



GIOVANI *si*



Regione Toscana



**Partenariato Europeo per l'Innovazione
*in materia di produttività e sostenibilità
dell'agricoltura***

Titolo del Piano Strategico

**Strategia per una tartuficoltura sostenibile innovativa negli
habitat tartufigeni senesi-Habitar-SI**

RELAZIONE TECNICA DI SINTESI

Soggetto capofila del GO: Università degli Studi di Perugia

2019-2023



1. Partenariato

Il Gruppo Operativo ha avuto inizio il 20/11/2019 e il 20/12/2019 è stata presentata la domanda di aiuto in ARTEA da parte del Capofila e degli altri 8 partner. Tra questi ultimi, in data 4/11/2020 è stato comunicato mediante PEC il recesso dal GO dell'Azienda Agricola Santa Marcella di Francesco Bonghi (P5 con il WP4), quindi il partenariato risulta composto da **8 partner** provenienti dalle Province di Siena, Firenze, Perugia e Gorizia.

- a. Il Capofila **Università degli Studi di Perugia - UNIPG (P2)** nel **WP1 Coordinamento e Gestione del progetto** si è occupato della redazione dell'Accordo di cooperazione e del Regolamento interno del Gruppo Operativo, entrambi sottoscritti da tutti i partner il 18/12/2019, e ha svolto le attività di coordinamento, tra le quali: riunioni, diffusione delle comunicazioni amministrative dalla Regione Toscana e informative dalla Rete Rurale Nazionale, controlli periodici delle attività svolte dai partner, avanzamenti degli aspetti finanziari, invio dei report annuali, comunicazioni nel sito internet del progetto <https://habitarsi.ciatoscana.eu/>.
UNIPG, in qualità di partner scientifico nel **WP7 Monitoraggio ambientale, del microbioma e tartufigeno**, di comune accordo con l'altro partner scientifico del GO, Consiglio per la Ricerca in Agricoltura e l'analisi dell'Economia Agraria, CREA - VE di Gorizia (**P3**), ha svolto un sopralluogo dettagliato che ha consentito di individuare le aree da sottoporre a monitoraggio nell'ambito delle aziende partner (**P4, P6, P7**) in **WP2, WP3 e WP5**, mettendo a punto il modello di campionamento e individuando le specifiche aree di controllo. Nell'Azienda Agricola Berni Valentino (**P4**) è stata individuata la superficie della tartufaia di *Tuber magnatum* Picco (tartufo bianco) in zona di fondovalle da sottoporre a monitoraggio ambientale effettuando rilievi floristico-vegetazionali ex-ante ed ex-post nell'area sottoposta a irrigazione e in un'area di controllo simile ma non sottoposta a irrigazione. Analoghi rilievi sono stati effettuati anche nell'Azienda Agricola Valdambriani Paolo (**P7**) in una tartufaia naturale di *Tuber borchii* Vittad. (tartufo marzuolo o bianchetto) sviluppata in un ex oliveto colonizzato da vegetazione spontanea, distinguendo un'area poi sottoposta a decespugliamento e una di controllo. Per il monitoraggio del microbioma sono stati effettuati i campionamenti del suolo ex-ante ed ex-post nelle rispettive aree di trattamento e di controllo delle aziende partner **P4 e P7** e anche dell'Azienda Agricola Davitti Daniele (**P6**) per il rilevamento del rapporto batteri/funghi nel suolo e per la valutazione della biodiversità microbica attraverso analisi metagenomica, in **P6** prima e dopo la realizzazione di impianti tartufigeni ex novo con *Tuber borchii* Vittad. e *Tuber aestivum* Vittad. (tartufo estivo o scorzone). Per il monitoraggio tartufigeno sono stati effettuati campionamenti di suolo ex-ante, intermedio ed ex-post nelle aree di monitoraggio in **P4** da utilizzare per la quantificazione di micelio di tartufo bianco nel suolo mediante Real-time PCR. Inoltre, è stato effettuato il controllo della micorrizzazione con analisi morfologica e biomolecolare delle piante tartufigene e delle talee messe a dimora nelle aziende **P4 e P6**.
- b. L'**Associazione Tartufai Senesi (P1)** nel **WP11 Visite Aziendali** ha curato la visita guidata presso la Regione di Aragona (Spagna) svoltasi dal 30 maggio al 3 giugno 2022, con base nella città capoluogo di Saragozza, grazie alla collaborazione del CITA (Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón).
- c. Il **Consiglio per la Ricerca in Agricoltura e l'analisi dell'Economia Agraria - CREA-VE di Gorizia (P3)** nel **WP6 Monitoraggio condizioni fisiche e biochimiche del suolo** ha svolto innanzitutto un'ispezione dei suoli in collaborazione con UNIPG (**P2**) per identificare le unità di suolo e delimitare le future aree da monitorare presenti nelle aziende partner (**P4, P6, P7**) in **WP2, WP3 e WP5**. Ha quindi pianificato le strategie di monitoraggio del suolo per confronti spazio-temporali fra le aree di trattamento e di controllo selezionate. Il campionamento ex-ante è stato avviato nel 2020 presso l'Azienda Agricola Berni (**P4**) dove sono stati misurati in campo e in laboratorio i parametri fisico-idrologici e biochimici utili per la gestione dell'acqua nella tartufaia di tartufo bianco selezionata e per la valutazione dell'impatto dei trattamenti sulla biomassa microbica del suolo. Il campionamento ex-ante è

proseguito nel 2021 estendendo il monitoraggio alle Aziende Agricole: Davitti (**P6**) (prima dell'impianto delle nuove tartufaie di tartufo estivo e tartufo marzuolo) e Valdambri (**P7**) (gestione di una tartufaia naturale di tartufo marzuolo). In queste due aziende, non essendo in gioco la gestione del suolo, le analisi sono state limitate ai parametri biochimici che possono rispondere indirettamente agli interventi sulla vegetazione e i simbionti. Nel quarto trimestre del 2022 è stato infine attuato il campionamento ex-post per una prima valutazione delle ricadute dei trattamenti sulle caratteristiche idrologiche e biochimiche del suolo.

- d. **L'Azienda Agricola Berni Valentino (P4)** con il **WP2 Implementazione prove pilota su tartufaia naturale di tartufo bianco in fondovalle con inoculazione di talee e gestione idrica** nelle aree individuate per la sperimentazione insieme ai partner scientifici **P2** e **P3**, a luglio 2020 ha installato due mini-stazioni di monitoraggio con trasmissione dati wireless per il rilevamento dell'umidità (sensore FDR) e della temperatura del suolo. La mini-stazione principale (che raccoglie i dati di entrambe) è stata dotata anche di pluviometro e termometro per la temperatura dell'aria. Nel corso dell'estate 2020 sono state anche effettuate affossature per la regimazione delle acque meteoriche e nel corso del progetto sono state effettuate irrigazioni per le necessità idriche della tartufaia. Nella stagione produttiva autunno-inverno 2020 è stato reperito tartufo bianco locale e materiale di riproduzione di *Quercus robur* L. (farnia) e *Quercus pubescens* Willd. (roverella) per la successiva preparazione di piante micorrizzate con *Tuber magnatum* da parte di un vivaio specializzato nel corso del 2021-2022, poi messe a dimora per la coltivazione e ampliamento della tartufaia naturale con materiale autoctono. Inoltre, sono state preparate (2021 e 2022) e messe a dimora talee di *Populus canescens* (Aiton) Sm. (pioppo gatterino) da piante madri presenti in tartufaia naturale di tartufo bianco, una parte inoculate in situ con tartufo bianco locale e una parte non inoculate, in modo da ampliare la tartufaia naturale.
- e. **L'Azienda Agricola Davitti Daniele (P6)** con il **WP5 implementazione prova pilota su tartufaia coltivata con micorrizzazione controllata** ha realizzato un impianto tartufigeno mettendo a dimora piante di *Quercus pubescens* Willd. (roverella) micorrizzate con *Tuber aestivum* Vittad. (tartufo estivo o scorzone) e di *Pinus pinea* L. (pino da pinoli) micorrizzate con *Tuber borchii* Vittad. (tartufo bianchetto o marzuolo) in due aree contigue recintate. In ciascuna area per ogni specie di tartufo sono state previste due parcelle da sottoporre rispettivamente a irrigazione (con distribuzione di acqua controllata, mediante cisterna con carrello) e in asciutta. Inoltre, una centralina meteorologica consente di monitorare la necessità di intervento.
- f. **L'Azienda Agricola Valdambri Paolo (P7)** con il **WP3 Recupero e miglioramento produttivo di tartufaia naturale di tartufo bianchetto o marzuolo** ha effettuato attività di gestione di un ex-oliveto abbandonato e colonizzato da vegetazione spontanea al fine di recuperare la produttività naturale di *Tuber borchii* Vittad. (tartufo marzuolo o bianchetto) già da alcuni anni non più evidente. In particolare, sono state prese in considerazione due aree: una sottoposta a decespugliamento con asportazione del materiale, durante l'autunno-inverno 2021/2022, e una lasciata indisturbata come controllo. Inoltre, è presente un'altra area come controllo, essendo oramai indisturbata da vari decenni.
- g. Il partner **Agricoltura È Vita Etruria (P8)** con il **WP8 Corso di Formazione denominato "Biodiversità e recupero delle tartufaie"** ha realizzato un'edizione del corso nel periodo di aprile-maggio 2022. Il corso, della durata di 20 ore, è stato tenuto da docenti senior con esperienza documentata da relativo CV riguardo gli argomenti trattati. La maggior parte delle lezioni sono state tenute in modalità FAD (formazione a distanza on-line), è stata prevista una visita didattica presso un'azienda agricola esemplare di Montepulciano; e con il **WP9 Workshop – "Esperienze innovative di tartuficoltura a confronto"** ha realizzato l'iniziativa il 25 novembre 2022 a San Miniato (PI) per testimoniare l'esperienza degli agricoltori coinvolti nel Gruppo Operativo del Tartufo Habitar-SI e contestualmente approfondire le esperienze di tartuficoltura sul territorio pisano.

- h. Il partner **CIA Toscana (P9)** con il **WP10 Divulgazione dei risultati del progetto** ha realizzato e curato il sito internet progettuale contenente le informazioni rilevanti la struttura, le attività e gli obiettivi del gruppo operativo. L'indirizzo del sito web è: <https://habatarsi.ciatoscana.eu/>. Durante tutta l'attività progettuale, all'interno del sito sono state inserite tutte le informazioni rilevanti relative alle attività svolte, in particolare la attività disseminative svolte, le visite guidate e i corsi di formazione organizzati durante il progetto. Complessivamente il sito internet e le sue pagine hanno ricevuto oltre 750 visualizzazioni con accesso di oltre 200 singoli utenti. Inoltre, per garantire una diffusione offline delle attività è stata realizzata una brochure in quadricromia di 16 pagine con una descrizione sintetica delle attività intraprese dal progetto e uno specifico approfondimento sulla gestione degli ambienti tartufigeni. Nel numero di ottobre 2022 è stato realizzato uno speciale all'interno di Dimensione Agricoltura, mensile di settore a diffusione regionale con oltre 20.000 lettori. Sia la brochure che lo speciale di Dimensione Agricoltura sono consultabili in formato digitale all'interno del sito internet progettuale. Per l'attività di disseminazione sono stati realizzati: 1 convegno iniziale e 1 incontro tematico i cui programmi e i dettagli dei partecipanti saranno descritti puntualmente all'interno della relazione finale del partner.



