



Regione Toscana



## Partner: Università degli Studi della Tuscia - DAFNE – P4

Reg. CE 1305/13  
Programma di Sviluppo Rurale  
della Regione Toscana 2014/2020

Strategia integrate di sviluppo locale del GAL FAR MAREMMA S.c. a r.l.

Sottomisura 16.2  
Sostegno a progetti pilota e allo sviluppo di nuovi prodotti,  
pratiche, processi e tecnologie

### RELAZIONE TECNICA

CUP ARTEA 902568  
CUP CIPE J86J20001590001

# CAMBIO PIANO

**CAMBIare, Innovare e Organizzare il PIANO di gestione forestale**

### PARTNER



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI DELLA  
TUSCIA

DIPARTIMENTO  
DI SCIENZE AGRARIE  
E FORESTALI



### Coordinamento tecnico

**AGRICIS**  
STUDIO TECNICO  
CONSULENZE AGRICOLE  
FORESTALI E AMBIENTALI

## **RELAZIONE TECNICA UNIVERSITA' DEGLI STUDI DELLA TUSCIA**

### **Scheda informativa dell'azienda**

#### ***Caratteristiche e tipologia del soggetto beneficiario***

Università degli Studi della Tuscia, Viterbo, Dipartimento di Scienze Agrarie e Forestali (DAFNE), legale rappresentante: Prof. Stefano Ubertini nella sua qualità di Rettore dell'Università degli Studi della Tuscia – DAFNE, con sede legale in S. M. in Gradi n. 4, 01100 Viterbo. Con apposita documentazione presentata e caricata su ARTEA in sede di compilazione DUA il legale rappresentate di seguito Rettore, ha delegato il Prof. Rodolfo Picchio in qualità di responsabile scientifico del Progetto CAMBIO PIANO.

In questo progetto l'UNITUS-DAFNE ha operato come partner scientifico, in qualità di Ente di ricerca tra i più attivi e importanti a livello nazionale per quanto concerne gli studi volti al miglioramento della sostenibilità della gestione forestale e faunistica. Verranno messe in atto appropriate tecniche di utilizzazioni forestali e monitoraggio dei vertebrati, analisi specifiche volte a valutare gli impatti legati alle operazioni selvicolturali, nonché attività volte all'ottimizzazione degli interventi tramite applicazione di tecnologie moderne ed avanzate (precision forest harvesting). L'UNITUS è da tempo attivo sui boschi amiatini collaborando con importanti realtà forestali del territorio, sia pubbliche che private. Questo aspetto rappresenta in modo particolare un valore aggiunto per la partnership, raramente infatti si può trovare delle realtà scientifiche che, oltre a competenza comprovata nel settore, abbiano una profonda conoscenza del background territoriale.

Personale coinvolto nel progetto:

- Prof. Angela Lo Monaco
- Dott. Andrea Amici
- Dott. Riccardo Primi

## Dettaglio attività tecnico scientifica 16.2 – UNITUS-DAFNE



Figura 1: Attività di coordinamento del progetto.

### **Fase 2. Approfondimento, indagini conoscitive e di fattibilità, analisi dell'area di lavoro e definizione delle specifiche tecniche con progettazione del modello di piano.**

Nell'Ambito di questa fase è stata analizzata l'area oggetto di pianificazione, nello specifico le diverse tipologie forestali, e, tutte le condizioni ambientali dell'area. La fase 2 ha raggruppato tutte le attività relative alla raccolta dati sulla base delle quali sono state verificate le ipotesi di progetto di piano. In particolare, sono state condotte indagini e analisi dell'ambiente di lavoro, con valutazioni anche rispetto a recenti problematiche, alle tipologie di nuove applicazioni al piano e *best practices*. In dettaglio il piano si è articolato in 5 azioni.

#### **Azione 2.3 - Indagine conoscitiva e studio delle problematiche e delle *best practices* e nuove applicazioni da adottare nel modello. UNITUS-DAFNE**

Il partner avvalendosi di personale dipendente, ha condotto alcune indagini e ha valutato le buone prassi da adottare assieme a nuove applicazioni con valutazioni sulle tipologie di bosco del Consorzio Forestale, da pianificare. Una prima "*best practice*" individuata, è quella della carbonizzazione dei residui della utilizzazione forestale. Nelle *best practices*, sono state individuate le tecnologie più innovative e idonee per le diverse sperimentazioni.

**Azione 2.4 - Stato dell'arte riguardo alle modalità di pianificazione delle utilizzazioni all'interno delle azioni previste dal PGFA e le tecnologie usate e trasferimento del know how. UNITUS-DAFNE**

Nell'ambito di quest'azione sono state analizzate, nel dettaglio, le nuove tecnologie utilizzate per le attività di pianificazione delle utilizzazioni forestali, in comparazione a metodi tradizionali. Con il modello di piano sperimentato s'intende comprendere le dinamiche evolutive dei boschi e gli ulteriori miglioramenti apportabili ai metodi di utilizzazione forestale. Il prototipo di pianificazione che è stato messo a punto durante lo sviluppo del progetto, è stato confrontato con le attuali soluzioni esistenti e con i dati bibliografici, al fine di comprendere le caratteristiche specifiche e valutare la possibilità di una futura adottabilità del piano innovativo sperimentato. Quanto emerso da quest'azione è stato oggetto di trasferimento del sapere attraverso opportune azioni di divulgazione mediante incontri tecnici e strumenti informativi.

**Azioni 2.5 - Progettazione del sistema di pianificazione, simulazione, definizione delle specifiche tecniche del sistema oggetto di sperimentazione e validazione delle scelte progettuali. CONSORZIO FORESTALE AMIATA**

Il Consorzio Forestale dell'Amiata ha formalizzato, in base ai preventivi richiesti, la consulenza tecnica di un Dottore Forestale, Francesco Giubbilei, necessaria alla progettazione prevista per arrivare alla definizione del "prototipo di piano di gestione forestale" assieme all'ente di ricerca coinvolto (UNITUS – DAFNE) con successiva validazione delle scelte progettuali per il modello di piano.

**Azione 2.6 - Sviluppo del sistema di pianificazione delle utilizzazioni forestali e interazione con il PGFA (progetto prototipo). UNITUS-DAFNE**

Quest'azione ha riguardato lo sviluppo effettivo del progetto; sono stati pertanto individuati i requisiti operativi (obiettivi di sistema), da tradurre in specifiche tecniche (input progettuali) che servono da base per la definizione, lo sviluppo e la verifica della progettazione esecutiva dei singoli gruppi e complessiva del sistema con la messa a punto di un prototipo "pianificatorio" delle utilizzazioni forestali e monitoraggio faunistico in stretta sinergia con il piano di gestione forestale. Successivamente al rilascio di una relazione dettagliata su tutte le specifiche tecniche delle azioni precedenti si è proceduto alla progettazione modulare del piano. Sono state valutate tutte le diverse implicazioni, per arrivare al rilascio di un vero progetto finale che è stato condiviso con tutti i partner interessati prima di procedere alla realizzazione del prototipo di modello. In questa specifica azione è stato sviluppato in ambiente GIS un sistema di supporto alle decisioni nel PGAF per la pianificazione delle operazioni selvicolturali in base al sistema di lavoro scelto. Il gruppo di ricerca del DAFNE coordinato dal Prof. Rodolfo Picchio ha elaborato una nuova tecnica della Precision Forestry per la pianificazione delle operazioni di esbosco ed è stata elaborata su diverse particelle forestali del PGAF. L'attenzione si è focalizzata su tre differenti tecnologie utilizzate in fase di esbosco: forwarder, gru a cavo e verricello forestale. Al riguardo è stata valutata l'integrazione di tali tecnologie con sistemi di meccanizzazione, in ambienti gestiti sostenibilmente, al fine di migliorare le operazioni di abbattimento ed esbosco nei diradamenti attuati per il trattamento a tagli successivi. L'analisi è stata dapprima effettuata nelle Particelle Forestali 3 e 6, facenti parti del Comune di Santa Fiora. Nelle particelle è stato eseguito un intervento di diradamento attraverso operazioni di abbattimento semi-meccanico e concentramento ed esbosco con forwarder e a strascico e semi-strascico eseguito con trattore e verricello forestale. In entrambe le particelle si è operato una volta avvenuta l'utilizzazione secondo le metodiche tradizionali, di utilizzo delle due tecnologie. L'analisi è iniziata percorrendo e classificando la viabilità forestale aperta

dall'operatore forestale in fase di esbosco, nella Particella 3 con forwarder e nella Particella 6 con il trattore con verricello. Queste sono state poi messe a confronto in ambiente GIS con quelle idealizzate dal modello sperimentale della Precision Forestry, misurando le due viabilità sviluppate per ogni particella con le rispettive superfici servite.

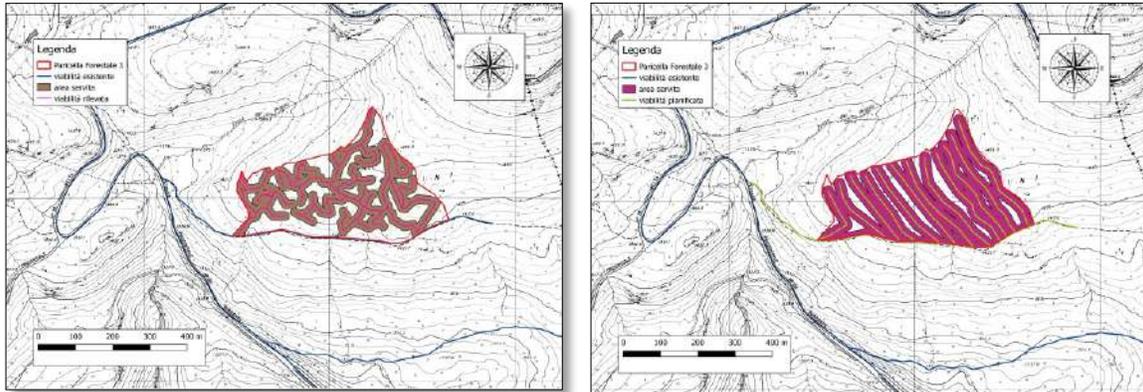


Figure 2 e 3: Particella 3: modelli GIS su base CTR che individuano, sulla sinistra lo sviluppo delle piste di esbosco temporanee registrate a seguito dell'utilizzazione condotta esboscando con trattore articolato portante (forwarder), mentre sulla destra il modello implementato attraverso appositi algoritmi focalizzati alla minimizzazione degli impatti al suolo con lo stesso sistema di esbosco.

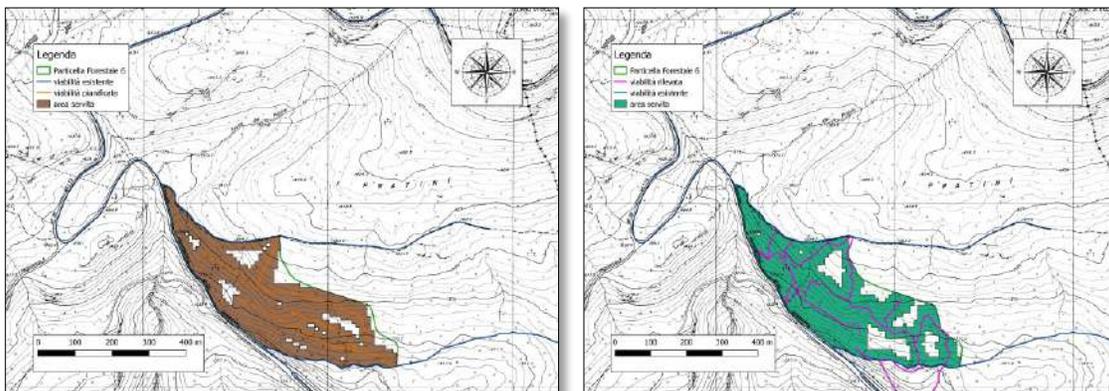


Figure 4 e 5: Particella 6: modelli GIS su base CTR che individuano, sulla sinistra lo sviluppo delle piste di esbosco temporanee registrate a seguito dell'utilizzazione condotta esboscando con trattore agricolo munito di verricello forestale, mentre sulla destra il modello implementato attraverso appositi algoritmi focalizzati alla minimizzazione degli impatti al suolo con lo stesso sistema di esbosco.

Successivamente è stata implementata una procedura GIS nel contesto dell'analisi multicriteriale per ottenere un piano delle utilizzazioni che identifichi il sistema di esbosco migliore, particella per particella, tra forwarder, skidder con verricello e gru a cavo media. Come caso applicativo è stato sviluppato il piano delle utilizzazioni delle particelle forestali facenti capo al Comune di Santa Fiora (GR).

