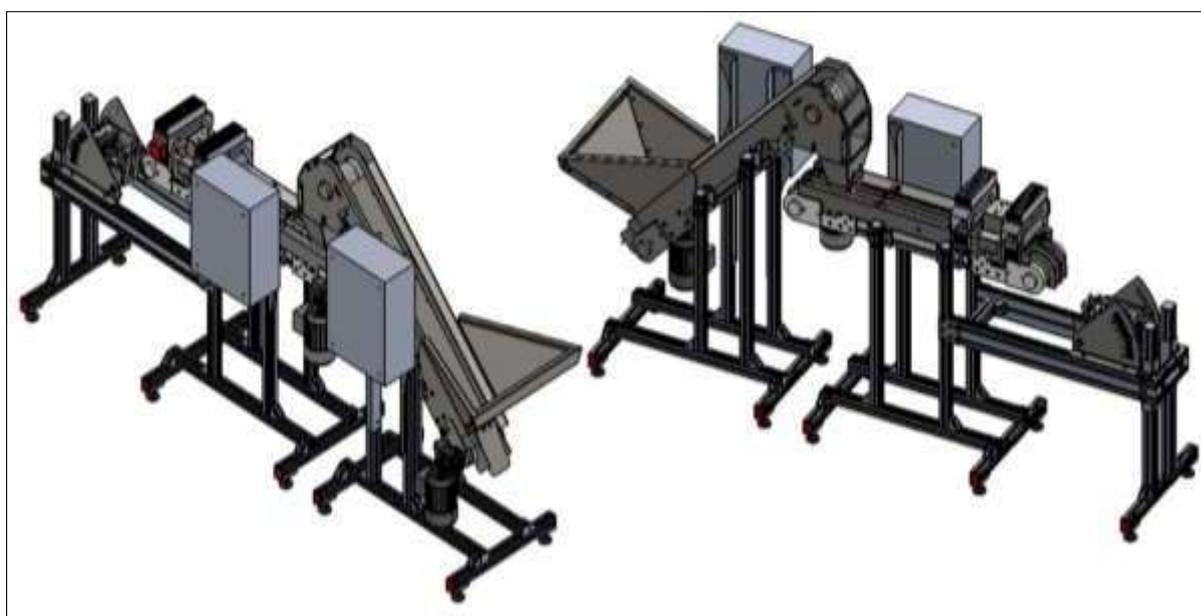


Fig. 69 – Progetto Prototipo in 3D.

La Fig. 69 riporta il 3D del prototipo, i cui disegni costruttivi dei singoli elementi sono disponibili presso il Certema, mentre in merito al sistema di visione e al sistema di scarto, si riportano di seguito alcune specifiche costruttive di maggior dettaglio.

Sistema di Scarto

La soluzione finale ha visto l'utilizzo di n. 2 sensori NIR per la lettura della qualità dei frutti. Al fine di garantire le performance richieste dal progetto, il sistema è stato realizzato con elettrovalvole ultrarapide ed attuatori pneumatici a corsa breve con un tempo di intervento tale da poter compensare le eventuali perdite presenti nel circuito pneumatico, gli attriti e le variabilità dei carichi. Per le sue caratteristiche di sistema open source, di semplicità di programmazione e flessibilità la scelta del controllore per l'automazione degli attuatori è ricaduta su Arduino® e sul C++ come linguaggio di programmazione.

SISTEMA DI SCARTO	
Parametro	ms
Tempo di intervento delle elettrovalvole	11
Tempo di ciclo completo *	50 - 60

* Il ciclo completo comprende le seguenti azioni: eccitazione elettrovalvola, uscita attuatore, commutazione elettrovalvola, rientro attuatore

Tab. 17 – Sistema di scarto: tempi di intervento.

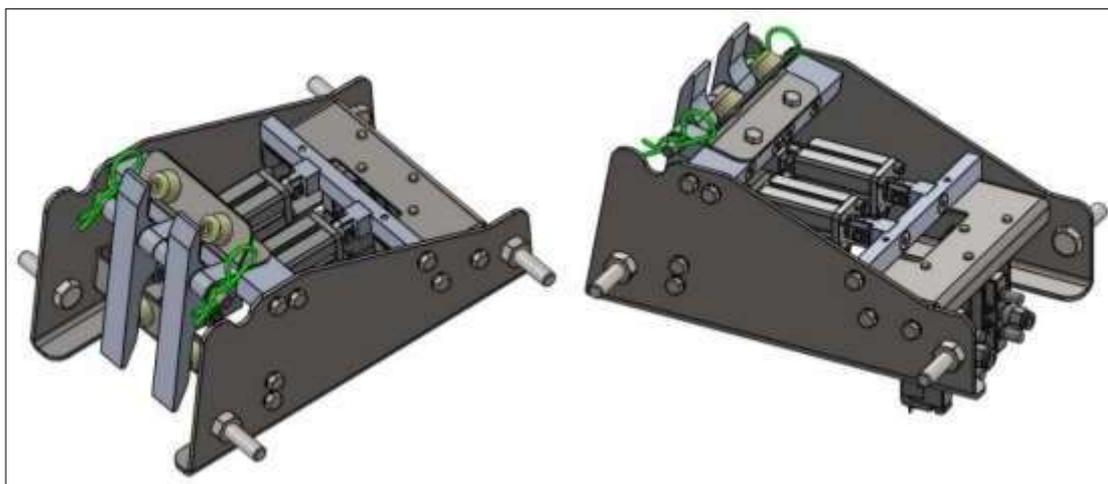


Fig. 70 – Sistema di scarto: soluzione finale con due (2) attuatori.

Alloggiamento e Integrazione del Sistema di Visione

La progettazione dell'alloggiamento del sistema di visione e la sua integrazione all'interno del flusso di lavoro del prototipo è avvenuta in maniera iterativa, secondo un classico ciclo PDCA (Plan, Do, Check, Act) che ha visto il Certema Scarl lavorare in stretto contatto con il partner DIBAF sia per l'adattamento della progettazione meccanica ed elettrica agli sviluppi del sensore (che hanno visto un allungamento dei tempi di acquisizione dati dai 100ms/castagna, stimati ad inizio progetto, ai 180ms/castagna effettivi rilevati in sede di validazione), sia per l'effettuazione dei test di validazione del sistema di visione in condizioni industrialmente rilevanti e vicine all'ambiente operativo. La configurazione finale del sistema prevede l'utilizzo di tre array di sensori che acquisiscono il segnale in uno spettro di lunghezze d'onda che va dal visibile al vicino infrarosso (18), con un sistema di controllo in C++.

SENSORE	Lunghezze d'onda rilevate			
	nm			
410	435	460	485	510
535	560	585	610	645
680	705	730	760	810
860	900	940		

Tab. 18 – Sistema Visione – Lunghezze d'onda rilevate.

Al fine di una corretta lettura dei sensori nell'intera gamma delle lunghezze d'onda di interesse, risulta determinante la scelta del sistema di illuminazione: in sostituzione di una prima soluzione basata sull'utilizzo dei led bianchi a luce fredda, dotati di uno spettro di emissione ridotto, la progettazione finale ha visto l'adozione dell'illuminazione alogena per garantire l'emissione di uno spettro completo di frequenze. La scelta della modalità di integrazione del sistema di illuminazione è stata oggetto di numerose revisioni progettuali volte a contemperare due esigenze contrapposte: ottenere un sistema "chiuso" atto a minimizzare l'influenza dalla luce esterna sulla capacità di lettura dei sensori ma capace di dissipare efficacemente il calore generato dalle sorgenti alogene, che in condizioni di sistema "chiuso" alterano il funzionamento del sensore e ne possono provocare il danneggiamento.



Fig. 71 – Integrazione Sistema Visione – Prima Revisione.



Fig. 72 - 73 – Integrazione Sistema Visione – Seconda Revisione.



Fig. 74 - 75 - 76 - Integrazione Sistema Visione – Versione Definitiva.

Versione definitiva della sezione di integrazione del sistema di visione. In figura è possibile distinguere i due sistemi di dissipazione del calore posti a monte (a) e a valle (b) dei sensori.