Partenariato

2. Innovazioni messe a punto e trasferite

Le innovazioni messe a punto con il progetto sono:

- Interventi di gestione idrica sostenibile che hanno incrementato la qualità e la produzione di *Tuber magnatum*
- Conoscenze approfondite sulle caratteristiche fisico-idrologiche di superficie e di profondità dell'ambiente suolo richiesto dal *Tuber magnatum*, con applicazioni pratiche in termini di pianificazione della gestione idrica delle tartufaie
- Pratiche di gestione della copertura vegetale che hanno permesso il recupero della produzione di *Tuber borchii* in tartufaia naturale
- Messa a dimora, al margine di tartufaia naturale, di piante micorrizzate con *Tuber magnatum* prodotte in vivaio specializzato con germoplasma locale e di talee di pioppo da piante madri locali, favorendo l'ampliamento della tartufaia naturale e in prospettiva la produzione di *Tuber magnatum*

- Realizzazione di tartufaia coltivata di *Tuber borchii* e *Tuber aestivum* per l'incremento della produttività dell'azienda agraria, con gestione sostenibile dell'acqua e monitoraggio pedoclimatico
- Produzione di set di dati ambientali: climatici, pedologici, floristico-vegetazionali, del microbioma del suolo, del micelio di tartufo nel suolo, della micorrizzazione, che potranno fornire una base per confronti successivi nel tempo e rispetto ad altri ambienti simili a livello nazionale e internazionale
- Comunicazione e formazione verso le aziende agrarie e il mondo rurale delle potenzialità tartufigene e delle modalità di intervento nei territori rurali per valorizzare la risorsa tartufigena e la diversificazione delle produzioni agricole
- Dimostrazione dell'efficacia delle iniziative di divulgazione di best practices in tartuficoltura per un costante interscambio fra esperienze aziendali, competenze produttive e organizzative di filiere europee a forte vocazione tartufigola e nuove conoscenze scientifiche.

3. Metodologie seguite, tempistica, prodotti e risultati conseguiti

WP1 Coordinamento e Gestione del progetto (UNIPG - P2)

Tutte le attività di coordinamento tra i partner, ma anche di attività in campo, a partire dal mese di marzo 2020 sono state condizionate e limitate dalle restrizioni legate ai diversi DPCM COVID19. Tuttavia, la disponibilità e lo spirito di collaborazione dei partner e degli uffici Regionali hanno consentito di sviluppare il progetto nel migliore dei modi.

Sono stati svolti numerosi incontri con i partner, sia in presenza che a distanza durante le restrizioni legate al COVID19 e anche direttamente in campo, in occasione di rilievi e attività di monitoraggio in ciascuna azienda partner, a partire dal 18 dicembre 2019, data di sottoscrizione dell'Accordo di cooperazione e del Regolamento interno del Gruppo Operativo, fino al 26 ottobre 2022, data di prelievo ex-post di campioni in campo per tutte le aree di monitoraggio.

In data 4/11/2020 è stato comunicato mediante PEC il recesso dal GO dell'Azienda Agricola Santa Marcella di Francesco Bonghi (P5 con il WP4).

Nell'estate 2020, a supporto delle attività di animazione e gestione del GO è stato affidato un incarico ad Agriservizi Siena, mentre un altro a Chronica New Consulting srl a supporto delle attività di rendicontazione tecnico-economica, entrambi necessari e indispensabili per il buon svolgimento delle attività di progetto.

I partner hanno firmato i relativi contratti ciascuno nelle date indicate di seguito, con evidenti incertezze nelle attività da svolgere in mancanza della formale documentazione di finanziamento.

- AèV 03/06/2020
- Associazione Tartufai Senesi 29/06/2020
- UNIPG 27/07/2020
- CIA Toscana 16/10/2020
- CREA 30/10/2020
- Azienda Agricola Valdambrini Paolo 09/03/2021
- Azienda Agricola Davitti Daniele 31/08/2021
- Azienda Agricola Berni Valentino 09/09/2021

I contatti tra il capofila e i partner di progetto si sono svolti per ogni necessità, sia di natura tecnica che economico-finanziaria, e in vario modo: posta elettronica, telefono e gruppo WhatsApp, creando un ottimo rapporto di collaborazione e fiducia, nell'ottica di un proficuo scambio di conoscenze teoriche e pratiche.

Il capofila si è occupato della redazione e invio delle relazioni annuali sull'avanzamento del progetto, partecipando anche alle attività organizzate dalla Rete Rurale Nazionale.

WP2 - Implementazione prove pilota su tartufaia naturale di tartufo bianco in fondovalle con inoculazione di talee e gestione idrica (Az. Agr. Berni Valentino – P4)

Nelle zone di fondovalle dell'azienda sono localizzate tartufaie naturali produttive di *Tuber magnatum*, nell'ambito delle quali sono state individuate alcune aree, in cui svolgere le sperimentazioni e i monitoraggi, mediante vari sopralluoghi effettuati dal personale CREA (WP6) e UNIPG (WP7). Inoltre, a luglio 2020 sono state installate due mini-stazioni di monitoraggio con trasmissione dati wireless per il rilevamento dell'umidità (sensore FDR) e della temperatura del suolo nell'area tartufigena naturale. La mini-stazione principale (che raccoglie i dati di entrambe) è stata dotata anche di pluviometro e termometro per la temperatura dell'aria. Riguardo la gestione dell'acqua nel suolo, nel corso dell'estate 2020 sono state effettuate affossature per la regimazione delle acque meteoriche. Tuttavia, in seguito a problemi autorizzativi, l'azienda è riuscita a mettere in opera gli impianti per l'irrigazione, incluso il noleggio di un contenitore per la raccolta e il reimpiego delle acque meteoriche in tartufaia, solo nell'autunno 2022, perciò nell'attesa è stata approntata una irrigazione sostitutiva che ha permesso di apportare l'acqua necessaria.

Nella stagione produttiva autunno-inverno 2020 è stato reperito tartufo bianco locale e materiale di riproduzione di *Quercus robur* L. (farnia) e *Quercus pubescens* Willd. (roverella) per la successiva preparazione di piante micorrizzate con *Tuber magnatum* da parte di un vivaio specializzato (Vivaio Azzato di Potenza).

È stata effettuata la ripulitura della zona di fondovalle (luglio 2021) nell'area individuata dal personale UNIPG, anche con la consulenza professionale del Dott. Leonardo Baciarelli Falini, dopo l'analisi floristico-vegetazionale ex-ante effettuata il 23/06/2021 da personale UNIPG (WP7).

Durante un sopralluogo, effettuato con il personale CREA e UNIPG, è stata valutata la possibilità di installare un'antenna per garantire il trasferimento di dati raccolti dalla mini-stazione principale, a causa delle problematiche legate alla trasmissione di dati wireless per il rilevamento dell'umidità (sensore FDR) e della temperatura del suolo. L'antenna è stata installata e ha consentito di riprendere l'invio dei dati meteorologici.

L'azienda ha effettuato un intervento di regimazione delle acque superficiali mediante affossature nella tartufaia naturale di fondovalle, in area produttiva di *Tuber magnatum*, che è stata anche sottoposta a ripulitura mediante eliminazione di arbusti per una superficie di circa 200 m² all'interno dell'area indicata nel cerchio in figura 1.



Fig. 1 – area di intervento; ★ zona di messa dimora di talee di pioppo e di querce micorrizzate con *Tuber magnatum*

Nella stessa area sottoposta alla ripulitura, è stata effettuata l'irrigazione sostitutiva, in coerenza con la

necessità richiesta in seguito all'andamento climatico e ai dati forniti dal rilevamento dell'umidità del suolo, come monitorato nel WP6, in modo da fornire acqua nel periodo estivo-autunnale allo scopo di mantenere il livello di acqua nel suolo vicino alla capacità di campo e solo quando necessario, per lo più ad intervalli di circa 15-20 giorni nei periodi siccitosi. Tali indicazioni tuttavia non possono essere trasferibili *tout-court* ad altre realtà produttive, in quanto le caratteristiche geomorfologiche e pedologiche della tartufaia sono specifiche per ogni situazione e devono essere attentamente valutate prima di stabilire i necessari interventi. Nel caso specifico, l'irrigazione effettuata ha dimostrato di essere molto efficace rispetto al miglioramento produttivo di *Tuber magnatum*, in termini qualitativi fornendo tartufi di buona pezzatura e con ottime caratteristiche organolettiche. Riguardo l'aspetto quantitativo, è stato stimato un incremento produttivo del 10% circa in peso nella zona irrigata rispetto a quella di controllo. Tale incremento si è dimostrato particolarmente importante nella stagione produttiva 2022/2023, caratterizzata da una scarsa produzione equindi il prezzo del *Tuber magnatum* è arrivato a cifre molto più alte del solito (fino a 600-700 euro/hg nel territorio senese).

Come da progetto, UNIPG con la consulenza professionale del Dott. Leonardo Baciarelli Falini ha elaborato la progettazione del nuovo impianto per ampliare la tartufaia naturale. La zona di ampliamento, indicata in figura 1, è stata realizzata mettendo a dimora 30 piante (*Quercus pubescens* e *Quercus robur*) micorrizzate con *Tuber magnatum* e prodotte da un vivaio specializzato utilizzando germoplasma locale, con una densità di impianto di 4 x 4m. Analoga densità di impianto è stata scelta per la messa a dimora di 60 talee di pioppo (*Populus canescens* (Aiton) Sm., pioppo gatterino, proveniente dalla stessa tartufaia naturale), delle quali metà inoculate con tartufo locale e l'altra metà non inoculate. Quindi, sono state preparate le talee, ma purtroppo, a causa delle difficoltà legate alla situazione pandemica e per la mancanza di materiale vegetale sufficientemente vitale, non è stato possibile mettere a dimora le talee fino all'autunno 2022. Tutte le talee sono state sottoposte a controllo morfologico dell'apparato radicale ex-ante, potendo accertare l'assenza di funghi micorrizici contaminanti, ma la difficoltà già nota di ottenere la micorrizzazione con il tartufo bianco è stata evidente. Infatti, al controllo morfologico effettuato al momento dell'impianto, non mostravano la presenza di micorrize di tartufo, ma, risultato molto importante, nemmeno di altri funghi contaminanti. Quindi, l'inoculo presente nel pane di terra delle talee invasetto, e oramai nel terreno, potrà fornire lo sviluppo di micelio che potrà colonizzare le radici emesse dalle talee direttamente nell'ambiente vocato, al margine della tartufaia naturale. Le altre talee non inoculate e messe a dimora potranno fornire il giusto controllo per la verifica di cosa succede in campo, che sarà senza dubbio svolta nei prossimi anni. Le piante tartufigene ottenute con germoplasma della tartufaia naturale, allo scopo di conservare la biodiversità locale, sono state preparate e allevate dal Vivaio Azzato (PZ) nel corso del 2021 e 2022. La difficoltà di ottenere piante micorrizzate con *Tuber magnatum* consiste nella tempistica, molto più lunga rispetto alle altre specie di tartufo, nella particolare cura e negli ambienti molto controllati in cui vengono preparate e allevate. Perciò sono state monitorate periodicamente nel tempo e analizzate per la relativa certificazione di micorrizzazione nell'ottobre/novembre 2022, risultando poi pronte per l'impianto. Le piante, anche se fornite di certificazione della micorrizzazione, sono state sottoposte ad analisi morfologica e molecolare, i valori medi di micorrizzazione sono risultati rispettivamente: 25% per *Quercus pubescens* e 35% per *Quercus robur*. Tuttavia, in seguito alle avverse condizioni climatiche (piogge intermittenti e terreno bagnato) sono state messe a dimora soltanto all'inizio del mese di gennaio 2023.

Nell'estate 2022 sono stati eseguiti rilievi floristico-vegetazionali ex-post nelle aree campione e per la verifica di alcune specie sono stati effettuati sopralluoghi anche nell'autunno 2022. Tuttavia la tempistica di progetto è ridotta rispetto i possibili cambiamenti nell'assetto floristico-vegetazionale.

Nel corso del progetto, le stagioni produttive per *Tuber magnatum* non hanno visto un andamento in generale molto positivo, tuttavia la frequenza di periodi siccitosi ha evidenziato un risultato produttivo positivo nelle aree che sono state sottoposte a irrigazione, soprattutto con incremento della qualità dei tartufi raccolti.