La procedura va ad unire dati territoriali e l'esperienza di esperti nel settore delle utilizzazioni forestali provenienti da tutto il mondo. Per quanto concerne i primi si è fatto riferimento a sei variabili considerate le maggiormente influenzanti la scelta di un dato sistema di esbosco: pendenza, accidentalità, capacità portante del suolo, distanza di esbosco, densità di viabilità e ripresa. Una volta ottenuti i dati su queste variabili in ambiente GIS è stata applicata la tecnica dell'*Analytic Hierarchy Process*

(AHP) che consente di stabilire l'importanza relativa delle variabili ambientali associando a ciascuna di esse un peso. Mediante l'applicazione di tecniche della *map algebra* si ottengono dapprima delle mappe di idoneità per ciascuno dei tre sistemi di esbosco, e successivamente, dalla sovrapposizione di queste con il particellare del piano di assestamento, si ottiene il piano delle utilizzazioni. Il diagramma di flusso della procedura sviluppata è riportato in Figura 6.



Figura 6: diagramma di flusso della procedura per ottenere il piano delle utilizzazioni in ambiente GIS.

Nelle successive figure 7, 8, 9 e 10 vengono invece riportate le mappe di idoneità dei tre sistemi di esbosco considerati ed il piano delle utilizzazioni ottenuto in output dal processo.

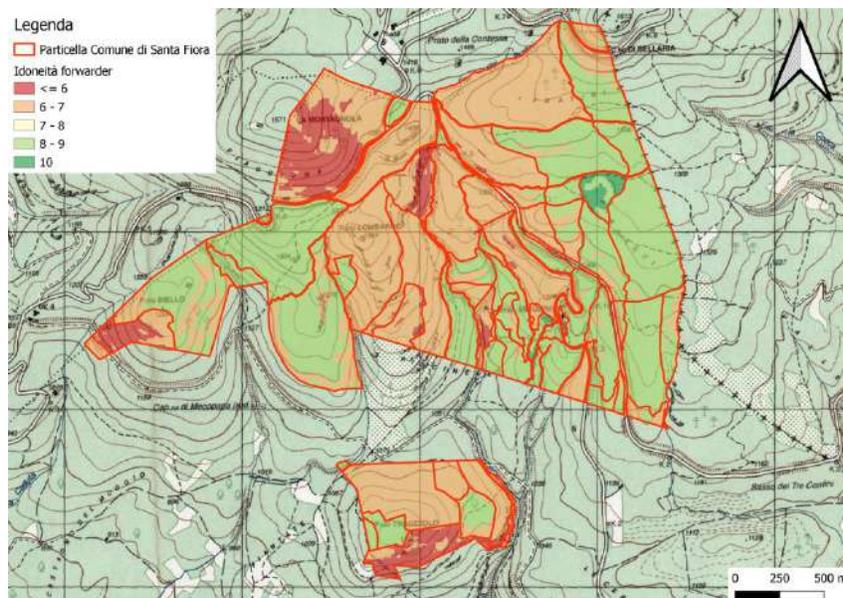


Figura 7: mappa di idoneità per il forwarder.

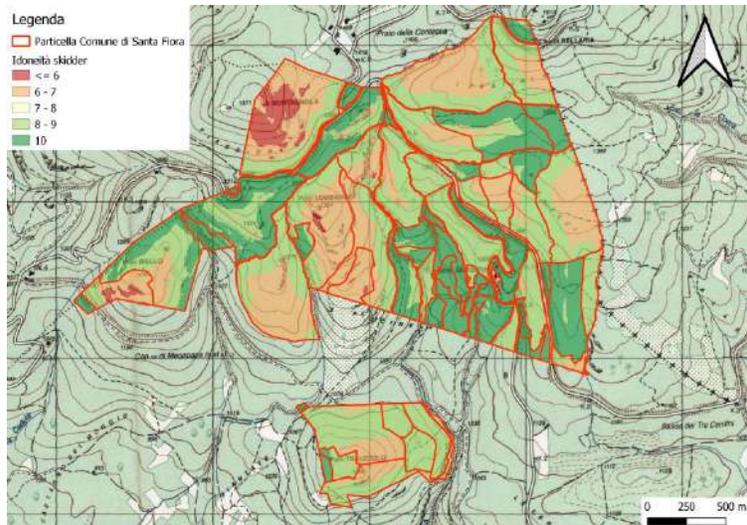


Figura 8: mappa di idoneità per lo skidder munito di verricello forestale.

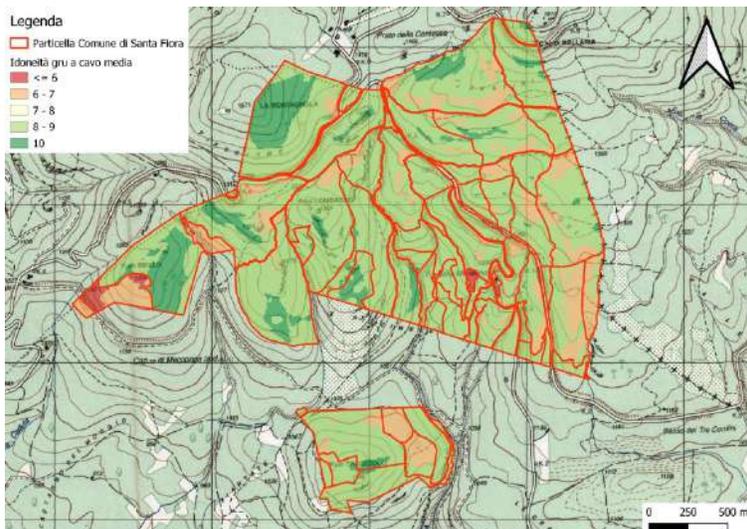


Figura 9: mappa di idoneità per la gru a cavo media.

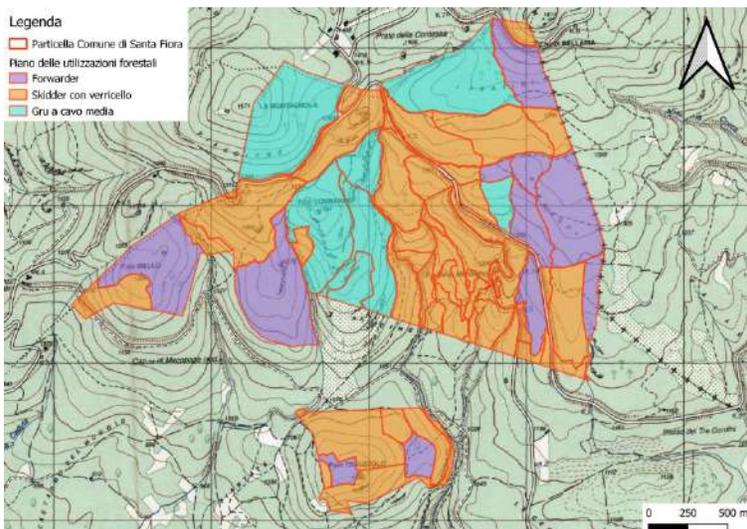


Figura 10: output finale della procedura di pianificazione, vale a dire il piano delle utilizzazioni.

La *precision forest harvesting* è ovviamente applicabile anche alla fase postuma a quella pianificatoria, vale a dire la fase di progettazione vera e propria dell'intervento selvicolturale. A tal riguardo sono state considerate tre particelle forestali ricadenti sempre nel Comune di Santa Fiora e su queste tre particelle, a partire dal sistema di esbosco suggerito nel piano delle utilizzazioni precedentemente descritto, è stata effettuata, sempre in ambiente GIS, la pianificazione della viabilità temporanea necessaria all'intervento forestale tenendo conto del sistema di esbosco da applicare nella specifica particella. Il dettaglio delle tre particelle forestali è riportato in Tabella 1.

Tabella 1. Dettaglio delle particelle studiate.

Particella	Tipologia intervento	Sistema di esbosco suggerito
44	Diradamento in fustaia di faggio	Gru a cavo media
52	Diradamento in fustaia di faggio	Skidder con verricello
61	Diradamento in fustaia di faggio	Forwarder

La procedura è interamente implementata in ambiente GIS open-source mediante il software *Quantum GIS* ed il relativo plugin *Forest Road Network*. Questo plugin, a partire da un modello digitale del terreno e dal file della viabilità presente prima dell'intervento forestale, traccia automaticamente un pattern di viabilità forestale in funzione della distanza di lavoro del mezzo considerato e della pendenza massima (o minima nel caso di gru a cavo) affrontabile dal mezzo. I dati sulle distanze di lavoro e sui requisiti di pendenza per i tre sistemi di esbosco sono riportati in Tabella 2.

Tabella 2. Dati di base per il plugin *Forest Road Network*.

Sistema di esbosco	Distanza di lavoro	Requisiti di pendenza	Altri requisiti
Forwarder	12 m	<35%	
Skidder con verricello	80 m	<35%	
Gru a cavo media	30 m lateralmente e 800 m longitudinalmente	>30%	Linea dritta senza alcuna possibilità di curvatura

I risultati ottenuti sono mostrati nelle seguenti figure 11, 12 e 13.

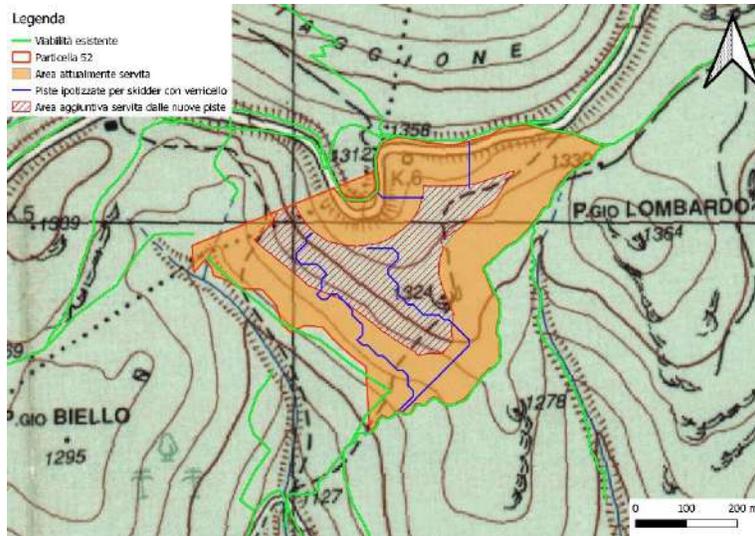


Figura 11: pianificazione dell'intervento con skidder munito di verricello nella particella forestale 52.

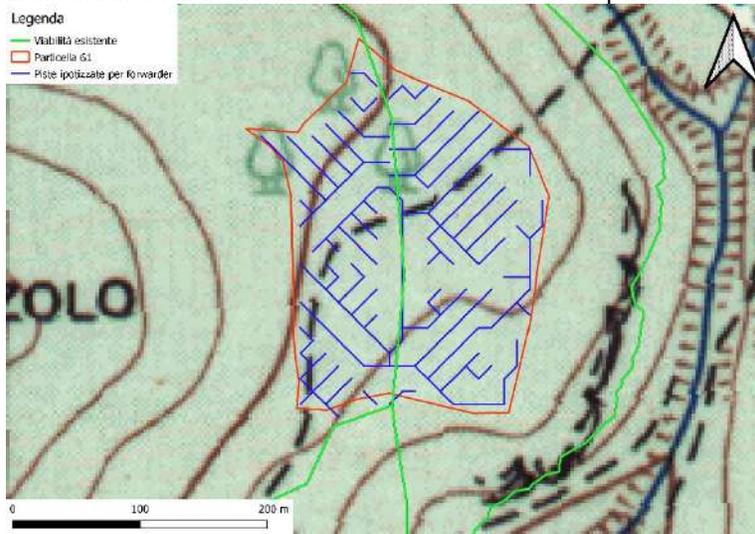


Figura 12: pianificazione dell'intervento con forwarder nella particella forestale 61.

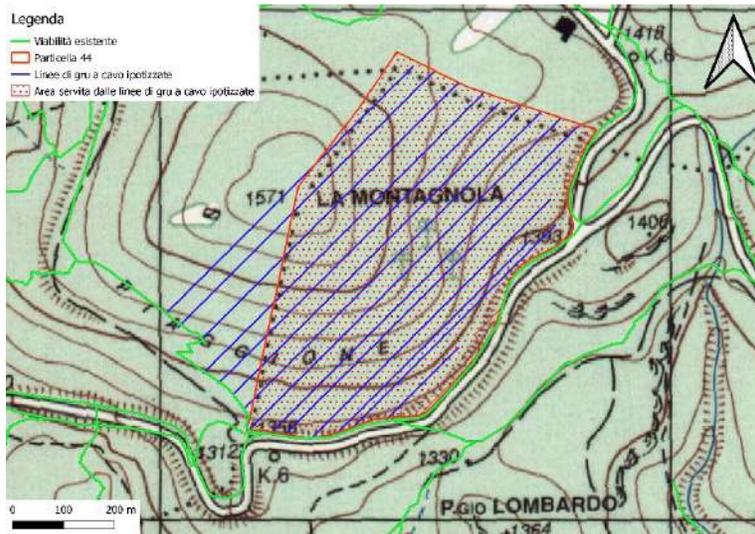


Figura 13: pianificazione dell'intervento con gru a cavo media nella particella forestale 44.