Realizzazione e integrazione del prototipo

Completata la revisione progettuale con i partner di progetto è stato rilasciato il design packagedefinitivo ed è stato avviato l'acquisto dei materiali commerciali, l'esecuzione dei componenti a disegno, la realizzazione dei sottogruppi, dei gruppi e degli assiemi necessari per l'assemblaggio prototipo. Prima della loro integrazione nel sistema prototipale, i vari elementi funzionali sono stativerificati in termini di ingombri e funzionalità per garantirne il corretto assemblaggio e la rispondenza alle specifiche di progetto. I risultati dei vari step di costruzione e montaggio sono dettagliati nelle figure seguenti:



Fig. 77 – Nastro di carico.



Fig. 78 – Nastro di lettura.



Fig. 79 – Nastri - Dry Run Test prima dell'integrazione.

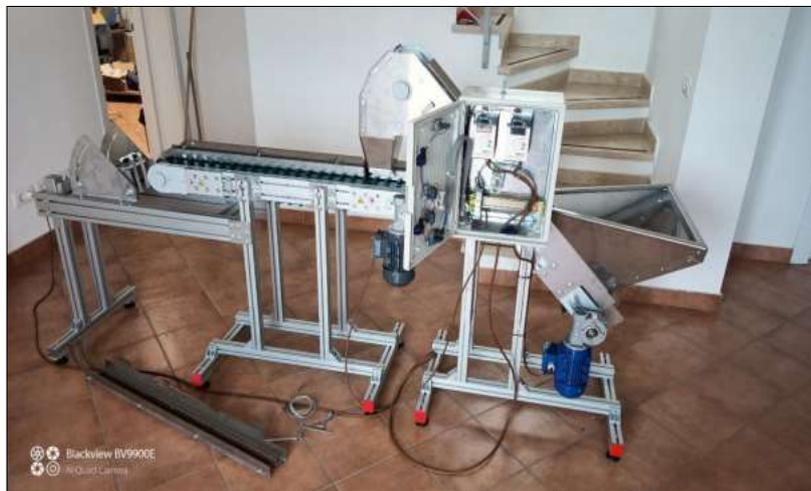


Fig. 80 – Integrazione preliminare del sistema meccanico ed elettronico, comprensivo del pannello di controllo edella tramoggia di carico.



Fig. 81 – Quadro gestione sistema di visione e scarto - Particolare. Fig. 82 – Quadro comando, di potenza e bassa tensione - Particolare.



Fig. 83 – Sistema di visione/illuminazione e relativo sistema di raffreddamento.



Fig. 84 - Sistema di scarto.



Fig. 85 – Prototipo Assemblato: vista 1.



Fig. 86 – Prototipo Assemblato: vista 2.



Fig. 87 – Prototipo Assemblato: vista 3.

Validazione e collaudo

Completata la fase di costruzione, assemblaggio e integrazione, il prototipo è stato sottoposto ai test di validazione e collaudo. Le attività di validazione e collaudo del prototipo sono state eseguite sia sui singoli componenti che sul prototipo nel suo complesso ed hanno interessato tanto le performance meccaniche quanto quelle di automazione. Le performance meccaniche e di automazione sono state verificate in termini di funzionamento generale, velocità nastri ed azionamenti, interfacce con i diversi componenti con risultati perfettamente in linea con le specifiche di progetto.

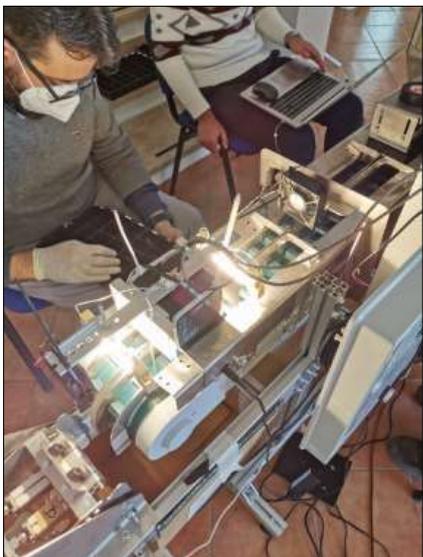


Fig. 88 – Collaudo presso Certema (1).



Fig. 89 – Collaudo presso Certema (2).

WP 5.3: Sperimentazione presso i partner e monitoraggio delle prestazioni del prototipo di macchina selezionatrice delle castagne difettate

Introduzione

Le attività del presente WP riguardano l'installazione, la calibrazione e la verifica delle prestazioni del prototipo presso il partner PROCAAM.

Installazione e Calibrazione

Il prototipo realizzato nel WP 5.2 è stato installato dal Certema presso il partner PROCAAM, nello stabilimento di lavorazione e confezionamento della castagna, con sede ad Arcidosso sul Monte Amiata. Le attività hanno riguardato tanto la parte di montaggio meccanico/elettrico quanto quella di assistenza alla calibrazione del sistema di visione/scarto ed hanno avuto come focus l'applicazione al contesto operativo/industriale delle risultanze dei test sul sensore prototipale condotte dal partner DIBAF.

Monitoraggio delle performance prototipo meccanico/automazione

Il CERTEMA ha assistito il partner PROCAAM e il partner DIBAF durante le prove sperimentali eseguendo il monitoraggio dell'ottenimento dei livelli di performance del prototipo meccanico e del sistema di automazione definiti nelle specifiche tecniche. Sulla base delle indicazioni ottenute dalle prove "in campo" è stata verificata la rispondenza delle specifiche tecniche e delle scelte progettuali alle effettive condizioni di utilizzo, e sono state individuate delle indicazioni di eventuali implementazione e revisioni progettuali da apportare al progetto nell'ottica di una futura industrializzazione del prototipo.



Fig. 90 – Installazione Prototipo.



Fig. 91 - Calibrazione.



Fig. 92 – Calibrazione (particolare del sensore).

Monitoraggio delle performance sistema di visione

Si rimanda alla relazione del partner DIBAF per le risultanze dei test effettuati sul sistema di visione.

Futuri Sviluppi

Dalla sperimentazione e validazione del prototipo è stato possibile evidenziare le seguenti criticità/aree di miglioramento da considerare per sviluppi futuri:

Area di acquisizione

Il sensore acquisisce una porzione di spazio maggiore dell'area del campione. Di conseguenza, lo spettro acquisito non riguarda solo il frutto ma anche porzioni del nastro che, almeno in linea teorica, andrebbero escluse. Qualora la ripetibilità dell'acquisizione fosse elevata, cioè qualora la porzione di spettro relativa ai nastri fosse sempre la stessa, questo potrebbe essere identificato ed escluso via software. Tuttavia, in un contesto operativo, i fattori variabili (e.g. dimensioni e disposizione del frutto, centratura degli spazi tra i facchini) potrebbero avere un'influenza tale da impedire l'accuratezza necessaria all'eliminazione software. Future revisioni del prototipo dovranno investigare la modifica della distanza di lettura (i.e. distanza tra sensore e campione) e/o l'utilizzo di una lente di messa a fuoco per evitare che vengano scansionate superfici esterne al campione stesso.

Mancata lettura lunghezze d'onda

Le scansioni effettuate presso il partner DIBAF hanno evidenziato la mancata lettura di alcune lunghezze d'onda da parte dei sensori che hanno restituito un valore pari a zero per lunghezze d'onda pari a: 485, 535, 610, 705, 860, 941 nm. Il problema non si è verificato durante i test eseguiti presso il Certema e non è stato possibile risalire alle eventuali cause hardware o software. In ogni caso, data la bassa incidenza occorsa nei test preliminari, inferiori all'1%, non si è ritenuto necessario procedere con indagini più approfondite.

Illuminazione

I test preliminari condotti presso il partner DIBAF sono avvenuti in un ambiente di laboratorio in condizioni standardizzate, con illuminazione e distanza del campione dal sensore costante, permettendo di analizzare la variabilità informativa e di escludere i possibili bias. L'installazione sul prototipo ed il conseguente test in condizioni industrialmente rilevanti hanno evidenziato come la capacità e l'accuratezza del sistema di visione (sensore + algoritmo) siano fortemente influenzate dalle condizioni al contorno e dalla variabilità dei campioni che introducono modificazioni dell'intensità del segnale rispetto allo spettro di riferimento: le condizioni ottimali di funzionamento si ottengono in ambienti ad illuminazione costante.