Azienda Berni Valentino, da sinistra: tartufaia naturale con regimazione idrica, capannina meteorologica, margine della tartufaia

WP3 Recupero e miglioramento produttivo di tartufaia naturale di tartufo bianchetto o marzuolo (Az. Agr. Valdambri Paolo - P7)

Nell’Azienda Agricola Valdambri Paolo è presente una tartufaia naturale di *Tuber borchii* Vittad. (tartufo marzuolo o bianchetto) sviluppata in un ex oliveto colonizzato da vegetazione spontanea, nell’ambito della quale i partner scientifici UNIPG e CREA, con il supporto della consulenza professionale del Dott. Baciarelli Falini Leonardo, hanno individuato un’area da sottoporre a decespugliamento e una di controllo. Quindi nell’autunno 2021 è stato effettuato il decespugliamento selettivo, con annesso allontanamento del materiale di risulta, nella zona individuata e precedentemente sottoposta, in data 23/06/2021, ad analisi floristico-vegetazionale ex-ante e poi nell’agosto 2022 ai rilievi ex-post. Gli stessi rilievi floristico-vegetazionali sono stati effettuati nell’area indisturbata con una densa copertura boschiva nello stesso appezzamento. L’elenco floristico elaborato dai rilievi ha consentito di evidenziare la presenza di n. 47 specie e sub-specie botaniche, senza poter individuare particolari effetti sulla composizione floristica in seguito alla gestione, se non in termini di copertura vegetale. Mentre la stagione successiva del marzuolo o bianchetto, primavera 2022, pur essendo in generale poco soddisfacente, ha mostrato risultati produttivi tangibili, dimostrando una rapida risposta alla riduzione della copertura vegetale.



Azienda Valdambri Paolo, da sinistra: tartufaia naturale di *Tuber borchii* prima e dopo decespugliamento selettivo

WP5 Implementazione prova pilota su tartufaia coltivata con micorrizazione controllata (Az. Agr. Davitti Daniele - P6)

Durante l'estate-autunno 2020 è stata effettuata una valutazione della idoneità tartufigena di un appezzamento disponibile in azienda, separato mediante una strada di campo da una tartufaia messa a dimora già da diversi anni, allo scopo di verificare le condizioni di coltivazione per le diverse specie di tartufo. Grazie alla consulenza professionale del Dott. Leonardo Baciarelli Falini, è stata effettuata la lavorazione del terreno e poi l'idonea preparazione per l'impianto opportunamente progettato, quindi realizzato nel novembre 2021 mettendo a dimora piante di *Quercus pubescens* Willd. (roverella) micorrizzate con *Tuber aestivum* Vittad. (tartufo estivo o scorzone) e di *Pinus pinea* L. (pino da pinoli o pino domestico) micorrizzate con *Tuber borchii* Vittad. (tartufo bianchetto o marzuolo), tutte precedentemente controllate dall'Università di Perugia riguardo la micorrizazione, in due aree contigue. In ciascuna area, per ogni specie di tartufo, sono state previste due parcelle da sottoporre rispettivamente a irrigazione (con distribuzione di acqua controllata mediante cisterna con carrello) e in asciutta. È stata installata la recinzione elettrificata alimentata da impianto fotovoltaico. Inoltre, una centralina meteorologica per il rilevamento dei dati climatici e i relativi sensori per rilevare l'umidità del terreno consentendo di monitorare la necessità di intervento. Lo stress da trapianto e le condizioni climatiche stagionali hanno determinato numerose fallanze tra le piante messe a dimora, soprattutto tra i pini, che verranno risarcite nella stagione primaverile, in modo da rendere più certo l'attecchimento.



Azienda Davitti Daniele, nuovo impianto tartufigeno

WP. 6 Monitoraggio condizioni fisiche e biochimiche del suolo (CREA-VE di Gorizia - P3)

A maggio 2020 sono state delineate le aree sperimentali dell'Azienda Berni Valentino da mettere a confronto in termini di presenza (nuova modalità) o assenza (modalità tradizionale) di gestione idrica delle tartufaie naturali di *Tuber magnatum*. Nelle aree prescelte è stato pianificato un disegno di campionamento a due pannelli da alternare nel corso del progetto. Sono stati di seguito scelti una quarantina di punti di osservazione mediante selezione casuale allo scopo di effettuare confronti statistici non distorti fra le diverse situazioni oggetto di sperimentazione.

Nella prima decade di giugno 2020, non appena terminato il periodo di lockdown a seguito della pandemia di Covid-19, è stato effettuato il primo rilevamento dei suoli. I punti di campionamento sono stati localizzati con strumento GPS e in ogni punto sono stati prelevati due campioni disturbati, alle profondità di 10 e 50 cm. In un sottoinsieme dei punti selezionati sono state fatte misure di conducibilità idraulica a saturazione

con la tecnica del cilindro singolo. In vicinanza dei punti di misura sono stati raccolti campioni di suolo indisturbati alle profondità di 5 e 40 cm.

Nell'estate 2020 sono state effettuate le analisi biochimiche, fisiche e idrologiche dei campioni raccolti a giugno. I campioni disturbati sono stati sottoposti alle analisi biochimiche programmate, relative al contenuto di DNA microbico a doppia elica e alle attività di vari enzimi presenti nel suolo. Sui campioni indisturbati sono stati misurati i parametri idrologici da utilizzare nella pianificazione della gestione idrica delle tartufaie sperimentali. In particolare, sono state determinate la densità apparente del suolo, la porosità totale e la ritenzione idrica a diverse tensioni. Con queste ultime misure sono state delineate le curve di ritenzione idrica dei diversi campioni e definiti i volumi d'acqua da far arrivare alle aree d'indagine nel corso della stagione estiva.

Alla fine di luglio 2020, nelle aree sperimentali dell'azienda Berni Valentino, la ditta Winet di Cesena ha installato i sensori di misura e le stazioni di registrazione e invio dati da remoto delle caratteristiche pedoclimatiche. L'inizio di registrazione dei dati è stato fissato al primo agosto 2020, con cadenza oraria delle misure di umidità e temperatura del suolo.

Nella prima decade di maggio del 2021, al termine del secondo periodo di lockdown nazionale, sono state campionate tutte le aree sperimentali delle aziende partner di progetto. Nell'azienda Berni Valentino è stato ripetuto il campionamento a pannelli alternati mentre nelle altre aree il campionamento ha seguito un disegno completamente randomizzato. Sono stati raccolti oltre sessanta campioni disturbati alla profondità di 10 cm (in tutte le aree sperimentali) e 50 cm (nelle aree dell'azienda Berni Valentino). Nel corso dell'estate 2021 i campioni sono stati analizzati per i seguenti parametri analitici: sostanza organica, carbonio e azoto solubili in solfato di potassio, biomassa microbica (misurata come DNA doppia elica) e 9 attività enzimatiche.

All'inizio del mese di ottobre 2021, nelle aree sperimentali relative al *Tuber magnatum* è stato effettuato un primo controllo della funzionalità del sistema di acquisizione dei dati pedoclimatici e, sfruttando la specifica esperienza dell'assegnista di ricerca Carlos Lozano Fondon, attuata una seconda campagna di campionamento allo scopo di misurare l'indice di qualità biologica del suolo basata sulla comunità dei microartropodi (QBS-ar) e di stabilire quale sia la relazione fra QBS-ar, dsDNA e attività enzimatiche del suolo. Il campionamento è stato effettuato prelevando campioni indisturbati di 10 cm di lato e 10 cm di spessore. Nell'invernata 2021-2022 i campioni sono stati collocati in estrattori di Berlese raccogliendo in uscita la microfauna presente nel campione e caratterizzandola in termini tassonomici mediante riconoscimento e conta al microscopio ottico. Le medesime prove sono state ripetute per convalida presso l'Università di Parma, consegnando i campioni brevi manu nel maggio del 2022.

A ottobre 2022 è stata condotta l'ultima campagna di campionamento prevista dal progetto. Come per il campionamento 2020, sono stati raccolti campioni disturbati e indisturbati a due profondità, che sono stati sottoposti alle medesime serie di analisi biochimiche e fisico-idrologiche già descritte per la campagna 2020. I campioni disturbati sono stati raccolti nelle aree di prova del *Tuber magnatum* (azienda Berni Valentino) e del *Tuber borchii* (azienda Valdambri Paolo). I campioni indisturbati sono stati invece prelevati nelle sole aree di sperimentazione della gestione idrica dei suoli tartufigeni. Come per il 2020, in un sottoinsieme dei punti selezionati all'interno dell'azienda Berni Valentino sono state fatte misure di conducibilità idraulica, questa volta applicando il metodo del tensiometro a disco, che misura la conducibilità idraulica sia in condizioni sature che a basse tensioni d'acqua (conducibilità insatura nei macropori del suolo).

Nella tabella sottostante sono riportati i risultati relativi alla misura delle caratteristiche idropedologiche dell'area sperimentale dell'azienda Berni, dove era prevista una prova di gestione dell'acqua in una delle tartufaie di *T. magnatum* dell'azienda (P4 - WP2).

Nell'indagine è stata inclusa a titolo di confronto un'area adiacente alle aree di progetto caratterizzata

dall'assenza del *T. magnatum* e, presumibilmente, con caratteristiche idropedologiche diverse.

Tabella 1 - Valori medi (in grassetto) e deviazioni standard dei parametri fisico-idrologici adottati per valutare la compattazione del suolo (densità apparente) e pianificare la gestione dell'acqua nell'azienda Berni (umidità del suolo a varie tensioni d'acqua).

	Densità apparente		0.6 Bar (50 μm)		0.1 Bar (30 μm)		0.6 Bar (5 μm)		1 Bar (3 μm)		15 Bar
	kg/L		% in volume								
	2020	2022	2020	2022	2020	2022	2020	2022	2020	2022	2020
Strato superficiale, 0-10 cm											
Area con gestione idrica	1.14	0.95	42.0	42.3	37.9	37.5	22.9	24.3	21.2	23.0	10.1
	0.04	0.07	1.8	0.7	2.6	2.1	3.1	1.9	2.9	2.0	1.5
Area senza gestione idrica	1.17	1.16	44.1	43.7	41.4	41.5	29.3	29.0	26.9	25.4	10.5
	0.05	0.07	1.0	1.4	1.5	1.4	3.1	1.1	2.9	1.0	1.8
Area non produttiva lato area sperimentale	1.36	1.04	39.1	39.0	37.3	36.7	30.7	30.6	28.9	29.0	17.3
	0.06	0.12	1.3	0.9	0.9	0.9	0.8	1.4	1.3	1.4	1.0
Strato profondo, 30-40 cm											
Area con gestione idrica	1.17	1.05	39.7	38.8	36.1	35.9	24.2	24.2	22.2	23.0	11.5
	0.06	0.12	1.3	1.7	1.4	1.9	2.2	0.9	2.1	0.9	1.2
Area senza gestione idrica	1.18	1.13	41.8	42.7	39.3	40.1	26.2	27.6	24.4	26.0	17.8
	0.04	0.05	1.0	1.0	1.1	1.2	2.1	1.6	2.0	1.7	2.4
Area non produttiva lato area sperimentale	1.57	1.35	32.7	33.1	32.0	32.8	27.2	25.1	26.1	23.5	20.7
	0.02	0.01	0.6	0.4	0.7	0.1	0.6	0.3	0.7	0.4	4.9

Dalla Tabella 1 si possono inferire una serie di utili suggerimenti per la futura gestione delle tartufaie di *T. magnatum* dell'azienda Berni. Le aree in cui il tartufo bianco viene raccolto i suoli mostrano una evidente

omogeneità per tutti i parametri fisico-idrologici presi in considerazione, indicando una diretta applicabilità dei risultati relativi alla gestione dell'acqua a tutte le aree dell'azienda in cui viene raccolto il tartufo bianco. Dal confronto con i dati registrati nell'area non produttiva si ricava poi una conferma di quanto osservato negli anni passati nei suoli degli habitat tartufigeni, cioè una densità apparente significativamente inferiore (di conseguenza una porosità totale più alta) laddove vive il *T. magnatum*, e un'indicazione operativa sulla necessità di evitare pratiche colturali che incrementino la compattazione del suolo, di cui la densità apparente è un parametro di misura.