Il pattern di viabilità forestale ottenuto può essere facilmente convertito in formato .kml e caricato sui sistemi on-board computer dei moderni macchinari forestali, facendo sì che l'operatore del mezzo possa facilmente seguire i tracciati ottimizzati calcolati in ambiente GIS (Figura 14).

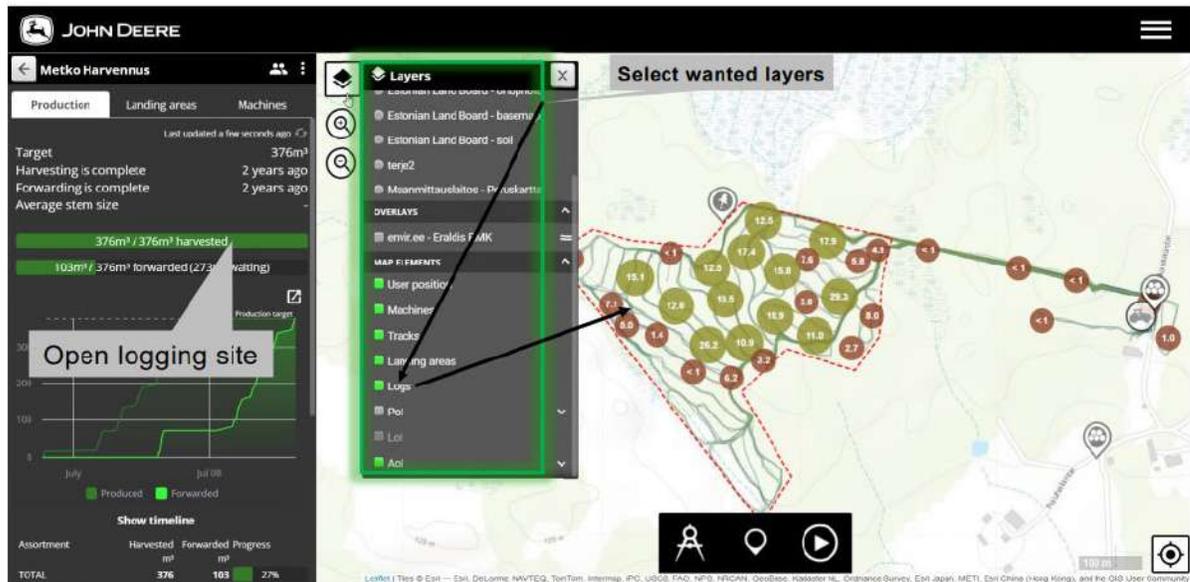


Figura 14: interfaccia di un sistema di computer di bordo di un moderno forwarder sul quale sono state caricati vari dati sulla particella oggetto di utilizzazione.

In tale azione sono state condotti, in sinergia, dei monitoraggi faunistici integrati (indagini di campo e fototrappolaggio) rivolti principalmente a comprendere le dinamiche che in qualche modo possano risultare come driver per l'insediamento della rinnovazione delle fustaie di faggio. Il focus del monitoraggio ha quindi riguardato principalmente gli ungulati in relazione a stadi evolutivi e gestionali delle particelle forestali governate a fustaia di faggio.

### Variazioni inter-annuali e stagionali degli ungulati

Sul triennio di osservazione non si rilevano variazioni significative dei parametri di abbondanza delle due specie target, anche se i confronti a coppie (LSD di Fisher) hanno consentito di evidenziare una abbondanza relativa (TR) autunnale della specie cinghiale significativamente più bassa nell'anno 2020: 2019 vs. 2020 ( $p = 0.027$ ), 2020 vs. 2021 ( $p = 0,000$ ). Durante ciascuno dei 3 anni, il capriolo, che è un brucatore selettivo, ha mostrato valori di abbondanza relativa (TR) e di densità (D) più alti durante l'estate. Diversamente, il cinghiale, consumatore di ghianda e faggiola, ha aumentato sensibilmente la sua presenza in autunno quando, probabilmente, alla ripresa della stagione venatoria, si sposta, temporaneamente, verso aree di rifugio interdette alla caccia. Infatti, secondo l'ecologia della paura (*ecology of fear*), gli animali cercano di evitare il rischio di predazione (in questo caso

abbattimento e disturbo venatorio) spostando il loro home range all'interno delle aree rifugio interdette alla caccia e limitando temporaneamente i loro movimenti all'esterno di queste. Quando l'effetto della paura cessa, normalmente in corrispondenza della fine della stagione venatoria (fine gennaio), e progressivamente si assiste alla diminuzione delle risorse trofiche all'interno dei "rifugi" e al peggioramento delle condizioni meteo-climatiche, i cinghiali tornano ad occupare le zone più vocate e ricche di risorse anche nelle aree esterne soggette, fino a poco tempo prima, a disturbo venatorio. Tuttavia, è possibile osservare come, a differenza del 2019 e 2021, nel 2020 gli indici di abbondanza (sia TR che REM) tenderebbero ad aumentare per il capriolo e a diminuire per il cinghiale. Tale convergenza delle densità potrebbe dipendere dal fatto che, a causa delle restrizioni anti Covid-19, il fototrappolaggio è stato effettuato solo nel mese di ottobre, ovvero quando le condizioni meteo-climatiche sono ancora favorevoli e la caccia al cinghiale è ancora chiusa, e non a novembre e dicembre come per il 2019 e 2022. Di conseguenza le condizioni climatiche favorevoli di ottobre potrebbero plausibilmente determinare per il capriolo una maggiore abbondanza autunnale nell'anno 2020, in quanto non erano ancora iniziate le migrazioni altitudinali. Mentre il cinghiale, non essendo ancora sottoposto al disturbo venatorio, la sua distribuzione potrebbe ancora non essere concentrata nelle aree a caccia vietata. Considerato che i cinghiali normalmente prediligono i boschi di castagno e cerro rispetto alle faggete che producono frutti più piccoli e una biomassa di semi complessivamente inferiore, nella fattispecie in esame sembrerebbe che il disturbo dell'attività venatoria all'esterno dell'area di protezione, possa essere il principale fattore determinante la concentrazione autunnale di cinghiali all'interno della faggeta. Per confermare tale ipotesi, si ritiene opportuno estendere l'indagine anche all'esterno dell'attuale area di studio, interessando, con approccio d'area vasta, tipologie boschive diverse sia per composizione sia per gestione facendo in modo di includere anche settori soggetti a disturbo venatorio diretto.

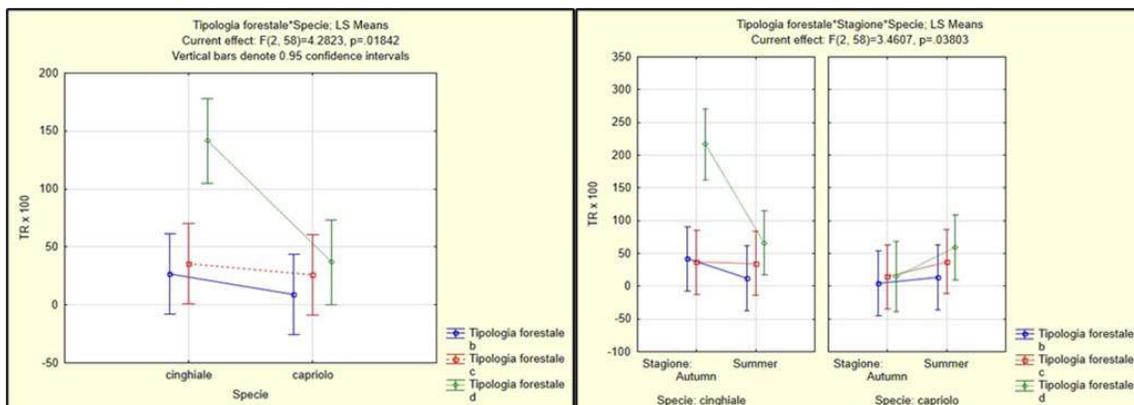


Figura 15: I valori di TR sembrerebbero seguire una stratificazione condizionata dalla tipologia di copertura forestale mostrando valori: più alti nella macroclasse d) "fustaie e cedui di protezione"; intermedi nella c) delle "fustaie di faggio con copertura del suolo < 60%"; più bassi nella b) delle "fustaie di faggio con copertura del suolo >60%". L'interazione tra copertura forestale e stagione risulta produrre effetti statisticamente significativi sull'abbondanza della specie ( $F = 3,460$ ;  $p = 0,038$ ): Mentre il capriolo sembra mostrare una stratificazione costante tra le tre classi; invece, il cinghiale mostra in autunno una netta preferenza per la classe d.

### Effetto della copertura forestale sull'abbondanza di caprioli e cinghiali

I valori di TR di entrambe le specie sembrano, almeno graficamente, seguire una stratificazione condizionata dalla tipologia di copertura forestale mostrando valori più alti nella macroclasse d) dei c.d. “fustaie e cedui di protezione”, intermedi nella c) delle “fustaie di faggio con copertura del suolo < 60%” e più bassi nella b) delle “fustaie di faggio con copertura del suolo >60%”, e l'analisi della varianza confermerebbe la significatività statistica ( $F = 4,282$ ;  $p = 0,018$ ). Sebbene per il capriolo tale risultato non risulterebbe essere confermato, per il cinghiale invece, il test LSD di Fischer mostra delle differenze statisticamente significative con valori di  $p=0,000$  sia tra la tipologia d e c sia tra d e b. Anche l'interazione tra copertura forestale e stagione risulta produrre effetti statisticamente significativi sull'abbondanza della specie cinghiale ( $F= 3,460$ ;  $p = 0,038$ ). Mentre il capriolo sembra mostrare una stratificazione costante tra le tre classi, il cinghiale in autunno mostra una netta preferenza per la classe d rispetto alle altre tipologie di copertura forestale. Anche dai confronti a coppia (LSD - Fischer) emergono differenze statisticamente significative tra la classe d e le classi b e c con valori di  $p=0,000$ . Data la significatività statistica degli effetti analizzati, le differenze osservate per il cinghiale potrebbero dipendere dal reale effetto del fattore “copertura forestale”, tuttavia per il capriolo si dovrebbero considerare altri fattori stocastici o comunque non valutabili allo stato attuale delle conoscenze. La classe d sembrerebbe rappresentare per il cinghiale una zona di rimessa. L'area tra le due fototrappole installate per la tipologia d è caratterizzata sia da una forte pendenza sia dalla presenza di massi di varie dimensioni di origine vulcanica. Inoltre, era solito incontrare i cinghiali durante il controllo/ritiro delle fototrappole. In caso di annate molto fredde e precipitazioni meteoriche significative i massi potrebbero avere un importante ruolo di rifugio termico. Nel 2021 si è assistito ad un brusco calo termico con forte accumulo di neve già a partire dalla terza decade di novembre. Tuttavia, non si dispongono dei dati di abbondanza di altre annualità rispetto al triennio di riferimento per confrontare i TR. Quindi, sebbene i dati disponibili suggeriscano una stratificazione delle abbondanze di ungulati, questi non consentono ancora di operare una consapevole zonizzazione della superficie forestale in classi di rischio in funzione dell'abbondanza delle due specie utilizzatrici.

### Valutazione dell'abbondanza (TR) stagionale delle due specie su plot ad accessibilità differenziata.

Complessivamente, per entrambe le specie, l'analisi della varianza non ha consentito di evidenziare, a scala locale, differenze in abbondanza statisticamente significative tra le chiudende ( $F = 1,158$ ;  $p = 0,331$ ). L'effetto di stagione e chiudende sull'abbondanza relativa delle due specie risulta statisticamente significativo ( $F = 2,878$   $p = 0,041$ ). Dai confronti a coppie (LSD di Fischer) emergono differenze statisticamente significative dell'abbondanza relativa del cinghiale tra la stagione autunnale ed estiva della 48-1 ( $p = 0,003$ ). Sembrerebbe che nell'intorno delle chiudende in aree oggetto di diradamento il cinghiale sia molto più abbondante in autunno mentre l'abbondanza relativa di caprioli aumenta sensibilmente in estate.

### Valutazione, a scala locale, dell'effetto dell'abbondanza (TR) stagionale delle due specie sul tasso di rinnovazione forestale.

Con l'intento di valutare l'esistenza di una relazione inversa tra abbondanza stagionale delle due principali specie utilizzatrici e tasso di rinnovazione forestale, 4 fototrappole sono state piazzate ed orientate, in modo opportunistico, in corrispondenza delle particelle ritenute più sensibili a seguito delle utilizzazioni forestali condotte. Complessivamente, per entrambe le specie, l'analisi della varianza non ha consentito di evidenziare, a scala locale, differenze in abbondanza statisticamente significative tra le chiudende ( $F = 1,158$ ;  $p = 0,331$ ). L'effetto di stagione e chiudende sull'abbondanza relativa delle due specie risulta statisticamente significativo ( $F = 2,878$   $p = 0,041$ ). Dai confronti a coppie (LSD di Fischer) emergono differenze statisticamente significative dell'abbondanza relativa del cinghiale tra la stagione autunnale ed estiva della 48-1 ( $p = 0,003$ ). Sembra che nell'intorno delle chiudende in aree oggetto di diradamento il cinghiale sia molto più abbondante in autunno mentre l'abbondanza relativa di caprioli aumenta sensibilmente in estate.