Future implementazioni del prototipo dovranno considerare una o più combinazioni delle seguenti soluzioni:

- Acquisizione di uno spettro standard di riferimento per ogni rivoluzione completa del nastro.
- Schermatura/isolamento della camera di acquisizione/illuminazione.
- Aumento della capacità di elaborazione del sistema di controllo (attualmente basato su Arduino ©) per permettere il pretrattamento in linea degli spettri di acquisizione.
- Ottimizzazione del sistema di illuminazione allo scopo di ridurre fenomeni di riflessione speculare



Fig. 93 - 94 – Test con il prototipo selezionatore.

WP 7.1: Formazione e workshop (sottomisura 1.1)

Partner attuatore	Centro di Istruzione Professionale Agricola e Ass. Tecnica GR (CIPA – AT) (P7)
-------------------	--

Sintesi Generale del Piano Formativo

La proposta progettuale è stata presentata da agenzia formativa specializzata nel settore agricolo e rurale, con pluriennale esperienza di formazione degli imprenditori agricoli che operano sia nel settore agricolo che nel settore rurale, con un consolidato radicamento territoriale. Il progetto si è articolato in alcune attività formative, rivolte in particolare a valorizzare un approccio innovativo alla creazione e gestione dei castagneti, in particolare quelli da frutto. L'attività è stata rivolta a imprenditori agricoli del territorio di riferimento per valorizzare ed implementare il confronto e favorire un approccio partecipativo cercando di fornire loro conoscenze, competenze ed abilità pratiche strettamente funzionali alla gestione imprenditoriale delle imprese, in un'ottica di sviluppo e crescita del comparto agricolo e rurale toscano, in linea con gli obiettivi del PSR 2014-2020 e con lo sviluppo della Castanicoltura dell'Amiata.

Obiettivi del Progetto Formativo

Il progetto ha perseguito l'obiettivo di orientare gli addetti in agricoltura ad una gestione innovativa e consapevole dei principali aspetti (produttivi, ambientali, strategici e procedurali) della gestione imprenditoriale in agricoltura, concorrendo alla trattazione tematica di tutte le "focus area" di riferimento.

Azioni di gestione formativa

Il progetto è stato rivolto ad un target di addetti agricoli, prevalentemente imprenditori e coadiuvanti, i cui fabbisogni formativi sulle diverse tematiche si suddividono come segue:

- 1) Apprendimento di base sulla gestione imprenditoriale;
- 2) Acquisizione di conoscenze e competenze sulle opportunità di innovazione della filiera in particolare del castagno da frutto.

Fasi Progettuali

L'attività del progetto si è divisa in fasi distinte:

1. Fase di sensibilizzazione e progettazione.

A partire dall'inizio del progetto si sono avuti i primi contatti informali per il target delle persone/allievi del territorio della provincia di Grosseto e riconducibili alle azioni proposte dal bando PSR Mis. 1.1. PS-GO. E', stata fatta una azione mirata di informazione alle imprese di riferimento del territorio, sia tramite informazione digitale, cartacea, convenzionale e front office, sia per le imprese collegate al soggetto proponente, che alle imprese collegate a tutti i soggetti partner e sostenitori del piano formativo. La fase di sensibilizzazione e progettazione è durata fino alla presentazione della domanda sul portale Artea, cercando di coalizzare e formalizzare le imprese interessate in gruppi omogeni per interesse, che di fatto hanno implementato e formalizzato la struttura progettuale. Tutte le imprese sono state contattate direttamente dall'agenzia formativa per illustrare il percorso didattico, la logica e l'architettura progettuale, le tematiche oggetto dell'azione e l'informazione necessaria per formalizzare le adesioni, oltre a distribuire del materiale informativo sintetico di utilità generale. Oltre alle attività di gestione e informazione messe a punto in modo specifico, un supporto concreto per il primo contatto con le imprese, è stato anche il servizio pubblicazione di locandine cartacee nelle sedi territoriali di Cia Grosseto e l'informativa messa a punto tramite il sito web di Cia Grosseto e Cipa-At Grosseto, oltre la piattaforma di Prenotazione on-line gestita sempre dall'Agenzia Formativa. Tutto questo, pur avendo avuto successo è stato condizionato in modo drastico dalla Pandemia COVID-19, che di fatto ha limitato l'aggregazione e la possibilità del confronto professionale/formativo, con una ricaduta diretta sulla fase di erogazione dell'azione formativa.

Rapporti con il personale.

Nella fase progettuale abbiamo individuato e preso contatto con i docenti esperti nelle materie attinenti ai profili professionali di riferimento per le varie tematiche. Assieme allo staff di progettazione abbiamo codificato la strategia per sviluppare l'attività formativa con tutta la documentazione richiesta da parte dell'Ente finanziatore. In questa fase è stato individuato anche il lavoro da svolgere per le varie competenze professionali e sono stati presi i contatti per la logistica. A supporto di tutte le fasi e per garantire una informazione continua, mirata e precisa, sono stati organizzati incontri con tutto il personale di gestione.

Il dispositivo metodologico.

Si è cercato di attenersi il più possibile al modello consolidato di progettualità a livello imprenditoriale che l'Agenzia Formativa adotta, oltre ad attivare tutte le azioni utili nel Contesto della Certificazione UNI ISO 21001, cercando di coinvolgere tutti i partecipanti in modo aperto e cercando di intraprendere le azioni, come azioni innovative, tali da formalizzare un percorso "diverso" che avesse come priorità e come primo obiettivo il consolidamento del gruppo e l'implementazione e miglioramento delle attività dei soggetti in formazione collegati all'impresa aderente alla fase formativa. Una maggiore apertura al dialogo si è avuta con le interviste fatte con la metodologia del front-office degli utenti/allievi individuati nella fase preliminare. Questa fase è stata di primaria importanza e ha dato ulteriori spunti per la parte progettuale, inoltre è stata un'occasione di conoscenza ed interscambio reale.

4. Le azioni formative Svolte nel Progetto.

Per problemi non dipendenti dalla volontà dell'Agenda Formativa e condizionati dall'impossibilità di aggregazione per motivi di COVID-19, è stato svolto un solo Corso Breve di 16 ore dove hanno partecipato N. 7 Allievi. Matricola Corso Breve attivato e concluso: 08354490101B.

Le esperienze prodotte.

Nell'azione formativa, dopo l'orario del corso, è stato organizzato un piccolo tempo per il confronto sia individuale che di gruppo. Dopo accurate analisi delle esternazioni del gruppo allievi, assieme al docente e allo staff del CIPA-AT Grosseto, se pur riscontrato un giudizio molto positivo sull'erogazione del servizio, sono state individuate delle criticità costruttive, utili per le prossime programmazioni e di supporto per migliorare la gestione delle attività formative future, che possono essere così sintetizzate:

- carenza di informazione di approfondimento su particolari tematiche tecniche;
- dare maggiore priorità alla parte pratica;
- carenza di materiale divulgativo sintetico istituzionale di facile consultazione sulle tematiche formative;

Gli obiettivi raggiunti.

Il lavoro svolto nella fase di tutto il progetto è servito anche a creare una coscienza della propria identità professionale e a intraprendere azioni correttive per le problematiche individuate. Le principali richieste di partenza degli allievi sono state quelle di avere informazioni per poterle condividere e iniziare ad intraprendere un percorso generale di miglioramento professionale. Tutti i partecipanti hanno manifestato l'intenzione di continuare le azioni formative anche come metodologia di formazione continua. La gestione dell'attività formativa, organizzata in modo tale da rendere interattivo e attore principale il discente, sembra aver contribuito ad aumentare l'autonomia e la fiducia nei lavoratori partecipanti al progetto ed in generale a dare continuità con altre azioni future che potranno essere organizzate. La speranza concreta è quella di aver contribuito ad attivare nel lavoratore la consapevolezza delle proprie possibilità per implementare il percorso di miglioramento continuo anche per mezzo di una formazione mirata e periodica, oltre ad aver agevolato l'acquisizione di competenze, obiettivo primario di tutto il progetto.

La valutazione.

Il progetto proposto ha sicuramente avuto successo ed ha colpito per il carattere di innovazione e sperimentazione. All'inizio è stato difficile riuscire a concretizzare l'idea progettuale, ma in corso d'opera è stato riscontrato un crescendo di soddisfazione generale che ha sensibilizzato tutti i lavoratori su tutte le problematiche legate alle tematiche progettuali.