Dai dati fisico-idrologici di Tabella 1 si ricavano i dati quantitativi della sottostante Tabella 2 che sono direttamente spendibili nella pianificazione delle attività di gestione dell'acqua nelle tartufaie dell'azienda Berni. La percentuale di macropori nelle aree sperimentali tartufigene è da considerare un valore di riferimento per i suoli che producono tartufo bianco: valori sotto il 7-8%, estremamente frequenti nei suoli lavorati, rendono il suolo non produttivo.

La conducibilità idrica satura definisce i volumi massimi di adacquamento oltre i quali l'acqua (piovana o irrigua) viene persa per ruscellamento. I valori sono sicuramente alti e indicano che nel caso di interventi irrigui si attivano fenomeni di ruscellamento per volumi di adacquamento maggiori di 100 m³ ha⁻¹ ora⁻¹.

La seconda parte della tabella riporta i valori misurati dai sensori di umidità del suolo che, una volta raggiunti, segnalano la necessità di un intervento irriguo. Nella Tabella sono stati considerati tre diverse tensioni dell'acqua nel suolo e i volumi irrigui (al netto delle perdite per evaporazione) necessari per riportare il contenuto d'acqua del suolo alla capacità di campo. Esiste un rapporto diretto fra tensione dell'acqua scelta come riferimento, quantità d'acqua da dare e frequenza degli interventi irrigui: se si sceglie un valore basso di tensione, il volume irriguo sarà minore, ma nel corso della stagione dovranno essere effettuati interventi di adacquamento più frequenti.

Tabella 2 - Caratteristiche fisiche salienti dei suoli per il tartufo bianco e volumi irrigui d'intervento.

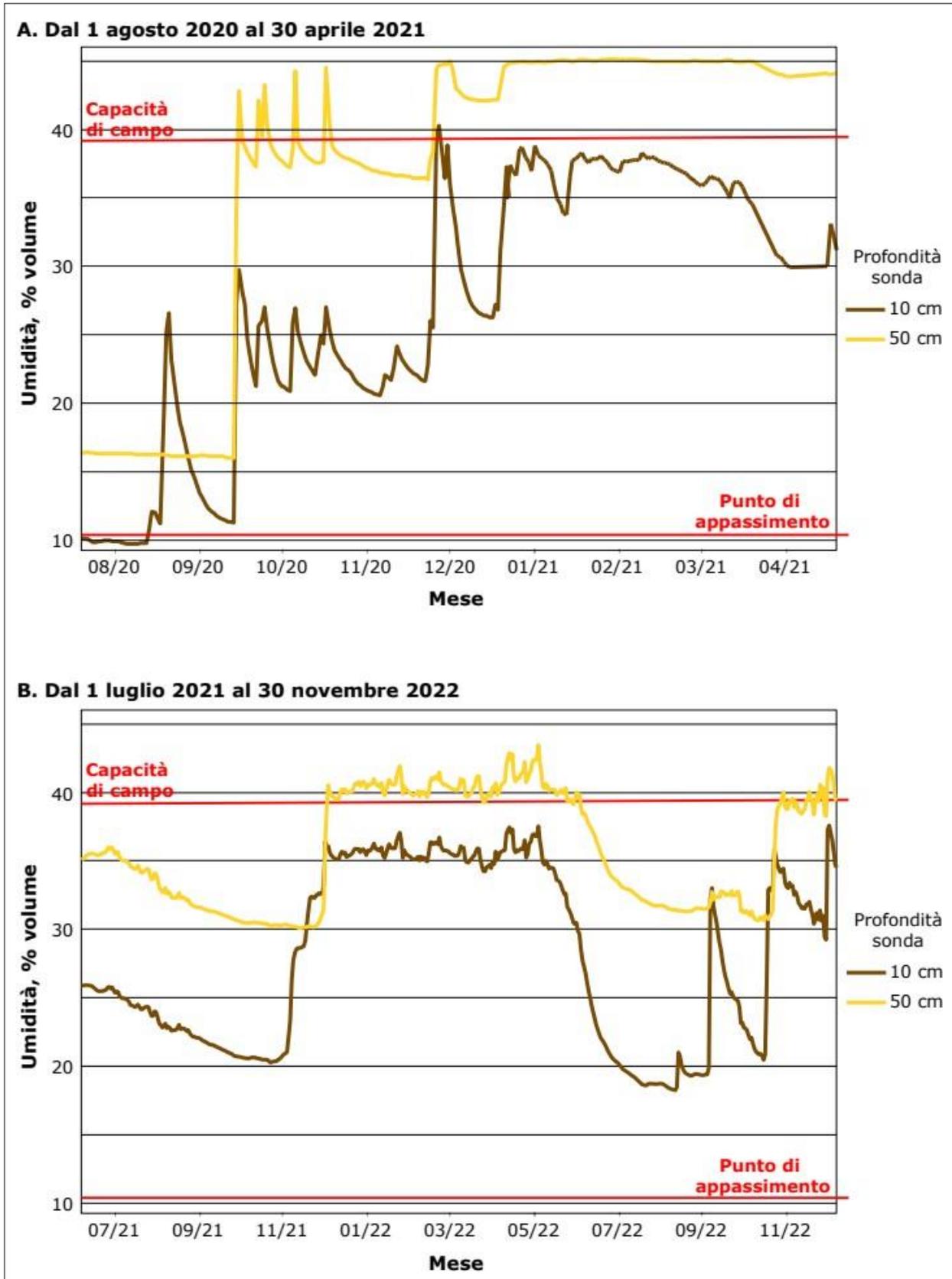
	Densità apparente kg/L	Porosità		Conducibilità idrica satura mm h ⁻¹	Intervento irriguo per tornare alla capacità di campo (per uno spessore di 20 cm di suolo)					
		totale % vol	macro (> 50 µm) % vol		da 0.6 a 0.1 Bar		da 1.0 a 0.1 Bar		da 15 a 0.1 Bar	
					Umidità ' % vol	Acqua, m ³ ha ⁻¹	Umidità ' % vol	Acqua, m ³ ha ⁻¹	Umidità ' % vol	Acqua, m ³ ha ⁻¹
Area con gestione idrica	1.14	57	14.8	22	22.9	30	21.2	34	27.8	73
Area senza gestione idrica	1.17	56	11.9	< 10	29.3	24	26.9	29	30.8	79

Come riportato in Tabella 2, il dato indispensabile per dare avvio all'intervento irriguo è il contenuto d'acqua misurato da sensori di umidità del suolo, che esprimono la misura in forma di percentuale d'acqua per volume

unitario di suolo. Nel progetto HABITAR-SI sono stati utilizzati sensori di tipo FDR che hanno fornito, in media, i dati rappresentati in Figura 1 come contenuto d'acqua misurato con cadenza oraria a due diverse profondità, 10-13 cm e 50-53 cm. In Figura sono riportati come termini di riferimento le percentuali di umidità alla capacità di campo e al punto di appassimento. La presenza di due grafici di umidità è dovuta al fatto che nel periodo maggio-giugno 2021 il sistema di trasmissione wi-fi non è più riuscito a connettersi con la rete telefonica mobile ed è stato successivamente affiancato da un ulteriore punto di trasmissione capace di agganciare il segnale telefonico.

Come atteso, il contenuto idrico del suolo in superficie è sempre più basso di quello in profondità e dopo le piogge autunnali tende a raggiungere e superare il valore della capacità di campo. Più interessante, dal punto di vista operativo, è però la rapidità di risposta del suolo agli eventi piovosi non solo in superficie ma anche in profondità. L'osservazione è coerente con i relativamente elevati valori di conducibilità idrica satura riportati in Tabella 2: i suoli della tartufaia sottoposta a sperimentazione sono in grado di rispondere quasi immediatamente ad apporti piovosi anche consistenti. A titolo di esempio, il picco di settembre 2022 che si osserva sulla destra di Figura 1B corrisponde ad un evento piovoso pari a 55 mm d'acqua. In quel caso lo strato superficiale del suolo è riuscito a catturare gran parte della pioggia caduta, mettendo l'acqua a disposizione degli apparati radicali che l'hanno sfruttata quasi tutta. La porzione d'acqua che ha raggiunto lo strato sottostante è riuscita ad innalzare solo di un paio di punti percentuali l'umidità presente a 50 cm di profondità.

Figura 1 – Andamento dell'umidità del suolo nel corso della sperimentazione condotta presso l'azienda Berni.



I dati riassuntivi del secondo tema affrontato nel WP6 del progetto HABITAR-SI, quello dei parametri biochimici capaci di segnalare eventuali variazioni di attività microbica del suolo, sono riportati in Tabella 3

per le misure fatte nello strato superficiale del suolo e, per le aree con *Tuber magnatum*, a 40-50 cm di profondità.

Partendo dai parametri invariati alla scala temporale del progetto, in tutte le aziende interessate il contenuto di carbonato di calcio – un requisito fondamentale per le specie tartufigene, soprattutto in Italia -si attesta su valori più che sufficienti anche nel valore minimo di 55 g kg^{-1} che si registra nell'azienda Valdambrini (P7 – WP3).

Tabella 3 - Risultati relativi ai parametri chimici e biochimici misurati nel corso del progetto. I parametri chimici invariati alla scala temporale del progetto (prime tre colonne) sono stati misurati sui campioni raccolti nel 2021. I parametri biochimici sono stati invece misurati in più anni.

	Sostanza organica	CaCO ₃	Fosforo assimilabile	dsDNA	Fosfatasi acida	Fosfatasi alcalina	aryl Sulfatasi	beta Glucosidasi	Leucina amino peptidasi
	g kg ⁻¹		mg P ₂ O ₅ kg ⁻¹	mg kg ⁻¹			nM MUF h ⁻¹ g ⁻¹		
Azienda Berni (WP2)									
Giugno 2020				28	17	481	33	8.5	93
				56	95	746	57	7.3	146
				27	74	327	43	9.8	94
				64					
Ass. Tartufai Senesi, borro									
maggio 2021				73	124	843	81	9.4	209
ottobre 2021	67.0	104.2	5.2	68	114	339	77	8.6	99
ottobre 2022				33					
Ass. Tartufai Senesi, versante									
maggio 2021	58.4	110.0	2.9	61	74	380	52	4	82
Azienda Valdambri (WP3)									
Area di controllo									
maggio 2021				24	24	167	9	1.9	26
ottobre 2022	42.7	97.9	5.4	12					
Area di ripulitura									
maggio 2021	59.3	55.9	3.9	80		90	4	0.8	13
ottobre 2022				47					
Azienda Davitti (WP5)									
Impianto esistente	57.6	89.3			71	494	35	6	96
Area nuovo impianto	36.7	106.6		55	87	558	43	6	116

Buoni contenuti di sostanza organica caratterizzano tutti i suoli investigati. In media il contenuto di sostanza organica si attesta fra i 50 e i 70 g kg⁻¹, con valori minimi nel suolo lavorato più di recente in preparazione della nuova tartufaia dell'azienda Davitti (P6 – WP5). Anche per la sostanza organica si è in presenza di valori ottimali per la tartuficoltura, che viene limitata soprattutto con contenuti di sostanza organica superiori a 120-150 g kg⁻¹. Altrettanto favorevoli alla tartuficoltura sono i bassi valori di fosforo assimilabile, che spingono le piante simbionti a stabilire un forte rapporto di simbiosi con i funghi micorrizici.

I parametri biochimici riportati nelle altre colonne della Tabella sono stati impiegati per la loro prontezza di risposta ad eventuali variazioni dell'ambiente suolo in cui vivono le specie tartufigene. Il dsDNA, che misura la quantità di biomassa microbica presente nel suolo, mostra valori da medi (20-40 mg kg⁻¹) ad elevati (maggiori di 60 g kg⁻¹) in tutte le date di prelievo, in particolar modo nei suoli vocati al *Tuber magnatum*. Le attività fosfatasiche e quelle legate all'azoto organico (Leucina amino peptidasi) mostrano analoghi andamenti, sottolineando la forte vitalità dei suoli apprezzati dalle specie tartufigene. Anche l'enzima aryl Sulfatasi non mostra variazioni nel tempo a seguito degli interventi di gestione pianificati, mostra invece una sensibile riduzione in presenza di *Tuber borchii* (azienda Valdambri) che potrebbe indicare una sensibilità (in negativo) con il ciclo dello zolfo nel suolo. L'attività beta-glucosidasica è invece estremamente bassa e sembra essere di scarsa utilità come indicatore di attività dei suoli tartufigeni.