### **Azione 2.7 – Valutazione preliminare del piano di gestione forestale. CONSORZIO FORESTALE AMIATA**

In seguito al completamento della progettazione e della simulazione del modello di piano, si è proceduto alla prima valutazione in campo del medesimo. In dettaglio è stata sviluppata una complessa azione di monitoraggio ambientale volta a verificare le relazioni tra fauna selvatica, rinnovazione naturale delle faggete e qualità fisiche, chimiche e biologiche del suolo.

#### Analisi della rinnovazione arborea

Le analisi sono state condotte nel 2019 al momento della collocazione delle chiudende e poi ripetute nel 2021, le indagini sono state condotte parallelamente all'interno della chiudenda e in area limitrofa ad essa.

Per quanto riguarda le chiudende poste nell'area maggiormente diradata, la rinnovazione presente all'interno delle chiudende risultava più consistente in termini numerici al momento della collocazione delle recinzioni (2019). Tale situazione di differenza si è andata notevolmente affievolendo in entrambe le situazioni, trascorse due stagioni vegetative (anno 2021). Si sono registrate delle pesanti ma fisiologiche diminuzioni in termini di numerosità di rinnovazione, che tuttavia evidenziano sempre una leggerissima differenza a favore delle zone protette da recinzione.

A livello di grado di sviluppo della rinnovazione, non sono state riscontrate variazioni importanti (ad eccezione della chiudenda 2D), sia all'interno che all'esterno dalle chiudende. Nel 2019 la rinnovazione presente risultava per la stragrande maggioranza classificabile come semenzali, mentre nel 2021 la maggioranza è rappresentata dallo stadio fisiologico plantule. A livello di rinnovazione affermata c'è ancora una rilevante carenza in generale.

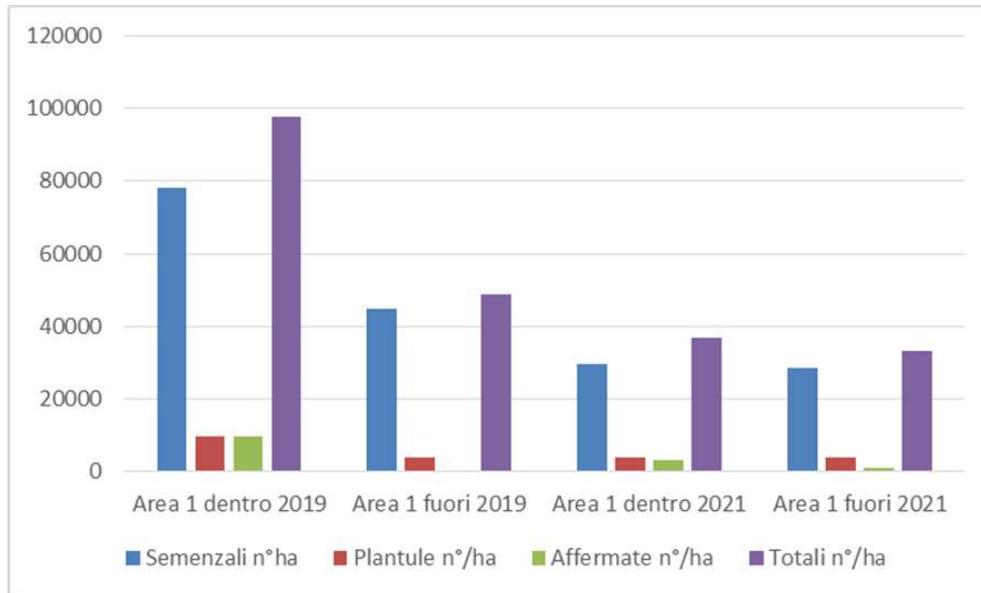


Figura 16: Confronti grafici fra la situazione interna (D) ed esterna (F) alle chiudende dell'area 1, maggiormente diradata.

Questi risultati, seppur in un range temporale molto limitato, mostrano che apparentemente si verifica un impatto sulla rinnovazione legato al pascolo degli ungulati selvatici, anche se a livello statistico nel 2021 tali osservazioni non risultano confermati.

È interessante notare che nel 2019 quasi tutte le piantine presenti si trovavano nel primo stadio di sviluppo (semenzale). Questo indica chiaramente che i fenomeni di rinnovazione si sono innescati solamente nella precedente stagione silvana (2018), ovvero a distanza di 2-3 anni dall'intervento di utilizzazione forestale (2015-2016). Per quanto riguarda l'area 2 quella con copertura arborea molto più densa ed uniforme la rinnovazione presente all'interno delle micro chiudende in un primo momento, a ridosso della collocazione delle recinzioni (2019), risultava più consistente in termini numerici. Trascorse due stagioni vegetative (anno 2021) la rinnovazione presente fuori dalle chiudende è andata aumentando rispetto a quella presente dentro. Si sono registrate degli aumenti di numerosità di rinnovazione rispetto al 2019. A livello di grado di sviluppo della rinnovazione, sono state osservate variazioni importanti con passaggi alle classi successive di accrescimento ed insediamento di nuovi semenzali. In generale la situazione rimane estremamente bilanciata con un numero notevole di individui di rinnovazione considerabili come affermati.

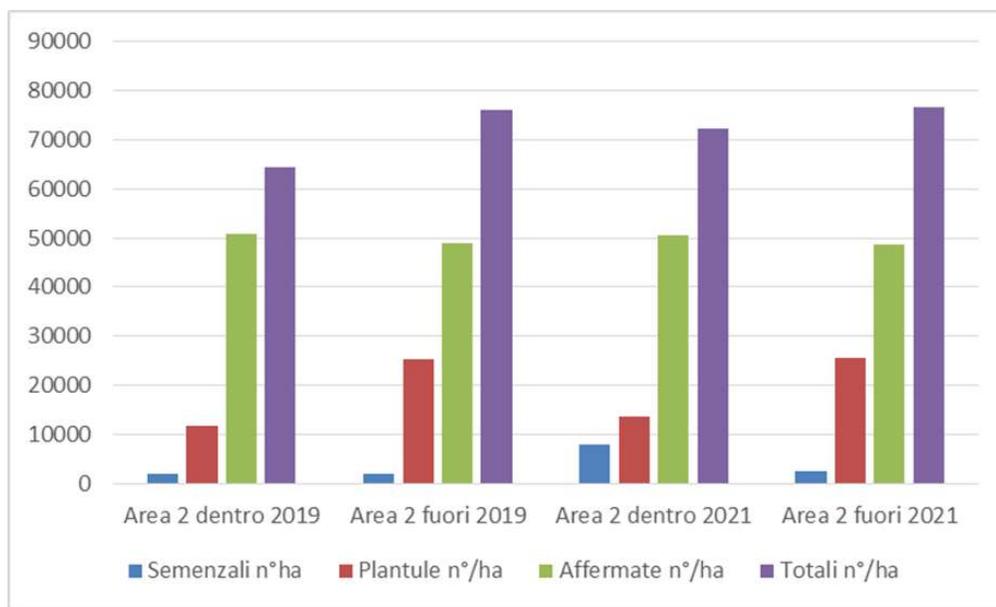


Figura 17: Confronti grafici fra la situazione interna (D) ed esterna (F) alle chiudende dell'area 2, con copertura forestale più uniforme.

Questi risultati, seppur in un range temporale molto limitato, mostrano che apparentemente non è osservabile un impatto sulla rinnovazione legato al pascolo degli ungulati selvatici. Anche a livello statistico, nel 2021 non risultano evidenziati impatti certi imputabili agli ungulati. È interessante notare come nel 2019 quasi tutta la rinnovazione si trovi già in stadi evoluti (plantule e affermate), ma nel 2021 si sia registrato anche un aumento di semenzali.

Per entrambe le aree un effettivo depauperamento della rinnovazione arborea a carico degli ungulati non sembra essere inquadrabile; tuttavia, si denota un leggero peggioramento qualitativo della rinnovazione esternamente alle chiudende. Questo è evidenziabile valutando l'altezza media e massima della rinnovazione affermata.

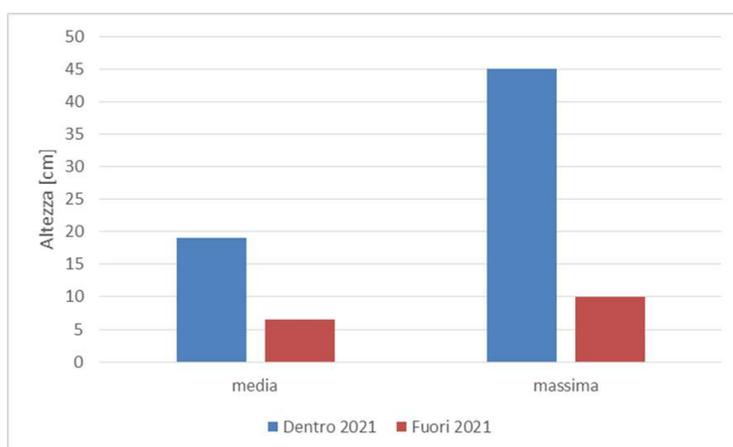


Figura 18: Altezza media e massima della rinnovazione arborea dentro e fuori dalle chiudende per l'area 1, maggiormente diradata.

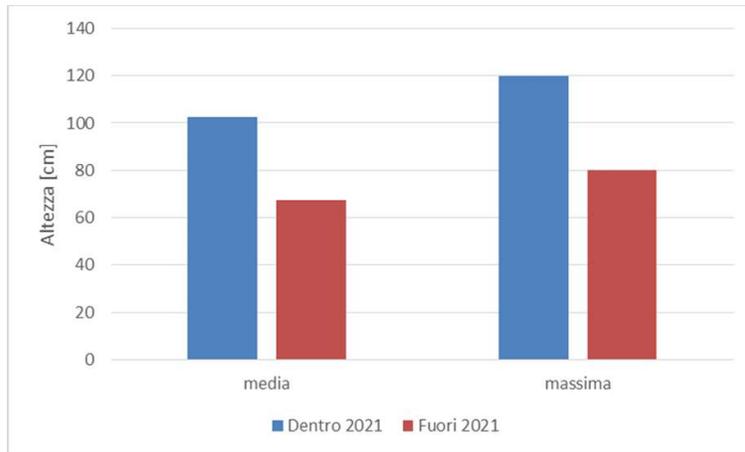


Figura 19: Altezza media e massima della rinnovazione arborea dentro e fuori dalle chiudende per l'area 2, con copertura forestale più uniforme.

### Analisi fisiche, chimiche e biologiche del suolo

Le analisi fisiche effettuate sul suolo (densità bulk, penetrometria e scissometria) mostrano un andamento abbastanza omogeneo. Nel 2019, in generale, per tutte e tre le variabili si hanno valori superiori al di fuori della recinzione rispetto che all'interno. Nel 2021 la tendenza rimane molto simile ma i valori di penetrometria e scissometria risultano sensibilmente minori, valori sicuramente influenzati dalla stagione estremamente secca rispetto alle stagioni precedenti. Nel complesso è possibile evidenziare una chiara differenza tra l'interno e l'esterno delle chiudende solo per le analisi scissometriche e penetrometriche, evidenziando quindi un possibile impatto di costipazione solo a carico dei primissimi centimetri di suolo (<3 cm).

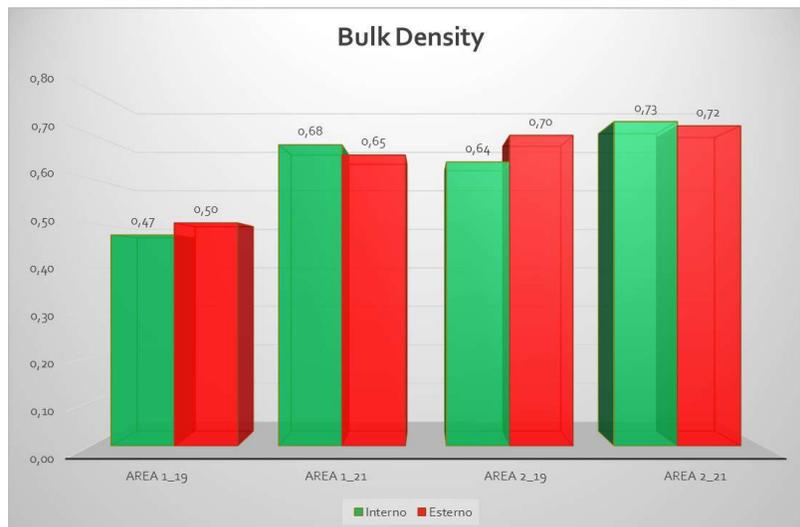


Figura 20: Densità bulk dentro e fuori dalle chiudende per entrambe le aree.