Risultati alla conclusione dell'intervento.

Il progetto ha avuto come obiettivo principale, migliorare, consolidare e implementare le competenze professionali individuali per attivare azioni atte a facilitare la gestione di impresa e il miglioramento di specifiche competenze tecniche utili per implementare la professionalità non solo a livello aziendale. Tutto ciò anche per agevolare lo sviluppo del lavoro in gruppo, che mira a gestire in modo coordinato le competenze distintive dei beneficiari, per disegnare un profilo professionale compiuto, per la gestione del cambiamento implicito nelle attività di formazione, ed in modo particolare di questa in oggetto dotata di grande innovazione

Sistemi e modalità di monitoraggio e di valutazione dei risultati intermedi e finali.

Per tutta la durata del corso è stato regolarmente testato il grado di soddisfazione di ciascun corsista attraverso un monitoraggio continuo effettuato tramite colloqui e questionari abilitanti con la Certificazione ISO 21001. Il modello di valutazione adottato è quello denominato "modello polivalente", esso effettua in conformità con il Sistema Qualità di CIPA-AT Grosseto, ed in relazione alla Certificazione ISO 2100.

CIPA-AT Grosseto **GO FORECAST**
PS-60 PSR MIS. L1 CUR ART. 7, 835449

STRUMENTI DI GESTIONE PER IMPLEMENTARE LA FILIERA DEL CASTAGNO
CASTAGNO: BUONE PRATICHE PER LA PREVENZIONE DI MUFFE E CINIPIDE

CORSO IN PRESENZA: 16 ORE

Obiettivo di FORECAST è di sostenere, modernizzare e rendere efficace la filiera castanicola regionale e nazionale, fornendola di strumenti tecnologici e biotecnologici che ne garantiscano la sostenibilità economica-ambientale e permettano la certificazione per quantità, qualità e salubrità delle produzioni. Il fine ultimo è quello di ottenere una produzione con un grado di affidabilità tale da renderla compatibile con l'immissione nei canali della grande distribuzione.

Nr. 16 ore
Costo: **GRATIS**
Sede: Arcidosso (GR)
PUNTO DI SVILUPPO
BENEFIT SERVIZI AMBIENTALI
VIA BAROLI 2
58021 ARCIDOSO GR
PRENOTI SOTTO VOLETE CON INERZIA

DOCENTE
ANNA CACCIA
LIBERA PROFESSIONISTA
ESPERTA IN CASTANICOLTURA

MARTEN 22 MARZO
08.30-13.30
14.00-17.00

MARTEN 29 MARZO
08.30-13.30
14.00-17.00

A CHI SI RIVOLGE:
Imprenditori agricoli, singoli e associati, iscritti al registro delle imprese, dotati di partita IVA con sede in Toscana. Possono partecipare anche i soci dell'impresa e i lavoratori dipendenti ed i consociati familiari iscritti all'IRPEA.

INFO: +39 0564 450662
formazioneia.net



Fig. 95 – Locandina del Corso di formazione. Fig. 96 Momento del corso.

WP n. 1.2: Dimostrazione e informazione (sottomisura 1.2)

Partner attuatore	Associazione per la Valorizzazione della Castagna del Monte Amiata IGP (P1)
-------------------	---

Sono stati realizzati n. 3 **incontri tematici** di carattere operativo, nell'area Grossetana del Monte Amiata, presieduti da tecnici ed esperti del settore castanicolo, sulle principali tematiche connesse alla conoscenza della castanicoltura e del rischio legato alla proliferazione di malattie o patogeni dannosi per pianta e frutto. Un terzo incontro è stato organizzato e poi annullato per problematiche legate al Covid-19.

1 Incontro

INCONTRO TECNICO PER LA PIANIFICAZIONE DI INTERVENTI DI FERTILIZZAZIONE DEI CASTAGNETI CON AMMENDANTI COMPOSTATI - martedì 26 febbraio 2019 – Arcidosso (GR) Unione dei Comuni Montani Amiata Grossetana – Sala Cred – In presenza. 25 partecipanti.

2 Incontro

MISURE DI ADATTAMENTO DEI CASTAGNETI AI CAMBIAMENTI CLIMATICI; MITIGAZIONE DEL DANNO DEL CINIPIDE GALLIGENO E DEGLI AGENTI DI MARCIUME RADICALE DEL FRUTTO - giovedì 24 settembre 2020 – Castel del Piano (GR) – Piazza Donatori del Sangue – In presenza.

34 partecipanti.

3 Incontro

MISURE DI ADATTAMENTO DEI CASTAGNETI AI CAMBIAMENTI CLIMATICI; MITIGAZIONE DEL DANNO DEL CINIPIDE GALLIGENO E DEGLI AGENTI DI MARCIUME RADICALE DEL FRUTTO - Venerdì 23 ottobre 2020 – Campiglia d'Orcia (SI) – Sala Polivalente Comunale - Annullato per covid-19

Sono state realizzate n. 2 **convegni (Presentazioni pubbliche)**, nell'area Grossetana del Monte Amiata, presieduti da tecnici ed esperti del settore castanicolo, sulle principali tematiche connesse alla conoscenza della castanicoltura e del rischio legato alla proliferazione di malattie o patogeni dannosi per pianta e frutto

1 Convegno (Presentazione pubblica)

CONVEGNO CONCLUSIVO DEL GO FORECAST - VALORIZZAZIONE E SALVAGUARDIA DELLA CASTANICOLTURA TOSCANA - Venerdì 8 aprile 2022 - Arcidosso (GR) - Castello Aldobrandesco - In presenza

30 partecipanti.

2 Presentazione pubblica

PROTOCOLLO DI GESTIONE DEL CASTAGNETO DA FRUTTO A BASSO IMPATTO AMBIENTALE - Venerdì 22 aprile 2022 - Arcidosso (GR) – Arcidosso (GR) Unione dei Comuni Montani Amiata Grossetana – Sala Cred – In presenza.

17 partecipanti.

Il progetto Forecast è stato presente anche ad altri eventi con la presentazione di poster e di relazioni da parte di incaricati dal progetto:

- Global Programme Rural Development Innovation Week a Firenze 26-29 Marzo 2019
- 4 Festa del Castagno Gigante - Pulfero (UD) 27 ottobre 2019
- Castanea 2019 -VII Convegno Nazionale sul Castagno - Pergine Valsugana (TN) 11-14 giugno 2019
- Convegno GO INGEGA Innovazioni nella meccanizzazione del castagneto da Frutto - Arcidosso (GR) 18 novembre 2021

Nel corso del progetto è stata realizzata la **linea grafica di progetto**, il **logo** e due **poster** (uno iniziale ed uno per la Rete Rurale) ed un **roll-up** usato per gli eventi. Inoltre, è stato redatto un **opuscolo illustrativo** dal titolo "Go Forecast - Valorizzazione e salvaguardia della castanicoltura Toscana" formato cm 15 x 21 di n. 20 pagine stampato in n. 2.000 copie, comprensivo di grafica, editing e impaginazione. E', stato realizzata una pubblicazione divulgativa per gli agricoltori (**Protocollo di Gestione del castagneto a basso impatto ambientale**). Sono inoltre stati realizzati i 5 **inviti degli eventi**, comprensivi di grafica e impaginazione e anche delle 4 visite della Sottomisura 1.3. E', stato realizzato il **logo grafico del progetto FORECAST**. E', stato realizzato il **sito web di progetto**: www.goforecast.it comprensivo di grafica, impaginazione, sistemazione dei contenuti ed avvio on line. Sono state realizzate **Pagine dedicate su web e social network (FB)**, con realizzazioni di contenuti web e social network, comprensive di grafica, editing ed impaginazione. Infine, sono stati realizzati numerosi comunicati stampa durante le attività di progetto, pubblicati sulle cronache locali dei quotidiani, Il Tirreno e La Nazione.



Fig. 97 - 98 - Logo del progetto.



Fig. 99 – Incontro Tecnico ad Arcidosso. Fig. 100 - Articolo su "Il Tirreno". Fig. 101 Locandina dell'Incontro Tecnico.