WP. 7 Monitoraggio ambientale, del microbioma e tartufigeno (UNIPG - P2)

Le aree da sottoporre a monitoraggio e sperimentazione nelle aziende partner (P4, P6, P7) sono state definite di comune accordo con l'altro partner scientifico del GO, CREA (P3), attraverso sopralluoghi dettagliati su tutto il territorio tartufigeno delle aziende. Il modello di campionamento è stato messo a punto scegliendo aree rappresentative dell'ambiente tartufigeno per le aziende Berni Valentino P4 e Valdambri Paolo P7, che mostrassero anche una certa omogeneità, in modo da rendere più oggettivo e confrontabile il monitoraggio, distinguendo sempre aree da gestire e aree controllo non gestite. Analoga individuazione ha riguardato anche l'attività dell'azienda Davitti Daniele P6.

Purtroppo a causa delle difficoltà legate alla situazione pandemica non è stato possibile procedere con le attività di monitoraggio ambientale nei mesi primaverili del 2020, come programmato.

Nel settembre 2020 è stato affidato l'incarico professionale al Dott. Baciarelli Falini Leonardo con oggetto: "Recupero, gestione e miglioramento delle tartufaie naturali di *Tuber magnatum* e *Tuber borchii*, gestione di tartufaie coltivate di *Tuber aestivum* e *Tuber borchii*", al fine di impostare e seguire le attività di progetto nelle aziende partner.

Riguardo il personale a tempo determinato, è stata effettuata la selezione per l'attribuzione dell'assegno di ricerca annuale in data 10/09/2020, ma in seguito a rinuncia del vincitore si è reso necessario ripetere la selezione il 12/11/2020, tuttavia il vincitore non ha preso servizio, ma ha di nuovo rinunciato. Perciò è stata effettuata la selezione per l'attribuzione dell'assegno di ricerca annuale conferito a Nicola Baldoni, con presa di servizio il 01/06/2021. Successivamente è stata effettuata la selezione per l'attribuzione dell'assegno di ricerca con durata pari a 15 mesi, conferito a Mara Rondolini, con presa di servizio il 01/08/2021, tuttavia, in data 30/11/2021 Mara Rondolini ha rinunciato all'assegno di ricerca essendo risultata vincitrice di una selezione per Dottorato di Ricerca. La restante parte del periodo di assegno di ricerca è stata oggetto del prolungamento dell'assegno del Dott. Nicola Baldoni, in base alle norme amministrative di UNIPG.

Nell'estate 2021 a supporto dell'attività di monitoraggio nelle aziende coinvolte nel GO e per tutta la durata del progetto è stato incaricato CIPA-AT Sviluppo Rurale Siena, che ha effettuato alcune visite periodiche nelle aziende partner mettendo a disposizione le specifiche conoscenze e competenze tecniche.

Riguardo le attività di monitoraggio, nell'Azienda Agricola Berni Valentino è stata individuata la superficie della tartufaia di *Tuber magnatum* Picco (tartufo bianco) in zona di fondovalle da sottoporre a monitoraggio ambientale effettuando rilievi floristico-vegetazionali, secondo il metodo di Braun-Blanquet, ex-ante (23/06/2021) ed ex-post (30/08/2022) nell'area gestita con irrigazione e ripulitura e in un'area di controllo simile ma non gestita. Analoghi rilievi sono stati effettuati anche presso l'Azienda Agricola Valdambri Paolo (P7) nella tartufaia naturale di *Tuber borchii* Vittad. (tartufo marzuolo o bianchetto) sviluppata in un ex oliveto colonizzato da vegetazione spontanea, distinguendo un'area poi sottoposta a decespugliamento selettivo e una di controllo. L'analisi floristico-vegetazionale ha permesso di ottenere l'elenco floristico composto da un totale di n. 79 specie e sub-specie botaniche per l'azienda Berni Valentino e n. 47 specie e sub-specie per l'azienda Valdambri Paolo, tuttavia, la tempistica di progetto è molto ridotta rispetto i possibili cambiamenti, che per ora non consentono di evidenziare modifiche nella composizione floristica e nella vegetazione delle aree diversamente gestite.

Il monitoraggio ambientale ha riguardato l'analisi floristico-vegetazionale effettuata mediante rilievi di Braun-Blanquet nelle tartufaie naturali delle aziende partner, rispettivamente Berni Valentino (P4 – WP2) per *Tuber magnatum* Picco e Valdambri Paolo (P7 – WP3) per *Tuber borchii* Vittad. (Tab. 4). Nell'azienda Berni (Fig. 1) sono state monitorate due aree della superficie di 200 m² ciascuna, una sottoposta a irrigazione e ripulitura della vegetazione arbustiva e una di controllo non gestita.

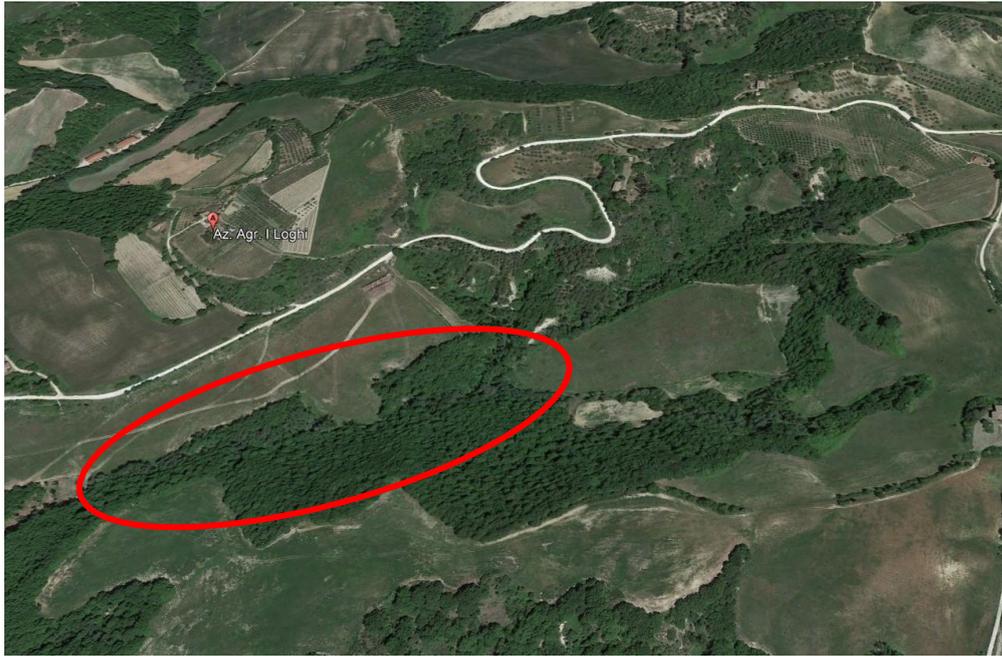


Fig. 1 - Ubicazione Azienda Berni Valentino

I rilievi (Tab. 4) effettuati ex-ante ed ex-post nell'area sottoposta a ripulitura hanno evidenziato una riduzione della copertura totale della vegetazione (passando dal 100 all'80%), limitando la competizione per l'acqua a carico delle piante e rispetto al tartufo.

Per il monitoraggio del microbioma sono stati effettuati i campionamenti del suolo ex-ante (27/10/2020) ed ex-post (26/10/2022) nelle rispettive aree di trattamento e di controllo delle aziende partner Berni P4 e Valdambri P7 e anche dell'Azienda Agricola Davitti Daniele (P6) per il rilevamento del rapporto batteri/funghi nel suolo e per la valutazione della biodiversità microbica attraverso analisi metagenomica, in P6 prima e dopo la realizzazione di impianti tartufigeni ex novo con *Tuber borchii* Vittad. e *Tuber aestivum* Vittad. (tartufo estivo o scorzone).

Per analisi metagenomica si intende l'analisi dell'eDNA (environmental DNA = DNA ambientale) estratto da un campione ambientale. Tale analisi ha lo scopo non solo di definire i genomi di tutta la popolazione microbica di un determinato ambiente, ma anche le loro funzioni potenziali. L'analisi dei genomi microbici del suolo è, attualmente, l'approccio scientificamente più avanzato per poterne studiare le funzioni e sfruttarne le potenzialità applicative. L'identificazione a diversi livelli tassonomici di set di dati di unità tassonomiche operazionali (OTU) di funghi e batteri e confronto tra le diverse gestioni colturali è il disegno sperimentale che è stato messo in atto durante lo sviluppo del progetto. L'obiettivo è di avere una descrizione completa del microbiota presente all'interno del suolo della tartufaia, avendo un confronto sia sulla base delle diverse gestioni colturali sia su come essi si distribuiscono all'interno della diversa composizione del suolo e come l'ambiente influisce nella sua composizione. La metodologia sperimentale ha richiesto di effettuare l'estrazione del DNA ambientale mediante l'uso di DNeasy PowerSoil Pro Kits – QIAGEN, tale DNA è stato poi valutato quantitativamente e opportunamente preparato per essere inviato alla ditta di sequenziamento Mentotech. I dati ottenuti dal sequenziamento verranno opportunamente sottoposti all'analisi metagenomica vera e propria per determinare la composizione del microbioma del suolo delle aree prese in esame. Dal punto di vista metodologico e analitico è sempre opportuno procedere allo stesso tempo con tutti i campioni all'estrazione e al sequenziamento, in modo da ridurre il più possibile l'errore analitico, così come alla successiva analisi metagenomica-bioinformatica che potrà fornire importanti informazioni. Perciò l'analisi dei dati è ancora in corso.

Per il monitoraggio tartufigeno sono stati effettuati campionamenti di suolo ex-ante (27/10/2020), intermedio (13/01/2022) ed ex-post (26/10/2022) nelle aree di monitoraggio in P4 (Berni) da utilizzare per la quantificazione di micelio di tartufo bianco nel suolo mediante Real-time PCR. Le regioni ITS sono state scelte per sviluppare un set di primer appropriato per il rilevamento e la quantificazione di *T. magnatum*. L'uso di queste regioni genomiche come bersaglio per l'amplificazione Real-time PCR ha dimostrato di essere una strategia di successo per diversi funghi ectomicorrizici nel suolo. Le analisi sono ancora in corso.

Inoltre, è stato effettuato il controllo della micorrizzazione con analisi morfologica e biomolecolare delle piante tartufigene e delle talee messe a dimora nelle aziende P4 e P6. In particolare, le piante di *Tuber magnatum* messe a dimora nell'azienda Berni Valentino presentavano una micorrizzazione media di 25% per *Quercus pubescens* e 35% per *Quercus robur*; mentre per le piante messe a dimora nell'azienda Davitti Daniele: *Quercus pubescens* x *Tuber aestivum* 60%, *Pinus pinea* x *Tuber aestivum* 45%, *Quercus pubescens* x *Tuber borchii* 45%, *Pinus pinea* x *Tuber borchii* 50%.

Il monitoraggio della produzione di tartufi ha evidenziato un trend positivo nelle aree gestite, sia per *Tuber borchii* che per *Tuber magnatum*. Inoltre, in quest'ultimo caso l'aspetto qualitativo si è rivelato particolarmente interessante, avendo raccolto tartufi più sani e con migliori caratteristiche organolettiche, aspetti nel complesso molto importanti trovandosi in questi ultimi anni con stagioni produttive in generale scarse.