Le analisi chimiche e biologiche effettuate sul suolo (percentuale di sostanza organica e indice QBS-ar) mostrano un andamento abbastanza omogeneo. Nel 2019, in generale, per tutte e due le variabili in entrambe le aree si hanno valori inferiori al di

fuori della recinzione rispetto che all'interno di questa. Nel 2021 la tendenza rimane molto simile ma le differenze tra interno ed esterno si attenuano notevolmente.

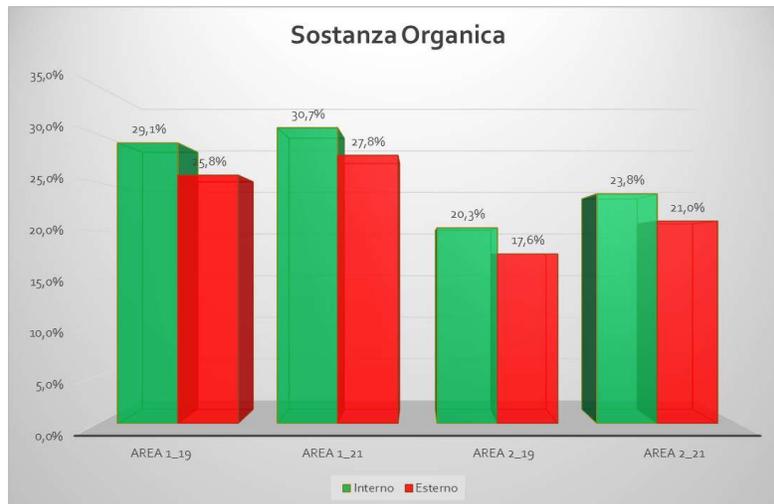


Figura 21: QBS-ar dentro e fuori dalle chiudende per entrambe le aree.

Infine, è importante sottolineare come nell'ambito di Cambio Piano, in sinergia con il progetto Horizon 2020 PASIFIC – AIMSUSFOR, siano state anche effettuate valutazioni degli effetti delle utilizzazioni forestali sulle caratteristiche del suolo. In particolare sono state prese in considerazione come opzioni per l'esbosco meccanizzato il forwarder e lo skidder munito di verricello forestale e sono state analizzate le caratteristiche del suolo nella stagione silvana successiva all'intervento e (AM22) e dopo dieci anni dall'intervento (AM12). I risultati preliminari scaturiti da analisi statistiche di tipo non parametrico (nMDS) sono riportati in Figura 22.

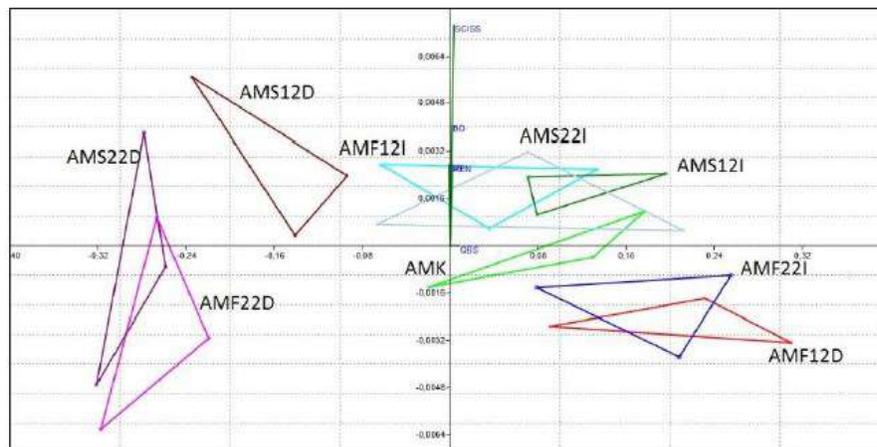


Figura 22: nMDS riferita alle analisi di disturbo al suolo di natura fisica, chimica e biologica. L'asse 1 esplica il 96,8% della varianza. AMK -area controllo; AMF12 – forwarding anno utilizzazione 2012; AMF22 – forwarding anno utilizzazione 2022; AMS12 – skidding anno utilizzazione 2012; AMS22 – skidding anno utilizzazione 2022.

### Fase 3. Realizzazione progettuale e sperimentazione funzionale del prototipo e verifica con validazione del sistema

Questa fase è la parte centrale del progetto che prevede la realizzazione del prototipo di piano, la verifica e la sua validazione, attraverso prove di cantiere e test. In dettaglio si è articolata in 4 azioni.



Figura 23: Attività sperimentale di carbonizzazione vegetale

### **Azione 3.8 – Fornitura personale e test per l'applicazione del modello. CTM**

La CTM S.r.l., secondo le norme del Regolamento Forestale della Toscana, in tempi e stagioni differenti ha realizzato vari test di utilizzazione forestale. Le prove hanno riguardato in particolare l'allestimento del materiale legnoso, il concentramento e l'esbosco. Per quanto riguarda le prime prove del progetto, queste sono state condotte nei boschi messi a disposizione del Consorzio Forestale dell'Amiata. L'azienda ha messo a disposizione del personale dipendente (operai forestali a tempo determinato) impiegato per realizzare alcune prime azioni previste dall'Università della Tuscia – DAFNE. La prima attività messa a punto è stata quella della carbonizzazione dei residui di taglio, realizzata nella tarda primavera del 2021. Gli altri test previsti sono stati condotti nella stagione silvana 2021-2022. In particolare, sono state effettuate analisi, individuazioni di aree e test di utilizzazione, allestimento, concentramento ed esbosco, secondo i dettami dell'ente di ricerca. Per le operazioni necessarie al corretto svolgimento dei test, l'azienda ha preso a noleggio un'attrezzatura specifica di cui era sprovvisto. Tale macchinario è un escavatore cingolato completo di benna scavo e di pinza selezionatrice.



Figura 24: Prodotto finito della carbonizzazione vegetale



Figura 25: Attività di carbonizzazione vegetale

### **Azione 3.9 – Fornitura personale e test per l'applicazione del modello. SILVA**

La Cooperativa Agricola Silva ha provveduto in tempi e stagioni differenti (coerenti con quanto previsto dal Regolamento Forestale della Toscana) alla realizzazione di test di utilizzazioni forestali. Per quanto riguarda le prove del progetto, queste sono state condotte nei boschi in possesso all'impresa e in altri ritenuti idonei e messi a disposizione del Consorzio Forestale dell'Amiata e sono state riportate a collaudo le localizzazioni delle superfici utilizzate nei test con le relative caratteristiche stazionali e vegetazionali delle aree e con specifiche schede relative allo stato sanitario e colturale dei boschi.

### **Azione 3.10 - Verifica di tutte le funzionalità e collaudo del modello di piano con valutazione dei risultati ottenuti e revisione progettuale. CONSORZIO FORESTALE AMIATA**

Al termine delle diverse azioni previste, il Consorzio avvalendosi dei propri collaboratori e della consulenza esterna di tecnici, ha verificato tutte le funzionalità del piano, con il collaudo completo del modello di pianificazione realizzato. Il consorzio ha validato i risultati di prodotto ottenuto.

### **Azione 3.11 - Supporto alla realizzazione del modello di piano e validazione dei risultati ottenuti. UNITUS - DAFNE**

Il Gruppo di lavoro dell'UNITUS - DAFNE in base a quanto appreso nelle prove sperimentali condotte nell'ambito di altri progetti da questo gruppo di lavoro, a quanto emerso dalle ricerche bibliografiche e dalle indagini dell'attuazione dell'azione progettuale precedente, in sinergia con le ditte esecutrici dei test forestali ed il progettista incaricato dal Consorzio Forestale dell'Amiata, ha fornito il supporto necessario all'ottenimento degli obiettivi prefissati, svolgendo un'azione sinergica di trasferimento di *know how* e formazione. Inoltre, il modello di piano di gestione è stato sottoposto a validazione e alla sua messa a punto, attraverso test e prove da porre in confronto con quanto realizzato in altri progetti. Le prove di riferimento soprattutto per il confronto del piano prodotto sono state ottemperate in base a quanto stabilito dalla normativa tecnica e di legge di riferimento.

Sono inoltre state sviluppate delle idee e proposte per future ulteriori migliorie nell'ambito della gestione forestale sostenibile, queste possono essere così schematizzate:

- Con la disponibilità di un DEM a più alta risoluzione (1-2 m) sviluppato con tecnologia LiDAR è possibile sviluppare delle mappe di trafficabilità. Grazie a questi strumenti è possibile individuare zone particolarmente sensibili al compattamento e, sempre applicando il prima menzionato plugin Forest Road Network, escluderle dal passaggio dei mezzi meccanici (Figura 26);
- Nel caso siano presenti all'interno dell'area coperta dal piano di assestamento alcune zone soggette ad un carico di ungulati particolarmente elevato, mediante tecnologia GIS è possibile identificare e mappare queste zone e dopo l'intervento forestale nelle suddette particelle si possono implementare tecnologie di *geofencing* con segnali acustici per allontanare gli animali selvatici (Figura 27)

- L'identificazione preliminare della rete viabile forestale necessaria all'intervento facilita anche l'applicazione di un'ulteriore buona pratica molto importante ed efficace, vale a dire l'utilizzo dei residui come rami e cimali per la protezione delle piste, andando così a limitare il grado di compattamento (Figura 28)
- È importante integrare sin dalla fase di redazione dei piani di assestamento la gestione della fruizione turistica del bosco, ad esempio pianificando anche la rotazione delle piste da downhill in conformità con gli interventi previsti nel piano di assestamento

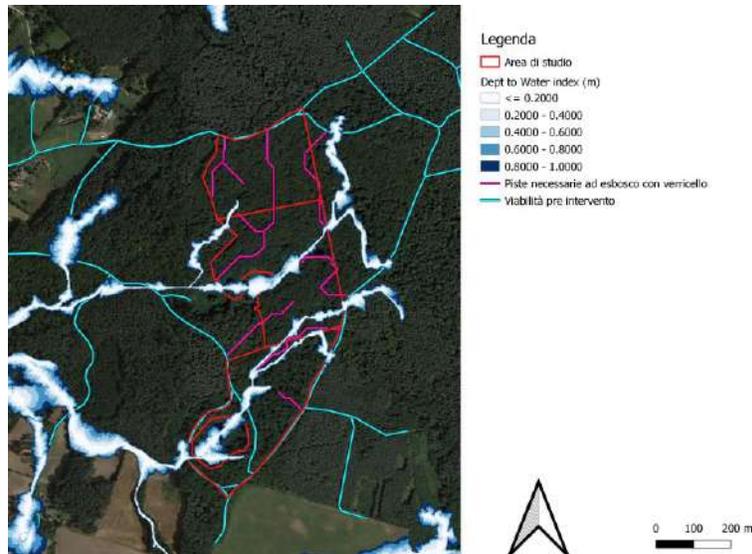


Figura 26: esempio di mappa di trafficabilità sviluppata mediante algoritmo Depth-to-Water.

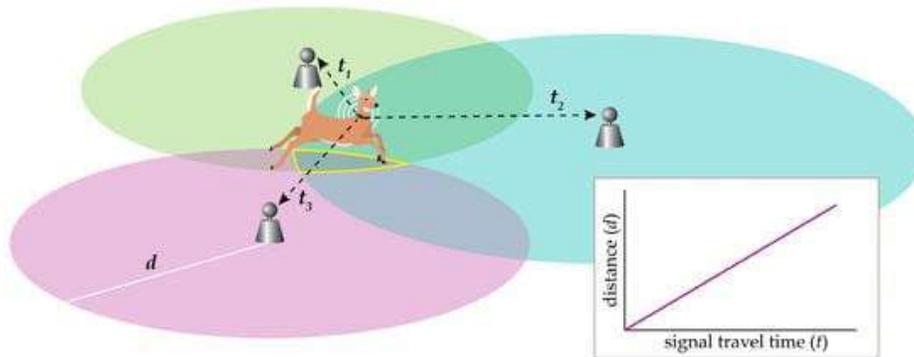


Figura 27: schematizzazione del *geofencing* applicato alla gestione forestale.



Figura 28: utilizzo dei residui per la diminuzione del compattamento legato al passaggio dei mezzi meccanici.