Fig. 102 - 103 - 104 - Incontri Tecnico a Castel del Piano.



Fig. 105 Articolo su "La Nazione". Fig. 106 - Articolo su "Il Tirreno". Fig. 107 – Locandina dell'Incontro Tecnico.



Fig. Fig. 108 - Locandina Evento a Firenze. Fig. 109 – Convegno a Pulfiero (UD). Fig. 110 – Poster presentato a Castanea. Fig. 111 – Presentazione progetto al Convegno Nazionale sul Castagno.



Fig. 112 – Locandina dell'Incontro Tematico. Fig. 113 – Locandina dell'Incontro Tematico annullato. Fig. 114 – Poster del progetto.



Fig. 115 – Opuscolo. Fig. 116 – Articolo su La nazione. Fig. 117 – Locandina della Presentazione pubblica.



Fig. 118 – Momento del convegno conclusivo. Fig. 119 – Locandina del convegno conclusivo. Fig. 120 – Pagine social.

WP n. 1.3: Visite guidate in aziende di produzione e conservazione (sottomisura 1.3)

Partner attuatore	Associazione per la Valorizzazione della Castagna del Monte Amiata IGP (P1)
-------------------	---

Sono state organizzate n. 4 visite in aziende ed aree castanicole, sia nel nord della Regione Toscana (area Marrone del Mugello IGP, area del Marrone di Caprese Michelangelo DOP ed area Farina di Neccio della Garfagnana DOP) sia in altre realtà quali il Lazio (Monti Cimini -

Canepina, area della Castagna di Vallerano DOP). Mentre Mugello e Monti Cimini erano previste nel programma iniziale, la zona Aretina e la Garfagnana sono andate a sostituire la Campania (Avellinese, area IGP Castagna di Montella) e il cuneese in Piemonte (Castagna di Cuneo IGP). La sostituzione è avvenuta principalmente per le normative Covid-19 che hanno impedito per lungo tempo i viaggi in pullman, tanto che si è optato per viaggi con mezzi individuali ed in località più facilmente raggiungibili. Si è comunque preferito aree a forte vocazione castanicola, con caratteristiche simili a quelle dell'Amiata e interessate dalle certificazioni DOP o IGP. In tutte queste aree, se pur in misura diversa, sono state già sperimentate delle buone pratiche colturali atte a ridurre il proliferare delle malattie del frutto. Le visite hanno permesso ai castanicoltori partecipanti, di avvicinarsi concretamente a questi metodi e ad altre forme d'innovazione riguardante la cernita dei prodotti in post-raccolta. Lo scopo è stato quello di velocizzare l'avvicinamento degli operatori verso nuove tecniche che portano notevoli vantaggi economici. Aumentare la qualità delle produzioni, riducendo l'immissione sul mercato di prodotti fallati, riduce sia i costi legati alla mancata vendita dei prodotti che la sfiducia dei consumatori. Lo strumento della visita guidata ha rappresentato un fattore di successo decisivo per il trasferimento dell'innovazione. Durante le visite sono stati curati i seguenti aspetti:

- scelta delle esperienze da visitare: le visite hanno presentato delle proposte innovative "stimolanti", ma al tempo stesso trasferibili nei contesti rappresentati dagli stakeholder;
- preparazione della visita: sono state fornite ai partecipanti adeguate informazioni sulle realtà oggetto di visita sia durante i sopralluoghi che successivamente (schede, link ed altri riferimenti);
- gestione della visita: nel corso della visita, sono state affiancate, alla presentazione delle esperienze, momenti di riflessione e scambio di impressioni e idee, grazie anche ad accompagnatori competenti come il Prof. Andrea Vannini e la Dott.ssa Romina Caccia, e il Dott. Fosco Ferri e il Sig. Ivo Poli. Per ognuna delle quattro visite, sono stati incaricati alcuni esperti locali e dei tecnici specialistici (docenti universitari e ricercatori) per il supporto tecnico-scientifico a fine visita sono stati consegnati ai partecipanti dei questionari anonimi di gradimento e valutazione dell'esperienza compiuta. La dipendente dell'Associazione per la Valorizzazione della Castagna IGP, la Sig.ra Serenella Marini assieme al Coordinatore Tecnico del progetto FORECAST, Dott. For. Giovanni Alessandri, hanno compiuto il lavoro organizzativo delle visite, con l'individuazione delle zone castanicole più interessanti, delle aziende e delle associazioni castanicole del territorio individuato; hanno preparato i programmi degli incontri, contattato i partecipanti e gli accompagnatori, prenotato pullman e ristoranti, organizzato le auto private e le sale di incontro. Per ogni visita c'è stata una segreteria con prenotazioni, vidimazione registri e presenze, diffusione dei programmi delle visite per mail, social e telefono e contatti diretti con i partecipanti, supporto logistico e assistenza ai partecipanti alle visite, agli accompagnatori. Per ciascuna visita è stata realizzata una locandina divulgativa e preparati i questionari di gradimento ed elaborati dei risultati.

Circa la partecipazione alle quattro visite didattiche vi è stata la seguente adesione:

- Monti Cimini n. 22 partecipanti di cui n. 14 imprenditori agricoli castanicoli.
- Casentino n. 24 partecipanti di cui n. 11 imprenditori agricoli.
- Mugello n. 20 partecipanti di cui n. 11 imprenditori agricoli.
- Garfagnana n. 17 partecipanti di cui n. 12 imprenditori agricoli.

L'adesione media alle visite è di n. 21 partecipanti, di cui n.12 imprenditori agricoli. Per tutte le visite c'è stato anche l'accreditamento presso l'Ordine dei Dottori Agronomi e Forestali (ODAF) per i crediti formativi professionali. Qui di seguito le date delle diverse visite:

Monti Cimini - Canepina (Viterbo) Area Castagna di Vallerano DOP 14 giugno 2021

Casentino - Ortignano Raggiolo (Arezzo) Area Marrone di Caprese Michelangelo DOP 25 novembre 2021

Mugello - Firenzuola - Marradi (Firenze) Area Marrone del Mugello IGP 18 marzo 2022

Garfagnana - Fabbriche di Vallico - Sulcina (Lucca) Area Farina di Neccio della Garfagnana DOP 06 aprile 2022



Fig. 121 – Visita al castagneto di Sulcina (LU). Fig. 122 – Visita al Centro di Documentazione sul Castagno a Marradi (FI).



Fig. 123 - Visita al forno di carbonizzazione a Ortignano (AR). Fig. 124 – Locandina della visita a Canepina (VT). Fig. 125 – Locandina della visita a Ortignano (AR).



Fig. 126 – Momento della visita a Ronciglione (VT). Fig. 127 – Nel castagneto ad Ortignano Raggiolo (AR).



Fig. 128 – Locandina della visita in Garfagnana (LU). Fig. 129 – Locandina della visita In Mugello (FI). Fig. 130 – Visita al Mulino di Fabbriche di Vallico (LU).

Abstract

FORECAST is a multi-actor project aiming to join different competencies to improve the economic and environmental sustainability of chestnut orchards in the Tuscany Region, among which research Institutions, tech SMEs, associations of growers, and technicians. Such an ambitious objective was achieved thanks to the adoption of science-based good practices and novel management protocols and the introduction of innovative tools and concepts. Main activities and deliverables included:

1. Support to quality standards of fruits through the realization of a prototype of equipment for the non-destructive selection of chestnut fruits for the separation of healthy and damaged fruits.
2. The elaboration of chestnut orchard management protocols based on the most recent scientific knowledge and based on the 'minimum or zero' environmental impact.
3. A sensible communication and information activity aiming to reach the wider audience as possible including the main categories of stakeholders.

The results of FORECAST will support in the medium time the economy of chestnuts fruits by providing clear and customized solutions for quality and safe production, with relevant advantages for growers, sellers and customers. FORECAST will also support the increase of chestnut ecosystem resilience by the adoption of environmentally safe solutions and will contribute to climate change adaptation and mitigation strategies.



Fig. 131 – Foto di Gruppo visita in Garfagnana (LU).