Vegetazione erbacea

Acer campestre L.	+	+			r				+			1
Aegonychon purpureoaeeruleum (L.) Holub									+			1
Agrimonia eupatoria L.					r		r					
Agrostis stolonifera L.											+	
Ajuga reptans L.											+	1
Blackstonia perfoliata (L.) Huds.					r							
Brachypodium rupestre (Host) Roem. & Schult.		+	3	3	1	+			2m			
Brachypodium sylvaticum (Huds.) P.Beauv. subsp. sylvaticum	1	1						3	3		1	1
Campanula rapunculus L.								r				
Carex flacca Schreb.					r		r	+	1			
Carex sylvatica Huds.							r					
Centaurium erythraea Rafn					r							r
Chenopodium album L.												+
Cichorium intybus L.												+
Cornus mas L.												+
Cornus sanguinea L.												+
Cota tinctoria (L.) J. Gay												+
Crataegus monogyna Jacq.	+											
Dactylis glomerata L.			1	r					r			
Daucus carota L.									r		r	r
Delphinium consolida L.											r	r
Digitalis micrantha Roth ex Schweigg.												+
Elymus repens (L.) Gould									r			
Erigeron canadensis L.											1	1
Eupatorium cannabinum L.								+	r			
Euphorbia amygdaloides L.											r	+
Festuca heterophylla Lam.	+											
Fraxinus ornus L. subsp. ornus	+				+	r						+
Galium mollugo L.												
Hedera helix L. subsp. helix	2b	1	2b	1	2b	2a		1	1		1	1
Helleborus foetidus L.											1	1
Helleborus viridis L. subsp. bocconei (Ten.) Peruzzi											1	1
Helminthotheca echioides (L.) Holub											r	
Hepatica nobilis Mill.												+
Holcus lanatus L. subsp. lanatus								1				+
Hypericum perforatum L.												+
Iris sp.					r	r						
Juncus inflexus L.											+	
Lactuca virosa L.											r	
Lathyrus sylvestris L. subsp. sylvestris								+				
Lathyrus venetus (Mill.) Wohlf.											r	
Ligustrum vulgare L.		+										
Lolium multiflorum Lam.											r	
Lonicera etrusca Santi											+	+
Lotus hirsutus L.							r					
Lythrum salicaria L.											+	
Medicago lupulina L.											r	
Melica uniflora Retz.											+	+
Melissa officinalis L. subsp. altissima (Sm.) Arcang.											+	+
Oenanthe pimpinelloides L.								+				
Olea europaea L.	+											
Phillyrea latifolia L.	r											
Phragmites australis (Cav.) Trin. ex Steud.								2a	2a			
Picris hieracioides L.												+
Pinus pinea L.					r							
Plantago major L.											1	+
Populus canescens (Aiton) Sm.										1		+
Primula vulgaris Huds.											+	+
Prunus spinosa L. subsp. spinosa	+											+

Quercus cerris L.							r			+	r	r
Quercus ilex L. subsp. ilex					+							
Quercus pubescens Willd. subsp. pubescens					1							r
Ranunculus lanuginosus L.								1		r	+	
Rosa arvensis Huds.					+							
Rubia peregriana L.	1	+			1		+			+		+
Rubus ulmifolius Schott		r			1					+		
Sonchus asper (L.) Hill											r	r
Sorbus domestica L.	+											
Spartium junceum L.							1					
Symphotrichum squamatum (Spreng.) G.L. Nesom												+
Teucrium chamaedrys L.					+		+					
Torilis arvensis (Huds.) Link									r			r
Trigonella officinalis (L.) Coulot & Rabaute											+	
Tussilago farfara L.											+	+
Urospermum dalechampii (L.) F.W.Schmidt					1							
Verbena officinalis L.												r
Viola alba Besser subsp. dehnhardtii (Ten.) W.Becker	+	+						+	+		+	+
Viola reichenbachiana Jord. ex Boreau										r	+	+

%	Classi copertura
<0,5%	r
<1%	+
1-5%	1
5%	2m
5-12,5%	2a
12,5-25%	2b
25-50%	3
50-75%	4
75-100%	5

Non si evidenziano differenze nella composizione floristica, se non nella comparsa di alcune specie erbacee che si sono avvantaggiate della limitata copertura totale degli strati arboreo e arbustivo, tuttavia i tempi di reazione delle specie sono molto più lenti della tempistica di progetto, perciò non si può ancora parlare di un risultato significativo in tal senso. Nel complesso il numero di specie è di 79 entità censite (Elenco Floristico), che confermano una buona variabilità specifica tipica dell'ambiente di *Tuber magnatum*.

Elenco Floristico - BERNI VALENTINON° specie tot: 79

Acer campestre L.

Aegonychon purpurocaeruleum (L.) Holub Agrostis stolonifera L.

Ajuga reptans L.

Brachypodium rupestre (Host) Roem. & Schult. Brachypodium sylvaticum (Huds.) P.Beauv. subsp.

sylvaticum Campanula rapunculus L.

Carex flacca Schreb. Centaurium erythraea Rafn Chenopodium album L. Cichorium intybus L. Cirsium

vulgare (Savi) Ten. Clematis vitalba L.

Clinopodium menthifolium (Host) Merino subsp. menthifolium Cornus sanguinea L.

Cota tinctoria (L.) J. Gay Crataegus monogyna Jacq. Dactylis glomerata L. Daucus carota L. Delphinium consolida L.

Digitalis micrantha Roth ex Schweigg. Elymus repens (L.) Gould

Emerus major Mill. subsp. major Erigeron canadensis L. Euonymus europaeus L. Eupatorium cannabinum L.

Euphorbia amygdaloides L. Fraxinus ornus L. subsp. ornus Galium mollugo L.

Hedera helix L. subsp. helix Helleborus foetidus L.

Helleborus viridis L. subsp. bocconei (Ten.) Peruzzi Helminthotheca echioides (L.) Holub

Hepatica nobilis Mill.
Holcus lanatus L. subsp. *lanatus* *Hypericum perforatum* L. *Juncus inflexus* L.
Juniperus communis L. *Lactuca virosa* L.
Lathyrus sylvestris L. subsp. *sylvestris* *Lathyrus venetus* (Mill.) Wohlf.
Ligustrum vulgare L. *Lolium multiflorum* Lam. *Lonicera caprifolium* L. *Lonicera etrusca* Santi *Lythrum salicaria* L.
Malus domestica (Suckow) Borkh. *Medicago lupulina* L.
Melica uniflora Retz.
Melissa officinalis L. subsp. *altissima* (Sm.) Arcang. *Oenanthe pimpinelloides* L.
Ostrya carpinifolia Scop.
Phragmites australis (Cav.) Trin. ex Steud. *Picris hieracioides* L.
Plantago major L.
Populus canescens (Aiton) Sm. *Primula vulgaris* Huds.
Prunus spinosa L. subsp. *spinosa* *Pyracantha coccinea* M. Roem. *Quercus cerris* L.
Quercus pubescens Willd. subsp. *pubescens* *Ranunculus lanuginosus* L.
Robinia pseudoacacia L. *Rosa gr. canina*
Rosa sempervirens L. *Rubia peregrina* L. *Rubus ulmifolius* Schott *Ruscus aculeatus* L. *Salix alba* L.
Sonchus asper (L.) Hill *Sorbus domestica* L.
Symphotrichum squamatum (Spreng.) G.L. Nesom *Torilis arvensis* (Huds.) Link
Trigonella officinalis (L.) Coulot & Rabaute *Tussilago farfara* L.
Ulmus minor Mill.
Verbena officinalis L.
Viola alba Besser subsp. *dehnhardtii* (Ten.) W. Becker *Viola reichenbachiana* Jord. ex Boreau

Nell'azienda Valdambrini Paolo (P7), con il WP3 (Recupero e miglioramento produttivo di tartufaia naturale di tartufo bianchetto o marzuolo) è stato effettuato il monitoraggio ambientale dell'ex oliveto (Fig. 2) colonizzato da vegetazione spontanea, distinguendo un'area poi sottoposta a decespugliamento selettivo (in tabella 4 rilievo 3) e una di controllo (in tabella 4 rilievi 1 e 2).



Fig. 2 - Ubicazione Azienda Valdambriani Paolo

Il decespugliamento ha riguardato la riduzione della copertura arbustiva (dal 20 al 5%), l'eliminazione di piante morte e relativa potatura di alcuni alberi, con allontanamento del materiale, determinando nel complesso un incremento del passaggio di luce. Naturalmente il taglio degli arbusti ha riguardato per lo più le specie non simbionti del tartufo. Anche in questo caso la ridotta tempistica di progetto non ha evidenziato variazioni significative nella vegetazione. Il numero di specie riportato nell'elenco floristico (elenco floristico di seguito) è pari a 47 entità e risulta in linea con la situazione ambientale di oliveto abbandonato e ricolonizzato negli anni da specie di bosco misto mediterraneo, sia decidue che sempreverdi. Ciò ha limitato anche lo sviluppo di specie erbacee, oltre la pendenza, in alcune zone anche molto accentuata.

Elenco Floristico - VALDAMBRINI PAOLON° specie tot: 47

Acer campestre L. *Agrimonia eupatoria* L.
Blackstonia perfoliata (L.) Huds.
Brachypodium rupestre (Host) Roem. & Schult. *Brachypodium sylvaticum* (Huds.) P.Beauv. subsp. *sylvaticum*
Carex flacca Schreb.
Carex sylvatica Huds.
Centaurea erythraea Rafn
Cistus creticus L. subsp. *eriocephalus* (Viv.) Greuter & Burdet
Clematis vitalba L.
Clinopodium vulgare L. *Cornus mas* L.
Cornus sanguinea L. *Crataegus monogyna* Jacq. *Dactylis glomerata* L.
Dioscorea communis (L.) Caddick & Wilkin

Euonymus europaeus L. Festuca heterophylla Lam. Fraxinus ornus L. subsp. ornus Hedera helix L.
subsp. helix Iris sp.
Juniperus communis L. Ligustrum vulgare L. Lonicera etrusca Santi Lotus hirsutus L.
Olea europaea L. Osyris alba L.
Pentanema squarrosum (L.) D. Gut. Larr., Santos-Vicente, Anderb., E. Rico & M.M. Mart. Ort.
Phillyrea latifolia L.
Pinus pinea L.
Prunus spinosa L. subsp. spinosa Pyracantha coccinea M. Roem. Quercus cerris L.
Quercus ilex L. subsp. ilex
Quercus pubescens Willd. subsp. pubescens Rosa arvensis Huds.
Rosa sempervirens L. Rubia peregrina L. Rubus ulmifolius Schott Ruscus aculeatus L. Sorbus
domestica L. Spartium junceum L. Teucrium chamaedrys L. Ulmus minor Mill.
Urospermum dalechampii (L.) F.W. Schmidt
Viola alba Besser subsp. dehnhardtii (Ten.) W. Becker Vitis cfr. vinifera L.

Il monitoraggio del microbioma è stato effettuato nelle aree di controllo e di gestione e oggetto di impianto ex-novo (Azienda Davitti Daniele P6) delle aziende partner di progetto, partendo da campioni di suolo prelevati in sterilità e alla stessa profondità, tra 20 e 30cm, ex-ante ed ex-post nella stessa data (27/10/2023 e 26/10/2022) allo scopo di limitare la variabile di stagionalità, che potrebbe influenzare i rapporti quantitativi della comunità microbica. Tutti i campioni sono stati conservati a -80°C e anche il processo di estrazione del DNA mediante il DNeasy PowerSoil Pro Kits è stato effettuato nello stesso momento e dallo stesso operatore, per annullare ogni eventuale errore. Il DNA estratto è stato processato per ottenere le relative librerie e quindi sottoposto a sequenziamento NGS, sia per funghi (ITS) che batteri (16S). I dati ottenuti sono sottoposti ad analisi bioinformatica allo scopo di ottenere le OTU's (Unità operazionali tassonomiche) corrispondenti alla composizione della comunità microbica, sia in termini qualitativi che quantitativi e per il rapporto batteri/funghi. Al momento le analisi finali hanno consentito di preparare le librerie che sono in fase di analisi genomica e successiva elaborazione e analisi bioinformatica, per cui non sono ancora disponibili i dati.

Analogamente riguarda il monitoraggio tartufigeno in termini di valutazione quantitativa del micelio di *Tuber magnatum* nel terreno, ex-ante, intermedio ed ex-post, nell'azienda Berni Valentino, attraverso la RealTime PCR, per la quale vanno costruite le rette di taratura di ogni specie di tartufo, preferibilmente a partire da micelio in coltura pura, che tuttavia risulta molto spesso difficile da ottenere per i tartufi, perciò si ricorre all'estrazione direttamente dagli sporocarpi. Inoltre, si è verificato un ulteriore rallentamento del lavoro, dovuto a tempi lunghi di attesa per la consegna di prodotti specifici per le analisi molecolari.