In sinergia con lo sviluppo del piano mirato al focus gestione forestale è stato condotto anche il monitoraggio degli animali selvatici. Il monitoraggio degli animali selvatici è fondamentale per migliorare le strategie di gestione di specie vulnerabili o per limitare quelle problematiche. Negli ultimi decenni, l'espansione demografica e distributiva degli ungulati selvatici, dovuta principalmente all'abbandono delle aree montane e all'istaurarsi delle relative successioni forestali secondarie, ha determinato una intensificazione delle interazioni problematiche con le attività antropiche e con gli ecosistemi. Inoltre, solo a partire dalla seconda metà del XX secolo sono stati presi in considerazione gli impatti degli ungulati selvatici sulle foreste; mentre diversi studi si sono concentrati sull'impatto degli ungulati a carico dei sistemi agricoli, la conoscenza del loro ruolo di antagonisti delle dinamiche di rinnovazione forestale risulta parziale ed incompleta. È stato osservato che gli ungulati, a seconda del loro comportamento alimentare, sono in grado di influenzare la rinnovazione, la struttura ed il funzionamento della foresta. Pertanto, la loro abbondanza dovrebbe essere presa in seria considerazione in fase di redazione dei Piani di Gestione e Assestamento Forestale (PGAF). In una recente ricerca, in cui sono stati analizzati i dati di altri 164 studi di settore disponibili, è stato dimostrato che all'aumentare dell'abbondanza di ungulati all'interno delle foreste aumentano gli impatti negativi sulle stesse. Dato che ciascuna specie, in funzione dello specifico comportamento alimentare, è in grado di incidere in modi e tempi diversi sulla rinnovazione forestale (prelievo alimentare di faggiola o brucatura a carico di semenzale e novellame), la scelta corretta del periodo in cui eseguire i conteggi di ciascuna specie risulta fondamentale. I metodi tradizionali utilizzati per la determinazione di indici di abbondanza o per la stima delle densità di popolazione, si basano su conteggi diretti degli animali e richiedono un grande sforzo sia organizzativo sia operativo, prevedendo la partecipazione di un gran numero di rilevatori la cui presenza contemporanea può, tra l'altro, influenzare la probabilità di rilevamento con il rischio di risultati distorti. Un metodo alternativo per contare gli animali selvatici è rappresentato dal trappolaggio fotografico (Camera Trapping - CT). In questa

relazione vengono presentati i risultati dei tre anni di rilevamenti faunistici svolti, mediante fototrappolaggio, nell'ambito di un progetto poliennale teso a valutare l'eventuale relazione esistente tra abbondanza stagionale di ungulati selvatici e tasso di rigenerazione della foresta di faggio (*Fagus sylvatica* L.) in un'area interdotta alla caccia.

Gli obiettivi specifici di questa indagine che ha previsto l'impiego delle foto-trappole sono:

- mettere a punto un protocollo di monitoraggio facilmente replicabile in ambiente forestale;
- valutare l'abbondanza relativa (indici di abbondanza) e stimare la densità (n° capi/100 ha) stagionale (autunno ed estate) di cinghiali (*Sus scrofa*) e caprioli (*Capreolus capreolus*);
- individuare i momenti di massima presenza per ciascuna specie;
- valutare, a scala locale, l'effetto cumulato delle popolazioni di ungulati sulla rinnovazione forestale.

L'area oggetto di studio si focalizza su un elevato lembo del monte Amiata grossetano e si estende su una superficie di circa 600 ha con un range altitudinale compreso tra i 1100 e 1700 metri s.l.m. L'area si colloca nella fascia fitoclimatica del Fagetum ed è caratterizzata da una copertura forestale composta per il 95,48 % da faggio.

La faggeta è governata a fustaia ed è utilizzata per la produzione di legname da opera. L'area è integralmente interdotta all'attività venatoria e secondo la legge regionale n. 3/1994 è identificata come Oasi di protezione della fauna.

Per definire la localizzazione delle foto-trappole (CTs) è stato utilizzato un metodo di campionamento stratificato, che tenesse conto della tipologia e densità di copertura forestale.

In particolare, con gli strati informativi disponibili è stato possibile operare una suddivisione in tre Classi di copertura forestale (Fig. 29) considerando:

- ✓ la tipologia del soprassuolo;
- ✓ il grado di copertura del suolo (>60% o <60%) in funzione della densità (n piante ad ha), età ed intervento selvicolturale effettuato.

All'area di studio così classificata è stata sovrapposta una rete (fishnet) di rilevamento con maglie di 1,5 x 1,5 km, ed è stato scelto il plot che copriva in maniera più rappresentativa le tre Classi. L'unità di rilevamento selezionata è stata a sua volta suddivisa in nove maglie all'interno delle quali sono state inserite causalmente le 9 CTs. In conclusione, le CTs sono risultate allocate tra le tre Classi di copertura forestale proporzionalmente alla loro incidenza (%).

Con l'intento di valutare le eventuali relazioni esistenti, a scala locale, tra abbondanza relativa (TR) delle due specie e rinnovazione forestale, 4 foto-trappole sono state collocate, con approccio opportunistico, in prossimità di 4 chiudende (Fig. 30) realizzate all'interno dell'area di studio ed orientate in modo da rilevare tutte le presenze faunistiche nel loro intorno.

Le CTs (MultiPIR-12), aventi un raggio  $r$  di rilevamento pari a 5,41 m ed un angolo  $\theta$  di 1,13 radianti, sono state collocate su elementi naturali (tronchi) a 30-50 cm dal suolo (Fig. 30). Si precisa che sia  $r$  che  $\theta$  di alcune CT sono stati determinati mediante test in campo.

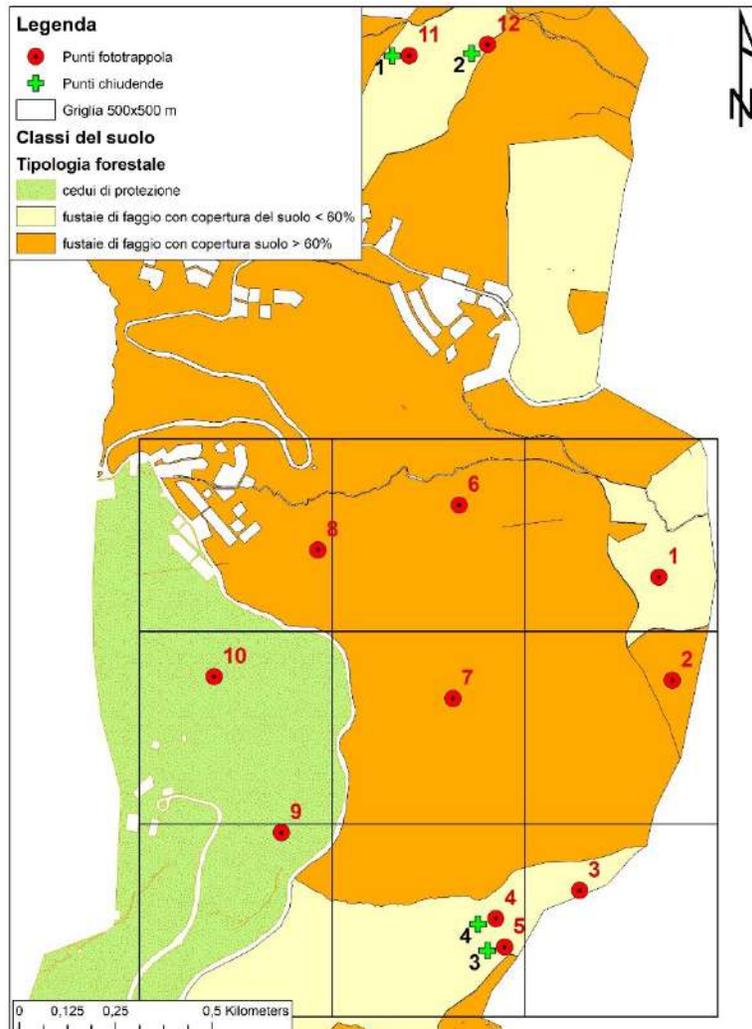


Figura 29: Mappa del posizionamento delle fototrappole in rosso (1-12) e delle chiudende in verde denominate 1,2,3 e 4.

Per la determinazione dell'abbondanza relativa (indice di abbondanza) e per la stima di densità (n° capi/100 ha) di caprioli e cinghiali è stato impiegato il fototrappolaggio (CT).

Attualmente, sono state svolte sei sessioni di CT di circa 30 gg ciascuna salvo restrizioni imposte dalle misure Governative di contrasto alla pandemia di Covid-19.

Le fototrappole presentano capacità di osservazione (cattura fotografica) costante e consentono di eseguire il conteggio degli animali sia di giorno sia di notte, in qualsiasi condizione meteorologica e in contesti ambientali in cui l'osservazione diretta sarebbe molto difficile.

Per la determinazione dell'abbondanza relativa, i dati rilevati mediante CT sono stati analizzati conformemente a quanto descritto da Rovero e Marshall [11]. Come suggerito da questi autori, l'indice che si è deciso di utilizzare per descrivere l'abbondanza relativa delle due specie è il tasso di cattura fotografica (Trapping Rate = TR) calcolato come rapporto tra eventi fotografici indipendenti (y) e sforzo di rilevamento totale (t = giorni effettivi di rilevamento) successivamente moltiplicato per 100:

$$TR = \frac{y}{t} \times 100.$$

Considerato che, come spesso si rileva in aree non soggette ad intenso disturbo antropico/venatorio, le specie target sono risultate attive sia di notte sia di giorno, lo sforzo di rilevamento giornaliero è stato considerato pari a 24 ore per ogni CT; quindi, t è stato calcolato come segue:

$$t = \frac{n^{\circ} \text{ fototrappole} \times \text{ore di rilevamento}}{24 \text{ ore}}.$$

Per la stima dell'abbondanza assoluta (consistenza = n° totale di individui), nel caso di specie che presentano tratti morfologici utili a riconoscere individualmente gli animali osservati (fotografati), ai dati acquisiti mediante CT si applica, tradizionalmente, il metodo della "cattura-marcatura-ricattura" proposto da Petersen (1896). Questo metodo si fonda sull'assunto che se gli individui catturati e marcati (N1) sono liberi di rimescolarsi con quelli non marcati della popolazione oggetto di studio, la proporzione tra numero di individui marcati ed il numero complessivo di quelli che la compongono (N = consistenza) corrisponde a quella esistente tra un secondo campione casuale di individui (N2) ed il numero di quelli che, tra questi, risultano precedentemente marcati e riavvistati (M). La stima di consistenza (N) si ottiene come di seguito descritto:

$$N = (N1/M) \times N2.$$

Dato che, nella fattispecie in esame, le specie di interesse non presentano tratti distintivi che garantiscano l'applicazione del metodo sopra descritto è stato necessario far riferimento a recenti modelli matematici che consentono di stimare la densità di popolazione (D) a partire dalle immagini ottenute mediante CT senza necessità di riconoscimento individuale. Tra questi metodi, il Random Encounter Model (REM), che si basa sulla teoria cinetica dei gas, è stato testato con successo nella stima della densità dei cinghiali. Il REM ridimensiona linearmente il tasso di cattura (y/t) alla densità di popolazione (D) considerando due variabili biologiche principali, la dimensione media del gruppo (AGS) ed il tasso di movimento giornaliero (DR: km percorsi in un giorno), e due parametri della telecamera, raggio di rilevamento (r) e angolo ( $\theta$ ):

$$D = \frac{y}{t} \times \frac{\pi}{DR \times r \times (2 + \theta)}.$$

La principale difficoltà in questo metodo sta nel determinare il DR, che viene calcolato a partire dalla velocità (v) media con cui gli animali attraversano il campo visivo della fototrappola. Per rilevare la velocità (v = m/s), parametro necessario a calcolare il

tasso di movimento giornaliero ( $DR = \text{km/giorno}$ ), è stato necessario costruire un sistema di riferimento all'interno del campo visivo delle foto-trappole (Fig. 30) misurando le distanze da e tra tronchi, pietre ed altri elementi del paesaggio non suscettibili di modificazioni a breve termine (tronchi, pietre ecc.). Questo è stato successivamente ricostruito su planimetria per la successiva fase di valutazione critica del materiale fotografico ed elaborazione dei dati.

L'area minima certa di rilevamento delle foto-trappole è stata calcolata mediante test sul campo e standardizzata in  $16,6 \text{ m}^2$ .

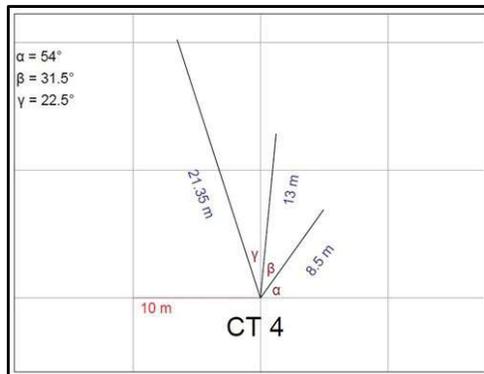


Figura 30: Esempio di sistema di riferimento ricostruito nel campo visivo di ciascuna CTs per il calcolo di  $v$  (m/s) mediante determinazione delle distanze percorse e del tempo impiegato.

Per ciascuna annualità sono stati definiti 4 sottoinsiemi di specie-stagione su cui valutare l'abbondanza relativa (TR) e stimare la densità (D):

- ✓ Cap-E capriolo in periodo estivo;
- ✓ Cap-A capriolo in periodo autunnale;
- ✓ Cin-E cinghiale in periodo estivo;
- ✓ Cin-A cinghiale in periodo autunnale.

Una volta individuati i momenti di massimo carico specie specifico (estate per il capriolo ed autunno per il cinghiale) i valori di densità sono stati utilizzati per stimare le consistenze numeriche ed i contatti fotografici sono stati utilizzati per descrivere la struttura delle due popolazioni.