Effetti produttivi, economici, ambientali e sociali (impatto e sostenibilità)

Il progetto FORECAST, con la realizzazione delle attività previste e la loro comunicazione ai portatori di interesse, contribuisce alla crescita della competitività del settore castanicolo della Regione Toscana attraverso:

1. il rafforzamento dell'asse ricerca & innovazione e trasferimento tecnologico;
2. il rafforzamento all'accesso e impiego delle tecnologie emergenti;
3. la promozione della competitività delle PMI agricole e manifatturiere del settore della castanicoltura.

In aggiunta, le innovazioni di processo e prodotto sperimentate e proposte, vanno a risolvere uno dei problemi "storici" della castanicoltura da frutto rappresentato dagli standard qualitativi del prodotto destinato alla grande distribuzione, grazie all'introduzione di protocolli i e prodotti ecocompatibili e a basso costo, che dal campo alla conservazione e trasformazione assicurano alti standard qualitativi del frutto. In termini di effetti finali, FORECAST, attraverso le innovazioni proposte, contribuisce in particolar modo al:

1. miglioramento della qualità del prodotto (effetto produttivo-economico dell'innovazione), grazie alle azioni in campo e di "sorting" e "condizionamento" in post raccolta;
2. miglioramento della commercializzazione delle partite di castagne (effetto produttivo-economico dell'innovazione), grazie alla "standardizzazione" qualitativa del prodotto finale e ad una migliore accettabilità del prodotto dal mercato;
3. miglioramento della qualità dell'acqua e del suolo (effetti ambientali-sociali dell'innovazione), grazie all'utilizzo di bio-molecole nei protocolli di lotta biologica o integrata.

Ricadute economiche

Circa le innovazioni proposte in termini di nuovi protocolli di trattamento e gestione delle singole piante e del castagneto inteso come ecosistema, queste portano indubbiamente dei vantaggi economici, fin da subito visibili per le aziende agricole. Il miglioramento della qualità del prodotto (castagne) e anche delle dimensioni (pezzatura), minimizzando lo scarto ed il difettato (standardizzazione della produzione), aprono e stabilizzano i canali di commercializzazione sia della piccola e grande distribuzione, permettono di incrementare il valore al conferimento e alla vendita del prodotto, con un indubbio vantaggio sia per le aziende agricole che per le aziende di commercializzazione e trasformazione. Il progetto, infatti, affronta tutta la filiera castanicola, dal castagneto, fino alla vendita del frutto. Riguardo allo sviluppo del prototipo per la selezione delle castagne difettate, grazie al coinvolgimento di enti di ricerca e aziende tecnologiche del territorio, è stato possibile introdurre, seppure a livello prototipale (TRL 7), macchinari innovativi nel settore castanicolo che agevolano le operazioni post raccolta, di cernita non distruttiva per la selezione di frutti sani da quelli con danni occulti. Tale prototipo apre ad un auspicabile e probabile utilizzo in larga scala negli impianti di conferimento, conservazione e vendita, alla luce anche del notevole interesse suscitato a livello locale e regionale, ma anche dei costi relativamente ridotti di realizzazione e commercializzazione della macchina. L'obiettivo finale è certamente quello di rispondere alle esigenze dei consumatori moderni, che richiedono sempre più prodotti sani, salubri, ma anche qualitativamente eccellenti. Tale aspetto apre a nuove prospettive di sviluppo e di reddito, fatte intravedere dal progetto, che possono costituire uno stimolo all'associazionismo, alla tracciabilità del prodotto e quindi ad un ampliamento del mercato. Con l'introduzione del protocollo di gestione del castagneto da frutto a basso impatto ambientale, sono emersi moltissimi aspetti positivi legati all'ambito di applicazione. Con queste semplici metodologie, sarà possibile una migliore razionalizzazione degli interventi colturali, attraverso una programmazione annuale per quanto riguarda la gestione dei castagneti, grazie al monitoraggio puntuale della fenologia della pianta e del suo stato fitosanitario. Infatti, la gestione sostenibile del singolo castagneto e l'utilizzo "minimo" e a "zero impatto" di prodotti per la protezione e salute delle piante, non può prescindere da un presidio continuo da parte di personale tecnico e da una programmazione dedicate delle attività di gestione e allevamento. La certezza del supporto tecnico e del trasferimento delle conoscenze avrà un effetto positivo anche sulla superficie utile coltivata nonché sul recupero produttivo di castagneti abbandonati. Non va inoltre dimenticato che il progetto FORECAST si riferisce ad una castanicoltura tradizionale che tra le fonti di reddito non ha solo la produzione del frutto ma anche tutte quelle fonti di reddito provenienti dal contesto paesaggistico, culturale, turistico ed enogastronomico.

Ricadute ambientali

I protocolli di gestione del castagneto proposti da FORECAST seguono l'indirizzo della gestione integrata e sostenibile. L'eliminazione di tutti i fitofarmaci di sintesi e la predilezione di biostimolanti e biofertilizzanti sono in piena linea con la gestione sostenibile di castagneti tradizionali di fatto parte degli ecosistemi naturali della media montagna appenninica. La corretta e calendarizzazione delle pratiche colturali, l'utilizzo di interventi quali la bruciatura dei residui di raccolta o il rilascio al terreno dei residui di potatura solo in casi e periodi specifici e per rispondere a precise necessità di controllo delle fitopatie, di fatto scardina la pratica di gestione del castagneto "per sentito dire" e introduce e regola gli interventi con un preciso e dedicato obiettivo di miglioramento della resilienza del castagneto stesso. L'introduzione di concetti e pratiche di riciclo in un contesto di "economia circolare" riferita al territorio, promuove la produzione di nuovi bio fertilizzanti come i compost, o l'utilizzo di letami e pollina magari a "km 0", il cui utilizzo nel castagneto è oggi previsto e praticabile grazie a protocolli di utilizzo e pratiche di spargimento che sono parte dei protocolli di "buona gestione". Questi elementi di "buona gestione" e "riciclo e riutilizzo" determineranno nel medio termine una diminuzione delle emissioni di gas serra e un aumento della fissazione della CO₂ nelle piante grazie al miglioramento del loro stato di salute e di crescita. La ricaduta ambientale più importante è quella del contrasto all'abbandono delle aree castanicole, che è un problema che comporta, come già è stato manifestato in altre realtà toscane, un aggravarsi della fragilità idrogeologica dei territori collinari e montani con conseguenze disastrose.

Considerazioni conclusive e Ricadute Territoriali Del Progetto

Il progetto ha individuato delle soluzioni concrete per ovviare alle forti oscillazioni di produzione e immissione delle castagne sul mercato e di garantirne lo standard qualitativo e di salubrità. L'impatto sul contesto socioeconomico dell'Amiata e delle aree castanicole regionali sarà rilevante, riportando un po' di ottimismo agli attori di filiera e favorendo il superamento della fase di 'family business' a favore di strutture aziendali di maggiori dimensioni e organizzazione. FORECAST, immettendo tecnologia nel settore, ottimizzerà i costi di produzione e permetterà di riconquistare quote di mercato perse. Le tecnologie adottate nel progetto FORECAST rappresentano per le PMI una concreta opportunità per effettuare un salto di paradigma, a favore delle aziende innovative, garantendo l'immissione sul mercato di un prodotto qualitativamente superiore e una migliore "customer experience". L'obiettivo di FORECAST, nel breve periodo, è quello di avere ricadute positive sui consumatori (incrementando la qualità e salubrità dei prodotti), sull'industria castanicola (fornendo strumenti utili per diminuire le perdite dovute ad attacco da insetti e muffe), sulla comunità scientifica (rappresentando un passo in avanti nel campo dell'applicazione dell'analisi d'immagine iperspettrale nel settore agroalimentare). Pertanto, i risultati di questo progetto contribuiranno alla crescita della competitività della Regione Toscana. In seguito all'infestazione del cinipide galligeno, all'attacco massiccio del 'marciume bruno' delle

castagne e ai cambiamenti climatici, l'impatto negativo sulla filiera castanicola è aumentato in maniera considerevole. In particolare, si deve cercare di evitare la perdita d'interesse nella castanicoltura, con conseguenze negative che nel giro di alcuni anni potrebbe portare a conseguenze nefaste, come l'abbandono dei castagneti. Le ricadute territoriali di questo progetto sono quindi di elevato rilievo, in quanto l'obiettivo del progetto è quello di contribuire ad aumentare i vantaggi economici legati al mondo castanicolo. Il progetto FORECAST è servito, infine, anche a sensibilizzare le attività castanicole, gli operatori e le autorità istituzionali locali, facendo intravedere la ventata d'innovazione possibile nei castagneti e dimostrando che si può cambiare il modo di condurre gli impianti. Il coinvolgimento degli operatori e dei castanicoltori ha avuto l'obiettivo di stimolare un ritrovato interesse verso il settore della castanicoltura, anche se in modo più moderno e innovativo. Forecast è sicuramente un progetto trasferibile ad altri contesti castanicoli toscani, proprio per il suo approccio di filiera completa e per l'attenzione verso tutti gli attori che la compongono. Infine, a conclusione del progetto è nata l'idea di far nascere una struttura organizzata tecnico-scientifica per dare risposte concrete al castanicoltore, in merito al riconoscimento delle malattie e criticità del castagneto, alla sua corretta gestione e alle possibili azioni di adattamento.