WP.8 Corso di Formazione denominato “Biodiversità e recupero delle tartufigaie” – Edizione 1-2-3-4 (AE’V Etruria)

Nel periodo di aprile-maggio 2022, è stata effettuata un'edizione del corso "Biodiversità e recupero delle tartufigaie" della durata di 20 ore. Le lezioni sono state svolte, in modalità FAD (formazione a distanza on-line), da docenti senior con esperienza documentata da relativo CV. E' stata effettuata una visita didattica presso un'azienda agricola esemplare di Montepulciano.



Visita didattica presso un'azienda agricola di Montepulciano

WP.9 Workshop “Esperienze innovative di tartufigicoltura a confronto” – Edizione 1 - Edizione 2 (AE’V Etruria)

Il 25 novembre 2022 a San Miniato (PI), si è tenuta un'edizione 1 del Workshop: “Esperienze innovative di tartufigicoltura a confronto”. Durante l'incontro sono state testimoniate le esperienze degli agricoltori coinvolti nel Gruppo Operativo del Tartufo Habitar-SI e approfondite tramite gli interventi che si sono susseguiti le esperienze di tartufigicoltura presenti sul territorio pisano.



Workshop San Miniato: “Esperienze innovative di tartufigicoltura a confronto”

WP.10 Divulgazione dei risultati del progetto (CIA Toscana)

Di seguito si riportano le attività previste all'interno del WP10 e i relativi riferimenti per il reperimento dei materiali divulgativi prodotti.

La disseminazione progettuale si è articolata attraverso una molteplicità di azioni con comunicazione multi-canale e targhettizzata per i beneficiari della sottomisura.

- **Realizzazione di pagine web e social dedicate:** <https://habitar-si.ciatoscana.eu/>
 - o **Indicatori di risultato:** 745 visualizzazioni, oltre 200 utenti raggiunti. All'interno del sito sono stati proposti gli aggiornamenti forniti dal partenariato sulle attività svolte; il numero complessivo di utenti pur risultando importante numericamente è significativo considerato l'interesse settoriale e la specificità dell'innovazione proposta.
- **Convegno iniziale San Giovanni D'Asso 13-11-2021:** <https://habitar-si.ciatoscana.eu/habitar-si-convegno-sul-tartufo-sabato-13-novembre-a-san-giovanni-dasso/>
 - o **Indicatori di risultato:** 21 destinatari finali raggiunti. Durante il convegno sono intervenute rappresentanze politiche tra cui i Consiglieri regionali: Rosignoli, Scaramelli e Paris oltre al Vice-Sindaco di Montalcino Braconi.
- **Realizzazione e pubblicazione opuscolo informativo:** <https://habitar-si.ciatoscana.eu/la-brochure-del-gruppo-operativo-habitar-si/>
 - o **Indicatori di risultato:** predisposizione e stampa di 300 copie. Le pubblicazioni sono state distribuite durante le iniziative organizzate e promosse da Cia Toscana, inerenti al progetto o comunque alla tematica dell'innovazione proposta
- **Incontro tematico San Giovanni D'Asso 12-11-2022:** <https://habitar-si.ciatoscana.eu/habitar-si-incontro-tematico-a-san-giovanni-dasso-sabato-12-novembre-2022/>
 - o **Indicatori di risultato:** 16 destinatari finali raggiunti.
- **Pubblicazione inserto tecnico su periodico specializzato:** <https://habitar-si.ciatoscana.eu/lo-speciale-habitar-si-su-dimensione-agricoltura-di-ottobre-2022/>
 - o **Indicatori di risultato:** 20.000 copie distribuite



In alto: screenshot del sito internet progettuale. In basso a sinistra foto del convegno organizzato il 13-11-2021, in

basso a destra foto dell'incontro tematico organizzato lo scorso 12-11-2022.

WP.11 Visite Aziendali (Associazione Tartufai Senesi)

Nonostante l'attività fosse stata programmata per marzo 2021, a causa delle difficoltà legate alla situazione pandemica, è stata rinviata a maggio 2022. Si è svolta in Spagna nei giorni tra il 30 maggio e il 3 giugno la visita guidata del progetto Habitar-Si promossa dall'Associazione Tartufai Senesi. Grazie alla collaborazione del Centro di Ricerca CITA (<https://www.cita-aragon.es/historia-mision-vision-y-objetivos/>) 6 agricoltori toscani hanno potuto confrontarsi con i ricercatori del centro e verificare in campo l'impianto di tartufaie coltivate. La visita ha quindi permesso di approfondire le ricerche portate avanti dal progetto Habitar-SI per la valorizzazione della produzione tartuficola toscana.

Nella regione di Aragona sono stati visitati diversi siti, varie realtà che si sono dedicate alla tartuficoltura di tartufo nero pregiato (Teruel, Huesca, Daroca, Graus) con il seguente programma.

31 maggio visita nella provincia di Saragozza, ospiti della Associazione Tartufai della Provincia di Saragozza (Truzarfa):

Mattino: due aziende agricole con tartufaia a Lechón

Pomeriggio: Azienda agricola con tartufaia ad Anento

1 giugno visite in provincia di Teruel:

Mattino: Vivaio Inotruf S.L. a Sarrión e diverse aziende agricole con tartufaie a San Agustín (ospiti di Inotruf S.L.)

Pomeriggio: Azienda agricola con tartufaie e turismo rurale a Valbona (ospiti della Associazione Tartufai della Provincia di Teruel - Atruter).

2 giugno visite in provincia di Huesca:

Mattino: due aziende agricole con tartufaia a Tolva (ospiti di Aragotruf S.L.) e visita al Centro di Ricerca e Sperimentazione sulla Tartuficoltura (CIET) dell'Amministrazione Provinciale di Huesca a Graus, con presentazione del lavoro svolto dalla struttura.

Pomeriggio: incontro di scambio di conoscenze sul tartufo e la tartuficoltura ospiti del comune di Graus, la Comarca di Ribagorza e la Associazione Tartufai della Provincia di Huesca, a Graus.



Visita nelle aree di coltivazione di tartufo in Spagna

4. Ricadute economiche e ambientali

La regione Toscana è caratterizzata dalla presenza di diverse specie tartufigene, su tutte l'importanza del tartufo bianco risulta rilevante nelle zone della Val d'Arbia e delle Crete Senesi. Altre specie tartufigene di rilievo sono il tartufo nero pregiato, il marzuolo, lo scorzone e l'uncinato.

Negli ultimi anni il cambiamento climatico e altri fattori legati alla modifica degli usi dei suoli e all'abbandono delle aree interne hanno portato a una forte diminuzione della produzione naturale di tartufi, specialmente quelli pregiati. Una delle cause nella scomparsa dei tartufi è anche il verificarsi di periodi siccitosi sempre più lunghi, che compromettono la vitalità del fungo e la sua capacità riproduttiva sul territorio.

L'economia legata al tartufo non è secondaria all'interno del territorio regionale, ne sono testimonianza le diverse manifestazioni legate ai tartufi che in alcuni territori rappresentano anche un'attrattiva turistica importante e remunerativa. Purtroppo non sono disponibili dati puntuali, né sulla produzione di tartufo a livello regionale né sul suo impatto economico.

Poche sono inoltre le innovazioni e ricerche portate avanti nel settore e ancora meno le sperimentazioni condotte sul territorio toscano. Per questo è nato il progetto Habitar-Si, promosso dall'associazione tartufai senesi e realizzato in collaborazione con UNIPG e il CREA.

Le azioni svolte nel progetto sono state dirette ad un monitoraggio puntuale delle tartufaie naturali, la realizzazione di impianti tartufigeni con metodologie innovative in grado di dare risposte ottimali, anche considerato lo scenario climatico attuale, e la messa in atto di cure colturali volte al risparmio idrico e all'efficientamento della risorsa acqua.

Perciò l'utilizzo sostenibile dell'acqua è senza dubbio una ricaduta ambientale molto importante per il settore. Mentre dal punto di vista economico, la realizzazione di tartufaie coltivate e l'ampliamento di tartufaie naturali di tartufi pregiati con la messa a dimora di piante prodotte con materiale locale, e la risposta produttiva all'irrigazione sostenibile e al decespugliamento selettivo, sono già risultati importanti per il progetto e per tutto il settore.

Tuttavia, i risultati promossi dal progetto, date le numerose difficoltà incontrate sia in fase istruttoria che nello svolgimento delle attività, anche legate alla pandemia da COVID19, hanno soddisfatto solo parzialmente le aspettative di un settore che necessita ancora di ulteriori indagini, approfondimenti e sperimentazioni.

5. Spese sostenute per l'attuazione del PS-GO

	P1 Associazione e Tartufai Senesi Misura 1.3	P2 UNIPG – Mis. 16.2	P3 CREA Mis. 16.2	P4 Azienda agricola I Loghi Berni Valentino Mis. 16.2	P6 Davitti Daniele Mis. 16.2	P7 Paolo Valdambri Mis. 16.2	P8 Agricoltura è Vita misura 1.1	P9 Cia Agricoltori Italiani Toscana Misura 1.2	
Spese generali								200,00	
Personale dipendente		19387,50	6100,00					6576,00	
Personale non dipendente		48052,08	24871,93						
Missioni e trasferte		1753,39	5887,05					1402,00	
Beni di consumo		6733,14	4754,74		4375,19	6393,44			
Investimenti immateriali	14055,78	40067,06		10000,00		655,73	6332,40	15172,00	
Partecipanti	5664,26								
Totale	19720,04	115993,17	41613,72	10000,00	4375,19	7049,17	6332,40	23350,00	228433,69
Ammesso	22921,82	116369,00	54850,00	10000,00	8600,00	8600,00	24.645,20	23900,00	269886,02

Per un totale speso di ca. 228.433,69

È da notare che nella rendicontazione delle spese delle aziende i costi sono esclusa IVA che è a carico delle aziende.

Per un totale ammesso di 269.886,02 €

6. Quadro delle attività di trasferimento di conoscenze realizzate

Il responsabile scientifico di UNIPG per il GO ha partecipato alle attività della Rete Rurale Nazionale, in particolare:

- 23/6/2020 Webinar - L'innovazione al servizio dell'agricoltura: le esperienze dei GO. h 10:00-12:30, presentando il poster seguente da parte di CREA.

RETERURALE
NAZIONALE
20142020

HABITAR-SI Strategie per una tartuficoltura sostenibile innovativa negli habitat tartufigeni senesi



Il gruppo....

Membri del gruppo

Coordinatore:	Università degli Studi di Perugia
Imprese agricole	* Berni Valentino * Santa Marcella di Bonghi Francesco * Davitti Daniele * Valdambri Paolo
Ricerca	* Università degli Studi di Perugia (UNIPG) * CREA-VE, sede di Gorizia (CREA)
Formazione	* Associazione Tartufai Senesi (ATS) * Agricoltura è Vita Etruria s.r.l. (Etruria) * CIA Toscana (CIA)

Regione Toscana

Risorse finanziarie: 286.238 €	Avvio: 22/11/2019 Conclusione: 21/07/2022
-----------------------------------	--

Le attività del Piano Strategico sono coordinate da UNIPG (Capofila del GO).
Le scelte tecniche e organizzative sono effettuate dal Comitato di progetto, composto da almeno un rappresentante per ogni Partner.
Un Innovation Broker assicura la verifica e la condivisione periodica dello stato di avanzamento del Piano Strategico.

... e il problema affrontato/opportunità sviluppata

In Italia la produzione tartufigola naturale è in forte declino. Ne sono causa l'eccessivo sfruttamento, il cambiamento climatico e una inadeguata gestione idrica dei suoli. Il problema può essere contrastato, conservando anche la biodiversità locale, con un'attenta gestione delle tartufige naturali e il miglioramento della tartufigicoltura anche attraverso l'uso sostenibile di acqua e suolo.

... quale soluzione?