Per stimare la consistenza delle popolazioni di caprioli e cinghiali, il dato di densità ( $n^\circ \text{ capi}/100 \text{ ha}$ ) è stato rapportato alla superficie totale studiata in modo da ottenere per entrambe le specie il numero dei capi su una superficie pari a circa 600 ha. Per determinare la struttura di popolazione delle due specie, in base alla distribuzione delle classi di età e al sesso, gli animali sono stati classificati attraverso l'osservazione delle immagini e dei relativi video. In questo modo è stato possibile determinare il sesso degli individui valutando dei caratteri distintivi come la struttura del corpo, colorazione del mantello, stato di muta, i genitali, lo specchio anale e la valutazione del ciclo, struttura e conformazione dei palchi. Infine, gli animali sono stati classificati come giovani se mostravano un'età inferiore all'anno e sub-adulti/adulti se mostravano invece un'età superiore all'anno.

Per calcolare il carico di ungulati selvatici in termini di Unità Animale (UA) è stato necessario determinare il peso metabolico cumulato di entrambe le specie.

Il peso metabolico corrisponde al peso dell'animale espresso in kg elevato a 0,75 (Peso metabolico= Peso animale (kg)<sup>0,75</sup>). In base alla percentuale della struttura di popolazione, per poter calcolare il peso metabolico cumulato è stato attribuito:

- per i cinghiali superiori ad un anno di età un peso medio di 80 kg per i maschi, 60 kg per le femmine e 25 kg per i giovani con meno di un anno;
- per i caprioli superiori ad un anno di età un peso medio di 24,5 kg per i maschi, 22,5 kg per le femmine e 14 kg per i giovani con meno di un anno di età.

Una volta determinato il peso metabolico cumulato è stato calcolato il carico di ungulati selvatici UA dividendo il peso metabolico (kg<sup>0,75</sup>) per 105,7.

$$UA = \frac{\text{Peso metabolico}}{105,7}$$

Sebbene la compilazione di una check list delle specie faunistiche presenti nell'area di studio non fosse tra gli obiettivi specifici della presente indagine, si riporta di seguito una tabella di sintesi delle osservazioni (Tab 1), indicando, per ciascuna specie, il numero di catture fotografiche (eventi) ottenute durante ciascuna sessione e l'identificativo delle foto-trappole (CT n°) che hanno catturato le rispettive immagini. Dalla Fig., in cui sono indicate le localizzazioni delle singole foto-trappole, è quindi possibile risalire ai quadranti in cui è stata accertata la presenza di ciascuna specie.

Non si riportano le osservazioni di cinghiali e caprioli per i quali dati esaustivi e completi vengono forniti nei paragrafi successivi.

Tabella 3. Check list delle specie rilevate negli anni 2019, 2020, 2021. In tabella si possono osservare i numeri di rilevamento degli animali rispetto alle foto-trappole (CTs). \* Segnalazione diretta - In prossimità della CT n° 2 sono stati avvistati 2 lupi durante l'attività di controllo delle fototrappole.

	<b>SPECIE FOTOGRAFATE</b>							
	<i>Vulpes vulpes</i>	<i>Martes martes</i>	<i>Felis silvestris</i>	<i>Hystrix christata</i>	<i>Canis lupus</i>	<i>Lepus spp.</i>	<i>Meles meles</i>	<i>Dendrocopos major</i>
<b>N° eventi</b>	60	10	3	10	2	28	14	3
<b>CT n°</b>	1; 2; 5; 4; 7; 8; 10, 11	3; 5; 8; 7; 10	1;8	1; 2; 3; 5; 7	6;2*	1; 4; 5; 7; 8; 10, 11; 12	1; 3; 6; 8	7; 8

Complessivamente, non si rileva un effetto significativo degli anni sull'abbondanza relativa (TR) delle due specie (p= 0,072). Tuttavia, è possibile osservare come, a differenza del 2019 e 2021, nel 2020 (Fig. 31) gli indici di abbondanza tenderebbero ad aumentare per il capriolo e a diminuire per il cinghiale.

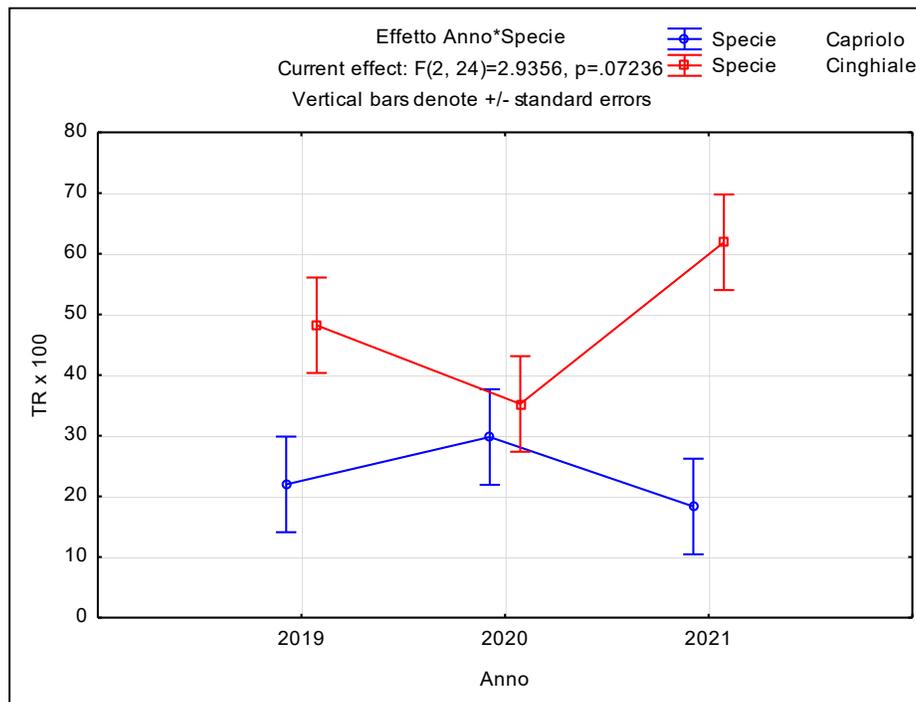


Figura 31: Effetto del fattore anno sull'abbondanza relativa (TR) delle due specie (cinghiale e capriolo).

A tal proposito va detto che nell'anno 2020, a causa delle misure restrittive anti-Covid, la sessione di rilevamento autunnale è stata iniziata nel mese di ottobre, quando l'assenza di precipitazione nevose non aveva ancora innescato gli spostamenti altitudinale tipici del capriolo (verso quote inferiori) e l'assenza della caccia in braccata non aveva ancora indotto il c.d. «effetto rifugio» indicendo eventuali fenomeni aggregativi all'interno delle aree interdette alla caccia.

I risultati hanno invece consentito di rilevare variazioni stagionali molto significative ( $p \leq 0,001$ ) dell'abbondanza delle due specie che hanno inoltre mostrato un andamento inverso. Il capriolo, brucatore selettivo, aumenta la sua presenza in faggeta durante i mesi estivi. Diversamente, il cinghiale, consumatore di ghianda e faggiola, risulta molto più abbondante in autunno quando, probabilmente per effetto del disturbo venatorio, si sposta, temporaneamente, verso aree di rifugio interdette alla caccia limitando i movimenti all'esterno di queste.

Considerato che i cinghiali normalmente prediligono i boschi di castagno e cerro rispetto alle faggete che producono frutti più piccoli e una biomassa di semi complessivamente inferiore, nella fattispecie in esame sembrerebbe che il disturbo dell'attività venatoria all'esterno dell'area di protezione, possa essere il principale fattore determinante la concentrazione autunnale di cinghiali all'interno della faggeta. Per confermare tale ipotesi, si ritiene opportuno estendere l'indagine anche all'esterno dell'attuale area di studio, interessando, con approccio d'area vasta, tipologie boschive diverse sia per composizione sia per gestione facendo in modo di includere anche settori soggetti a disturbo venatorio diretto. Confrontando i dati i

valori di TR di entrambe le specie sembrano, almeno graficamente (Fig. 33), seguire una stratificazione condizionata dalla tipologia di copertura forestale mostrando valori più alti nella macroclasse c) dei c.d. “cedui di protezione”, intermedi nella b) delle “fustaie di faggio con copertura del suolo < 60%” e più bassi nella a) delle “fustaie di faggio con copertura del suolo >60%”, e l’analisi della varianza confermerebbe la significatività statistica ( $F = 4,282$ ;  $p = 0,018$ ).

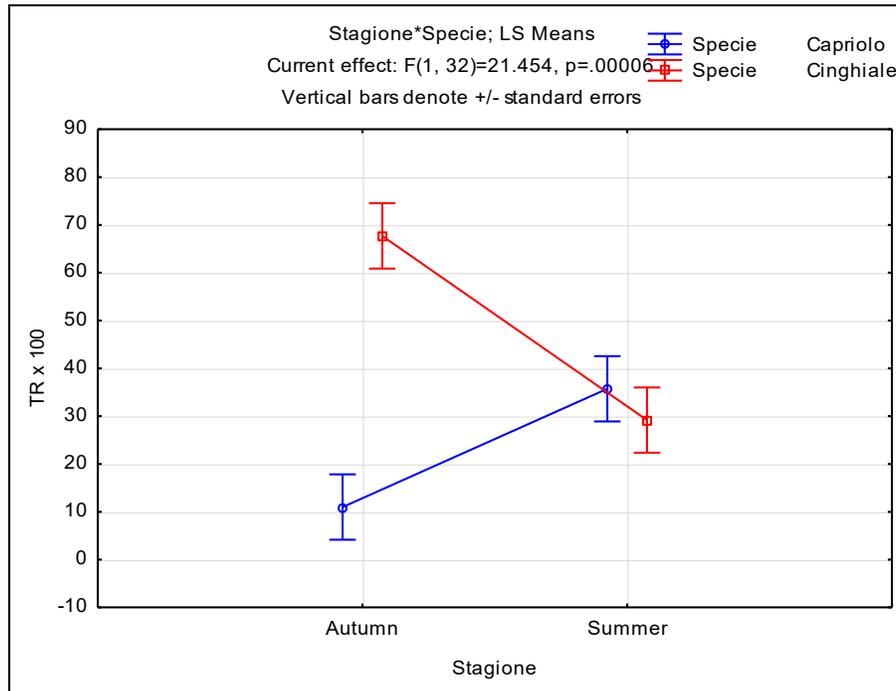


Figura 32: Tendenza stagionale inversa dell’abbondanza relativa (TR) delle due specie (capriolo e cinghiale).

Sebbene per il capriolo tale risultato non risulterebbe essere confermato, per il cinghiale invece, il test LSD di Fischer mostra delle differenze statisticamente significative con valori di  $p=0,000$  sia tra la tipologia c e b sia tra c e a.

Anche l’interazione tra copertura forestale e stagione risulta produrre effetti statisticamente significativi sull’abbondanza della specie cinghiale ( $F= 3,460$ ;  $p = 0,038$ ) (Fig. 34). Mentre il capriolo sembra mostrare una stratificazione costante tra le tre classi, il cinghiale in autunno mostra una netta preferenza per la classe c rispetto alle altre tipologie di copertura forestale (Fig. 34). Anche dai confronti a coppia (LSD - Fischer) emergono differenze statisticamente significative tra la classe c e le classi a e b con valori di  $p=0,000$ .

Data la significatività statistica degli effetti analizzati, le differenze osservate per il cinghiale potrebbero dipendere dal reale effetto del fattore “copertura forestale”, tuttavia per il capriolo si dovrebbero considerare altri fattori stocastici o comunque non valutabili allo stato attuale delle conoscenze.

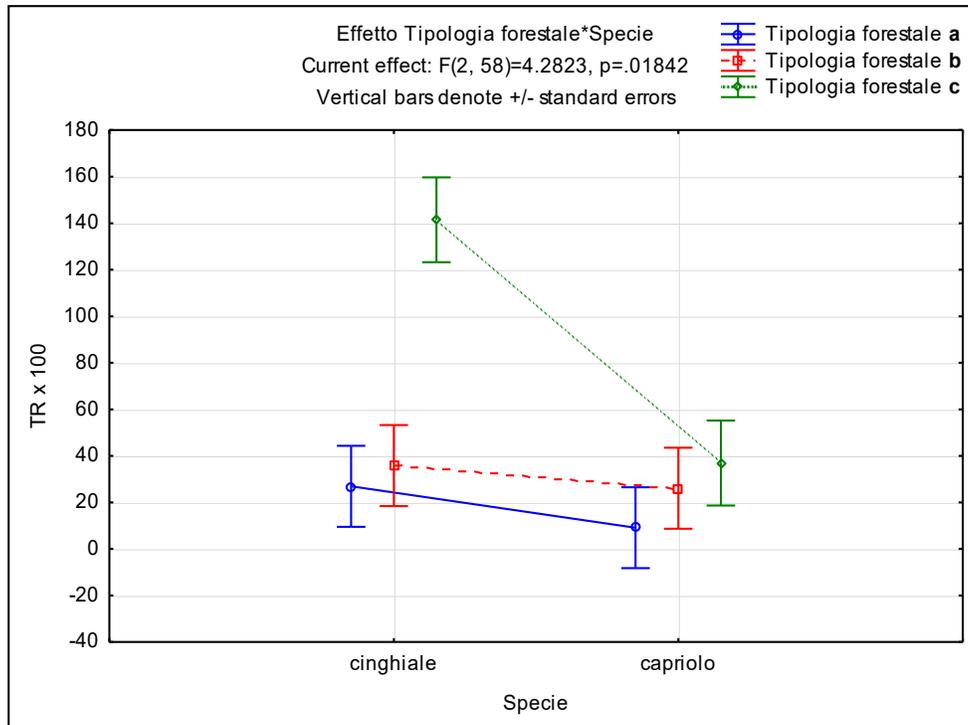


Figura 33: Effetto della tipologia di copertura forestale sull'andamento dell'abbondanza relativa (TR) per le specie capriolo e cinghiale.