Spese sostenute per l'attuazione del PS-GO

Riepilogo costo e contributo approvato per partner e per sottomisura

Partner attuatore (ID)	Sottomisura	WP (n.)	Costo euro	% sul totale costo progetto	% di contribuzione	Contributo richiesto euro
ASS. VALORIZZAZIONE CASTAGNA DEL MONTE AMIATA IGP	1.2	1.2	€ 25.000	6,9%	100%	€ 25.000,00
	1.3	1.3	€ 25.000	6,9%	80%	€ 20.000,00
PROCAAM	16.2	1.1	€ 20.300	5,6%	90%	€ 18.270,00
		2.1	€ 23.300	6,4%	90%	€ 20.970,00
		3.1	€ 20.800	5,8%	90%	€ 18.720,00
		4.1	€ 20.800	5,8%	90%	€ 18.720,00
FAZZI MIRCO						
ULIVIERI ROBERTO						
CERTEMA	16.2	5.1	€ 26.000	7,2%	90%	€ 23.400,00
		5.2	€ 53.000	14,7%	90%	€ 47.700,00
		5.3	€ 10.000	2,8%	90%	€ 9.000,00
UNITUS DIBAF	16.2	6.1	€ 23.900,00	6,6%	90%	€ 21.510,00
		6.2	€ 22.122,82	6,1%	90%	€ 19.910,54
		6.3	€ 5.500,00	1,5%	90%	€ 4.950,00
		6.4	€ 37.845,68	10,5%	90%	€ 34.061,11
CIPA-AT	1.1	7.1	€ 27.027,80	7,5%	90%	€ 22.597,24
MONACI FRANCESCO	16.2	8.1	€ 20.800,00	5,8%	90%	€ 18.720,00
Totale			€ 361.396,30	100,0%		€ 323.528,89

Riepilogo costo e contributo richiesto a saldo per partner e per sottomisura

Partner attuatore (ID)	Sottomisura	WP (n.)	Spesa sostenuta euro	Spesa ammissibile euro	% sul totale costo progetto	% di contribuzione	Contributo richiesto euro
ASS. VALORIZZAZIONE CASTAGNA DEL MONTE AMIATA IGP	1.2	1.2	€ 25.170,25	€ 25.000,00	8%	100%	€ 25.000,00
	1.3	1.3	€ 12.529,36	€ 12.529,36	4,01%	80%	€ 10.023,49
PROCAAM	16.2	1.1	€ 20.365,74	€ 20.300,00	6,5%	90%	€ 18.270,00
		2.1	€ 17.104,97	€ 17.104,97	5,48%	90%	€ 15.394,47
		3.1	€ 25.767,35	€ 20.800,00	6,66%	90%	€ 18.720,00
		4.1	€ 23.850,45	€ 20.800,00	6,66%	90%	€ 18.720,00
FAZZI MIRCO	16.2	5.1	€ 30.117,54	€ 26.000,00	8,32%	90%	€ 23.400,00
		5.2	€ 54.848,79	€ 53.000,00	16,98%	90%	€ 47.700,00
		5.3	€ 14.503,31	€ 10.000,00	3,20%	90%	€ 9.000,00
ULIVIERI ROBERTO	16.2	6.1	€ 81.478,86	€ 81.478,86	26,15%	90%	€ 73.330,97
		6.2				90%	
		6.3				90%	
		6.4				90%	
CIPA-AT	1.1	7.1	€ 4.322,08	€ 4.322,08	1,38%	90%	€ 3.457,66
MONACI FRANCESCO	16.2	8.1	€ 29.382,83	€ 20.800,00	6,66%	90%	€ 18.720,00
Totale			€ 339.441,53	€ 312.135,27	100,0%		€ 281.736,59



PSR | | | | | | | | | |

GOFORCAST

PIANA INNOVATIVA DI AZIENDE ELEVATE DELLA CASTAGNOCOLTURA, ATTIVANDO STRATEGIE INNOVATIVE IN TOSCANA

FORCAST è un progetto di innovazione tecnologica finanziato dalla sottoregione 12 del PSR della Regione Toscana 2014-2020 - Reg. (UE) n.1305/2013 - Fondo "Sviluppo rurale" attraverso il Piano Strategico della coltivazione organica del Gruppo Operativo (G.O.) "Pianificazione e sviluppo per l'innovazione". Il risultato di produttività e sostenibilità dell'agricoltura (PEI - ACRI) - Amiata 2017.



PROTOCOLLO DI GESTIONE DEL CASTAGNETO DA FRUTTO A BASSO IMPATTO AMBIENTALE

A cura della Dott.ssa Forestale Romina Caccia

INTRODUZIONE

Il castagneto da frutto negli ultimi anni ha subito una serie di stress che ne hanno indebolito fortemente la resilienza ecosistemica. L'invasione nei primi anni 2000 di *Dryocosmus kuriphilus*, la vespa galligena, conosciuto meglio come il cinipide del castagno, responsabile dell'induzione di galle sulle gemme a fiore, a foglia, a legno, a rieducazione, la vitalità e la produzione di frutto per almeno due lustri ed i suoi effetti negativi ancora sono misurabili nei castagneti da frutto di diverse aree della penisola, ma grado d'indubbio effetto positivo dovuto all'impiego della lotta biologica con il parassitoide specifico *Torymus sinensis*. Questa avversità ha determinato una serie di effetti secondari di ordine fitosanitario ancora in atto, tra cui la recrudescenza dell'impatto di "vecchi" parassiti del frutto come cidie e balanino e, tra i patogeni, il marciume bruno del frutto, un sensibile aumento dell'incidenza e severità del Mal dell'Inchiostro e nuovi quadri sintomatologici associati al cancro corticale. L'indebolimento e perdita di resilienza del castagno e del castagneto sono tra le cause di questo peggioramento del quadro fitosanitario. La pianta di castagno si presenta molto indebolita e come tutti gli esseri viventi, diventa più suscettibile agli attacchi esterni. L'evidente modifica del clima, l'innalzamento progressivo delle temperature cardinali e l'intensificarsi di eventi estremi come siccità e alluvioni ha ulteriormente indebolito il sistema. È importante sottolineare che spesso i castagneti da frutto sono posizionati ad altitudini inferiori rispetto alla fascia pedoclimatica del castagno, risultando quindi più sensibili ai cambiamenti climatici. Il castanicoltore, tuttavia, può adottare delle buone pratiche che possono essere di aiuto alla sopravvivenza di questo ecosistema che ha molteplici valenze per i territori in cui vegeta, nonché al mantenimento della produzione di uno dei frutti più pregiati della nostra penisola, la castagna.



LE BUONE PRATICHE AGRICOLE

Si elencano una serie di accorgimenti che si possono attuare per una nuova gestione del castagneto a fronte degli ultimi avvenimenti.