Gestione innovativa di tartufige delle Crete Senesi.
• Ripristino, recupero e miglioramento di tartufige naturali di tartufigo bianco pregiato (*Tuber magnatum*).
• Tartufigicoltura sostenibile e incremento della coltivazione di tartufigo scorzone e marzuolo (*T. aestivum* e *T. borchii*).

Attività

- Produzione e uso di germoplasma locale per la piantumazione di piante tartufige in tartufige naturali e coltivate.
- Ripulitura del sottobosco e reimpiego delle acque superficiali.
- Monitoraggio della micorrizzazione e della potenzialità produttiva *in situ* con tecniche genomiche d'avanguardia.
- Monitoraggio temporale dei suoli e della loro biodiversità.
- Attività dimostrative e trasferimento delle conoscenze a tecnici e tartufigicoltori.
- Imprese agricole: attuazione degli interventi nelle aree dimostrative.
- UNIPG, CREA: supporto alla gestione e monitoraggi.
- ATS, Etruria, CIA: trasferimento delle conoscenze



Risultati attesi/realizzati

- Miglioramento ambientale e produttivo delle tartufige di *T. magnatum*.
- Diversificazione produttiva con prodotto fresco di altre specie pregiate di tartufigo durante tutto l'anno.
- Salvaguardia della biodiversità ambientale, conservazione dei suoli vocati alla tartufigicoltura.
- Valorizzazione della multifunzionalità delle aziende agrarie.

Comunicazione e divulgazione

Convegni e incontri tematici.
Pubblicazione di opuscoli, inserti tecnici, pagine web e social dedicate agli stakeholder.
Visita di studio ad una realtà produttiva di eccellenza nell'area di Zaragoza (Spagna).

Contatti Leader di progetto: tel 075 5856434 E-mail domizia.donnini@unipg.it
Contatti al workshop: tel 0481 522041 E-mail gilberto.bragato@crea.gov.it

- 28/7/2020 webinar - Prospettive di valutazione dei sistemi d'innovazione in agricoltura. 28/07/2020. h 11:30-12:45
- ottobre 2020 Questionario RRN - indagine sulla gestione dei Gruppi Operativi

- 24/11/2020 webinar - L'approccio interattivo per l'innovazione: l'esperienza dei GO. h 10:00-12:30

Nel dicembre 2020 è stato pubblicato il progetto sul portale Innovarurale - Rete Rurale Nazionale del Ministero delle politiche agricole, alimentari e forestali. (<https://www.innovarurale.it/it/pei-agri/gruppi-operativi/bancadati-go-pei/strategie-una-tartuficoltura-sostenibile-innovativa>).

15/05/2021 Il Gruppo Operativo Habitar Si fa parte del partenariato europeo per l'innovazione "Produttività e sostenibilità dell'agricoltura" (European Innovation Partnership, EIP-AGRI) (<https://habitarsi.ciatoscana.eu/habitar-si-sul-sito-del-partenariato-europeo-per-linnovazione-eip-agri/>)

- 13-11-2021 convegno San Giovanni D'Asso
- 12-11-2022 incontro tematico San Giovanni d'Asso

Inoltre il progetto è stato presentato con una comunicazione al XXIII Convegno Nazionale di Micologia, Perugia 9-10 giugno 2022:

Mara Rondolini, Nicola Baldoni, Leonardo Baciarelli Falini, Federica Bonini, Daniela Gigante, Lara Reale, Gilberto Bragato, Domizia Donnini, 2022. Monitoraggio e tecniche innovative applicate nelle zone di produzione di *Tuber magnatum*. Comunicazione al XXIII Convegno Nazionale di Micologia, Perugia 9-10 giugno 2022.

I dati prodotti dall'analisi metagenomica e dai vari monitoraggi saranno oggetto di una pubblicazione scientifica congiunta tra UNIPG e CREA.

7. Considerazioni conclusive

Il Gruppo Operativo fin da subito ha istituito una buona comunicazione interna e relazione tra i partner, creando un ottimo rapporto di collaborazione e fiducia, nell'ottica di un proficuo scambio di conoscenze teoriche e pratiche. L'interrelazione tra agricoltori, ricercatori, formatori, divulgatori, consulenti e professionisti non può che generare innovazione e sviluppo, mettendo in sinergia conoscenze, competenze e applicazioni pratiche a vantaggio di tutti e del settore specifico, nell'immediato e nel futuro.

Le azioni svolte nel progetto sono state dirette a un monitoraggio puntuale delle tartufaie naturali, la realizzazione di impianti tartufigeni con metodologie innovative in grado di dare risposte ottimali, anche considerato lo scenario climatico attuale, e la messa in atto di cure colturali volte al risparmio idrico e all'efficientamento della risorsa acqua.

L'aspetto di sostenibilità e conservazione della biodiversità si è esplicito nella gestione volta al ripristino di tartufaie naturali che avevano perso la produttività (es. *Tuber borchii*), nella realizzazione di tartufaie coltivate e ampliamento di tartufaie naturali di tartufi pregiati, con la messa a dimora di piante prodotte con materiale locale. Ciò è di particolare importanza nel caso di piante micorrizzate con *Tuber magnatum*, la specie più pregiata, che caratterizza fortemente la regione Toscana e tutto il territorio nazionale, dove finora ha dato risposte produttive molto limitate, essendo molto poche le realtà di coltivazione di tartufo bianco, ma certamente nessuna con un monitoraggio puntuale e completo come è stato messo a punto nel progetto HABITAR-SI.

Inoltre, la risposta produttiva alle tecniche di recupero e gestione sostenibile delle tartufaie naturali è stata positiva sia per il trend quantitativo che per l'aspetto qualitativo, entrambi ovunque penalizzati dall'andamento climatico stagionale. Si tratta già di risultati importanti per il progetto, per le aziende e per tutto il settore, sebbene la realizzazione di tartufaie coltivate per le tre specie pregiate, *Tuber magnatum*, *Tuber aestivum* e *Tuber borchii*, costituisca solo un punto di partenza ovviamente ancora senza evidenti risultati.

Tuttavia, i risultati promossi dal progetto, date le numerose difficoltà incontrate sia in fase istruttoria che nello svolgimento delle attività legate alla pandemia da COVID19, hanno soddisfatto solo parzialmente le aspettative di un settore che necessita ancora di ulteriori indagini, approfondimenti e sperimentazioni. L'orizzonte temporale del progetto, sebbene protratto nel tempo, non è coerente con il ciclo del tartufo, perciò ci si riferisce più agli aspetti metodologici, alle prospettive future e all'incremento delle conoscenze, piuttosto che a molti risultati concreti immediati come ci si potrebbe aspettare. Nello specifico, l'analisi dei dati molecolari potrà fornire ulteriori risultati che tuttavia, in un tempo così breve, non potranno essere esaustivi, ma di riferimento per successivi monitoraggi. Certamente la siccità riscontrata in queste ultime stagioni ha condizionato fortemente la produzione tartufigena, influenzando anche alcuni risultati di analisi ambientali e la relativa correlazione tartufigena. Anche in seguito a tali osservazioni, si delinea come fortemente necessaria la possibilità di irrigazione, che costituisce il fattore limitante per eccellenza, avendo naturalmente cura di adottare soluzioni tecniche attente al rispetto della sostenibilità ambientale (ad esempio attraverso la raccolta di acque superficiali, ecc.). Nel corso del progetto sono stati effettuati numerosi sopralluoghi, in collaborazione con personale CREA e con la disponibilità delle aziende partner, per la verifica in campo delle attività in azienda e i relativi monitoraggi, oltre che per le attività di formazione e comunicazione.

La sperimentazione svolta nel corso di questi anni ha cercato di fornire alcune prime risposte, indicando la direzione da intraprendere per poter migliorare la nostra tartufigicoltura, sia operando sulle tartufaie spontanee che sviluppando nuove tartufaie coltivate.

Senza dubbio si può anche trarre un insegnamento importante da questo progetto e dalla tartuficoltura in generale: il tartufo ha i suoi tempi, che sia in ambiente naturale o in ambito di coltivazione, occorre aspettare il tempo necessario, occorre rispettare i tempi dei cicli naturali.

8. Abstract

Strategy for innovative sustainable truffle-growing in the truffle habitats of Siena-Habitar-SI

The work of Habitar-SI is the result of collaboration between farms, scientific institutions subjects specialised in training and dissemination, brought together in an 'Operating Group', defined through a specific cooperation agreement.

Here are the project partners: University of Perugia, Department of Agricultural, Food and Environmental Sciences; Association of Senese truffle hunters of Montalcino (SI); Crea, Council for Agricultural Research and Analysis of Agricultural Economics, Gorizia; Berni Valentino Farm, I Loghi di Montalcino (SI); Farm Davitti Daniele of Montalcino (SI); Farm Valdambri Paolo of Montalcino (SI); Agricoltura è Vita Etruria, training agency; Cia Toscana, professional organisation of farmers.

The general objective of the project is to recover and preserve the truffle resources in the territory of Siena, safeguard the environment suited to truffle production and biodiversity, improve production processes, valorise the product, and increase market supply. The actions carried out in the project were aimed at punctual monitoring of natural truffle fields, the creation of truffle plantations with innovativemethodologies capable of providing optimal responses, also considering the current climatic scenario, and the implementation of cultivation treatments aimed at saving water and making water resources more efficient. The aspect of sustainability and conservation of biodiversity has been expressed in the managementaimed at restoring natural truffle beds that had lost productivity (e.g. *Tuber borchii*), in the creation of cultivated truffle beds and the expansion of natural truffle beds of prized truffles, with the planting of plantsproduced from local material. This is of particular importance in the case of mycorrhized plants with *Tuber magnatum*, the most prized species, which strongly characterises the Tuscany region and the entire nationalterritory, where so far it has given very limited productive responses, as there are very few white truffle cultivation realities, but certainly none with a punctual and complete monitoring as has been developed in the HABITAR-SI project. In particular, pilot areas were defined, by mutual agreement and with the availabilityof the various project partners, for each farm where periodic monitoring would then be carried out. Unfortunately, due to the difficulties caused by the pandemic situation, it was not possible to proceed with the environmental monitoring activities in the spring of 2020, as planned. However, thanks also to the specially recruited temporary staff, samples were taken for DNA and microbiome analyses and an expeditioussurvey of the soils in the selected areas was carried out before the planned activities were carried out in thepartner farms. During the survey, the experimental areas to be compared were delineated in terms of the presence (new mode) or absence (traditional mode) of water management in natural *Tuber magnatum* truffle beds. In the areas identified for experimentation, two mini-monitoring stations with wireless data transmission were installed in July 2020 to measure humidity (FDR sensor) and soil temperature. The main mini-station (collecting data from both) was also equipped with a rain gauge and thermometer for air temperature. Over the course of the summer, samplings were also carried out for rainwater regulation. Thesame samplings were also carried out on one farm at an intermediate time, while they will all be repeated inautumn/winter 2022, in order to make a comparison following truffle management and diversified interventions (e.g. clearing cuts, irrigation). In addition, mycorrhization monitoring was carried out by means of morphological and biomolecular method analyses on plants mycorrhized with *Tuber borchii* and *T. aestivum* planted in the Az. Agricola Davitti Daniele. Inoculum preparation with local material for the production of plants with *T. magnatum* was carried out by a specialised nursery. Soil sampling and

subsequent analyses showed that the interventions carried out did not lead to substantial changes in the microbial component. The environmental monitoring also involved the floristic-vegetation analysis of the pilot areas in the natural habitats of *T. magnatum* (Az. Agricola Berni Valentino) and *T. borchii* (Az. Agricola Valdambriini Paolo); on initial analysis, no substantial differences appear to have emerged. Moreover, the productive response to the techniques of recovery and sustainable management of natural truffle fields has been positive in terms of both the quantitative trend and the qualitative aspect, both of which have been penalised everywhere by the seasonal climatic trend. The experimentation carried out over these years has tried to provide some initial answers, indicating the direction to take in order to improve our truffle cultivation, both by working on spontaneous truffle beds and by developing new cultivated truffle beds.

F II Responsabile Scientificodel
Progetto HABITAR-SI Dr. Domizia
Donnini