- 1. Non abbandonare i castagneti:** continuare a gestire i castagneti anche se il frutto dovesse essere meno abbondante. È una pratica poco seguita, anche perché storicamente il castagneto da frutto "donava" senza chiedere niente in cambio. Ormai non è più possibile ottenere questo. Si tratta di un frutteto, e va curato come tale, altrimenti si indebolisce e a quel punto è complicato ed oneroso ripristinare le condizioni precedenti.
- 2. Monitorare accuratamente le condizioni di salute del castagneto** e contattare, se necessario, tecnici del settore appena siano evidenti deviazioni dallo stato di normalità della pianta. Infatti, l'individuazione del problema sul nascere aumenta la percentuale di successo degli interventi di contenimento e abbate i costi.
- 3. Dove le condizioni lo permettono, effettuare trattamenti fitosanitari** biocompatibili, soprattutto nei primi anni dall'abbandono, dove si verificano maggiori infestazioni e infezioni. Sono oggi disponibili protocolli di intervento a impatto zero per contrastare le principali avversità del castagno. L'applicazione di questi protocolli richiede una conoscenza specifica e il supporto di agronomi esperti del settore. Le buone pratiche possono comunque prevenire l'insorgenza di problemi fitosanitari.
- 4. Privilegiare un sesto di impianto il più possibile ampio,** così da permettere che i castagni si espandano secondo la loro natura, favorendo la illuminazione della chioma e la loro fruttificazione.
- 5. Attuare potature regolari:** possibilmente non troppo decise, ma togliendo sicuramente le parti secche, cercando di mantenere la chioma "globosa", tipica del castagno, così da permettere che la luce penetri dappertutto e forni i frutti a tutta chioma.
- 6. Non allontanare i residui di potatura fino a giugno, accantonandoli nel castagneto:** questo per permettere che l'antagonista specifico del cinipide, il *Torymus sinensis*, possa sfarfallare dalle galle dell'anno precedente, ricominciare il suo ciclo sulle galle nuove e contrastare l'attacco della vespa galligena.
- 7. Concimazioni organiche:** una nutrizione adeguata apportata alle piante, riveste un ruolo fondamentale, assicurando in primis, sia la qualità e quantità di produzione, ma non solo: assicura la sanità e la sopravvivenza delle stesse. È indubbio che una pianta sana, ben nutrita risente meno di tutte le avversità che possono colpirla durante il suo ciclo vegetativo; è, per così dire, più resiliente. L'apporto di sostanze particolari, presenti in determinati concimi, aumenta questa resilienza della pianta. Secondo uno studio dell'Università degli Studi della Tuscia, la presenza di fosforo nel suolo crea una minore presenza di galle del cinipide galligeno, e sulle stesse piante con meno galle, si presenta una produzione di frutto maggiore. È importante quindi fertilizzare annualmente il castagneto, prediligendo letame, pollina, compost verde o misto organico, con frazione minerale sbilanciata nei primi anni verso l'azoto nei castagneti che provengono da un abbandono, successivamente prediligendo lo sbilanciamento verso il fosforo.
- 8. Raccogliere il prodotto celermente, giornalmente.** La permanenza dei frutti sul suolo aumenta esponenzialmente il rischio di insorgenza di marciume e facilita la fase di impupamento nel suolo di insetti dannosi come il balanino.
- 9. In aree ad alta incidenza di marciumi del frutto bruciare ricci, castagne e foglie dopo la raccolta,** perché in questi tessuti avvengono i patogeni responsabili delle nuove infezioni nella stagione successiva.
- 10. Eseguire un corretto trattamento del frutto in post-raccolta.** I trattamenti maggiormente efficaci in post-raccolta sono le vasche di flottazione per eliminare i frutti colpiti da insetti, e la "sterilizzazione" a 50°C per 45'.
- 11. Favorire la presenza di specie quercine nel castagneto** e nei cedui di castagno, perché i parassitoidi dei cinipidi delle querce, controllano anche la vespa galligena, quindi va incentivata la presenza anche di queste specie nel castagneto; l'ecosistema è così più forte ed equilibrato per l'aumento di biodiversità.
- 12. Considerare il castagneto non solo dal punto di vista della produzione del frutto, ma anche della multifunzionalità:** i territori castanicoli sono rappresentano una firma paesaggistica inconfondibile, sono ricchi di storia, tradizione, cultura e grande bellezza. Vanno quindi incentivate le iniziative di valorizzazione e tipizzazione del frutto e l'integrazione con le politiche di sviluppo turistico, gastronomico e culturale del territorio.

Fig. 132 - 133 – Protocollo di Gestione del Castagneto da Frutto.

LUNEDÌ 11 APRILE 2022
IL TIRRENO

Amiata Colline VII

Strategie per salvare i castagneti

Ecco il protocollo nato da Forecast

Chiusa la sperimentazione, il progetto ha elaborato le linee di gestione e di innovazione

MONTE AMIATA. Il gruppo operativo Forecast, attraverso il proprio piano strategico, ha concluso il proprio percorso di sperimentazione producendo un primo protocollo di gestione dei castagneti e un prototipo selezionatore di castagne.

Il gruppo operativo è nato

Funghi, marciume, parassiti danneggiano piante e produzione. Così si cerca di arginarli

per rispondere ad alcune problematiche impellenti del settore. La filiera castanicola, ricorda il dottor Giovanni Alessandri, coordinatore del G.O., infatti, caratterizzata da un livello tecnologico modesto, e non è in grado di rispondere efficacemente al crollo della produzione di castagne (circa del 90% in alcuni anni) e all'incremento di prodotto difettato dal proliferare di agenti di danno e malattie dei frutti, associati ai cambiamenti climatici.

Le problematiche attualmente presenti sull'Amiata sono diverse: le contaminazioni da funghi produttori di micro-tossine, l'alta incidenza di danni da marciume sul frutto (gnomonopsis castaneae) associata al cinipide galligeno, e la scarsa capacità di individuazione e selezione del prodotto difettato. Queste problematiche, assieme ai metodi tradizionalmente adottati, scarsamente efficaci, diventano fattori di amplificazione del rischio (cross-contaminazione post-selezione dei danni da marciume).

Le soluzioni attivate dal progetto Forecast per dare risposta alle criticità tecnologiche e di processo della filiera castanicola e garantire un prodotto castagna salubre e di qualità, sono la riduzione dell'incidenza e della formazione del marciume sul frutto sia nel castagneto che in fase di stoccaggio e l'aumento dell'accuratezza e dell'igiene del sistema di selezione del frutto difettato nei sistemi di confezionamento. Le attività del progetto si sono

concentrate nello sviluppo di un protocollo per il trattamento dei castagni e del castagneto e del frutto post-selezione con metodi a impatto zero di comprovata efficacia, quali la concimazione organica, la bio-fumigazione con prodotti a base di Brassicaceae, trattamenti endoterapici in pianta con induttori di resistenza qua-

Il fosforo di potassio. La sperimentazione è stata condotta su più castagneti, appositamente selezionati, delle quattro aziende partecipanti al progetto: Mirco Fazzi, Roberto Ulivieri, Francesco Monaci e la Cooperativa Procaam.

Ricorda Roberto Ulivieri, che oltre che castanicoltore, è anche presidente della Asso-

cializzazione e che dovranno essere introdotte da tutti i nuclei castanicoli». L'applicazione delle buone prassi sui castagneti amiatini è stata possibile grazie al lavoro sul campo congiunto guidato dall'Università degli Studi della Tuscia - Dibat con il coordinatore scientifico, il professor Andrea Vannini, e la dottoressa Romina Caccia.

Altro obiettivo del progetto è stata l'innovazione del processo di selezione e scarto delle castagne difettate, che attualmente si basa sull'ispezione visiva e la cernita manuale. Questa attività è stata curata dallo staff tecnico di Certema, Polo tecnologico della Regione con sede a Borgo Santa Rita, guidato dall'ingegner Stefano Petrella, assieme all'Università della Tuscia e al professor Roberto Mosciatti.

È stato realizzato un primo prototipo di impianto selezionatore automatico di castagne, integrato con metodiche di analisi spettrofotometrica nel vicino infrarosso (Nir) per il riconoscimento non distruttivo di danni visibili e occultati del frutto. Non meno importanti sono state le attività di formazione di Forecast collegate al progetto, curate dalla Cipa-at di Grosseto che hanno promosso la conoscenza e la diffusione dei risultati acquisiti e quelle divulgative e di visita, curate dalla Associazione della castagna del monte Amiata IGP. Sono stati organizzati tre incontri tematici e quattro visite guidate a territori castanicoli sui monti Cimini, in Casentino, in Mugello e Garfagnana.



Un momento dell'analisi dei castagni sull'Amiata

Fig. 134 – Articolo sul quotidiano La Nazione.