La classe c sembrerebbe rappresentare per il cinghiale una zona di rimessa. L'area tra le due fototrappole installate per la tipologia c è caratterizzata sia da una forte pendenza (75 % c.a.) sia dalla presenza di massi di varie dimensioni di origine vulcanica (Fig. 34). Inoltre, era solito incontrare i cinghiali durante il controllo/ritiro delle fototrappole (Fig. 35). In caso di annate molto fredde e precipitazioni meteoriche significative i massi potrebbero avere un importante ruolo di rifugio termico. Nel 2021 si è assistito ad un brusco calo termico con forte accumulo di neve già a partire dalla terza decade di novembre. Tuttavia, non si dispongono dei dati di abbondanza di altre annualità rispetto al triennio di riferimento per confrontare i TR. Quindi, sebbene i dati disponibili suggeriscano una stratificazione delle abbondanze di ungulati (Fig. 33 e 34), questi non consentono ancora di operare una consapevole zonizzazione della superficie forestale in classi di rischio in funzione dell'abbondanza delle due specie utilizzatrici.

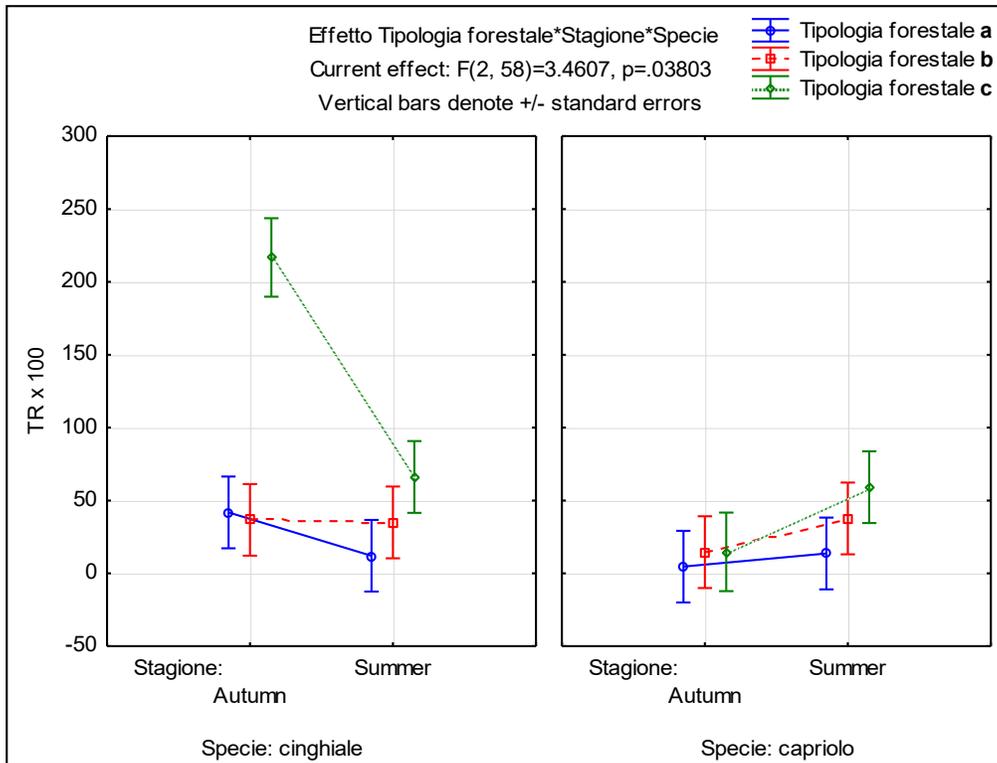


Figura 34: Variazione dell'abbondanza relativa (TR) del capriolo e del cinghiale in funzione della tipologia di copertura forestale.

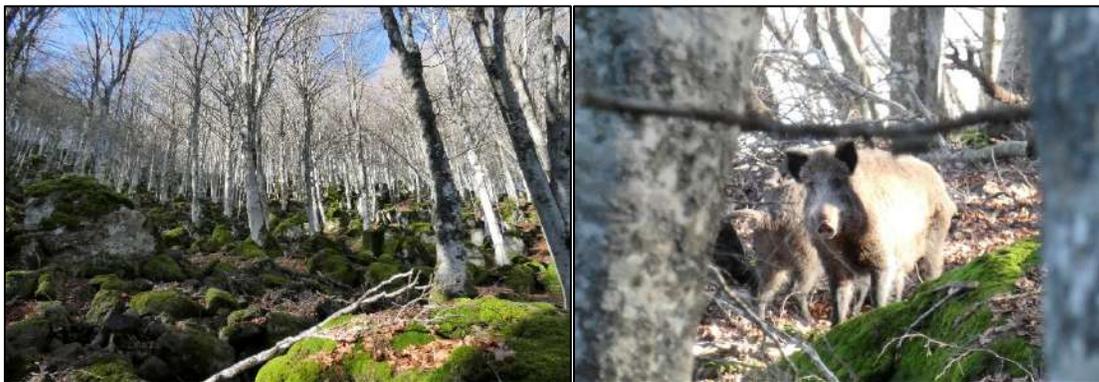


Figura 35: Tipologia di copertura forestale "Fustaie e cedui di protezione" (classe C). A sinistra dettaglio della presenza di massi di origine vulcanica mentre a destra cinghiali (*Sus scrofa*) fotografati durante le attività di controllo delle fototrappole nella tipologia forestale c.

Con l'intento di valutare l'eventuale esistenza di una relazione inversa tra abbondanza delle due principali specie utilizzatrici e tasso di rinnovazione forestale, 4 fototrappole sono state piazzate ed orientate, in modo opportunistico, in corrispondenza delle 4 chiudende precedentemente realizzate all'interno dell'area di studio dal gruppo di ricerca coordinato dal Prof. Picchio.

Complessivamente, per entrambe le specie, l'analisi della varianza non ha consentito di evidenziare, a scala locale, differenze in abbondanza statisticamente significative tra le 4 chiudende ( $F = 1,158$ ;  $p = 0,331$ ).

Negli anni le aree circostanti le 4 chiudende sembrano quindi frequentate ed utilizzate dai due ungulati in modo tendenzialmente uniforme, con l'unica eccezione rappresentata dalla chiudenda 4, che, complessivamente, sembra la meno utilizzata dalla specie capriolo.

Tuttavia, il fenomeno risulta leggermente diverso se lo si analizza separatamente tra le due stagioni (Fig. 36).

Infatti, in questo caso l'effetto di stagione e chiudende sull'abbondanza relativa delle due specie risulta statisticamente significativo ( $F = 2,878$   $p = 0,041$ ) ed emerge, soprattutto a carico della chiudenda 3, una tendenza inversa dell'abbondanza delle due specie. Dai confronti a coppie (LSD di Fischer) emergono differenze statisticamente significative dell'abbondanza relativa del cinghiale tra la stagione autunnale ed estiva della chiudenda 3 ( $p = 0,003$ ), tra l'autunno della 3 e l'autunno e l'estate sia della chiudenda 1 ( $p = 0,011$ ;  $p = 0,032$ ) che della chiudenda 2 ( $p = 0,038$ ;  $0,048$ ).

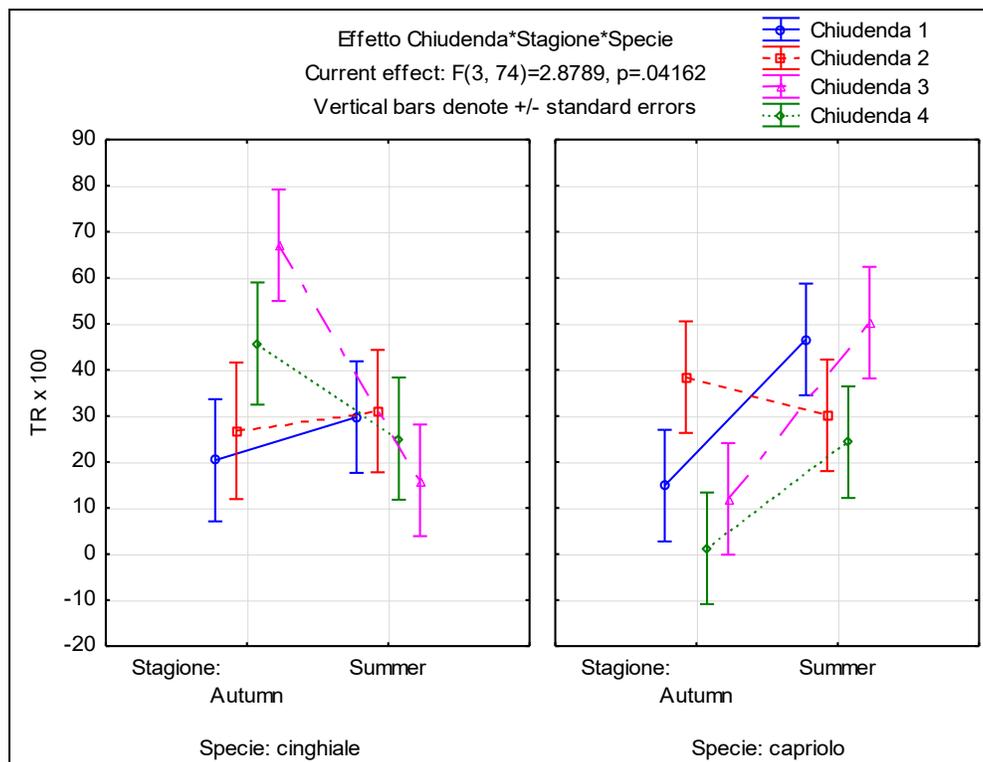


Figura 36: Effetto dell'interazione chiudenda x stagione sulla tendenza stagionale dell'abbondanza (TR) delle due specie (capriolo e cinghiale).

Complessivamente non si evidenzia un carico di ungulati diverso nell'intorno delle 4 chiudende. Quello che invece appare evidente, soprattutto in corrispondenza della chiudenda 3, è la tendenza inversa dell'abbondanza di caprioli e cinghiale già descritta a scala di intera area di studio, ovvero un sensibile aumento del carico di cinghiali in autunno e di caprioli in estate.

Le stime di densità (REM) descrivono tendenze inter-annuali e stagionali coerenti con quelle già descritte utilizzando il tasso di cattura (TR). I valori di densità di caprioli risultano sensibilmente più bassi di quelli rilevati nel Distretto di gestione denominato "Amiata" mediante conteggi diretti su aree campione eseguiti dall'ambito territoriale di caccia (ATC) territorialmente competente ma molti simili a quelli rilevati nelle foreste d'alto fusto di alcune province Alpine (1,84 – 4,34 capi/km<sup>2</sup>).

Tabella 4. Valori medi della dimensione del gruppo (AGS), del tasso di movimento (ADR), del tempo di permanenza (ART) e della densità REM (D) per ciascun sottoinsieme specie x stagione negli anni 2019, 2020 e 2021.

Stagione x specie	Variabili per la stima REM						REM		
	AGS (n°)			ADR (km/giorno)			D (animali/km <sup>2</sup> )		
	2019	2020	2020	2019	2020	2020	2019	2020	2020
Cap-E	1,0 ± 0,0	1,1±0,0	1,1±0,0	15,7 ± 1,0	12,7±0,3	23,3±3,2	3.96 (3,2-4,7)	7,3 (3,3 - 11,5)	2,4 (1,6 – 3,2)
Cap-A	1,3 ± 0,1	1,2±0,0	1,0±0,0	19,8 ± 4,3	11,7±0,7	31,1±10,5	1.264 (0,2-2,6)	2,7 (2,1 – 3,4)	0,9 (0,4 – 1,4)
Cin-E	2,3 ± 0,1	1,7±0,2	1,4±0,2	18,7 ± 0,8	22,5±4,2	30,7±0,1	5.825 (1,9-10,8)	4,3 (1,3 – 6,4)	3,7 (2,2 – 5,0)
Cin-A	2,7 ± 0,1	2,3±0,2	2,0±0,2	37,1 ± 4,0	27,4±2,5	33,6±1,6	9.931 (5,6-14,2)	7,3 (2,8 – 10,4)	8,8 (7,0 – 10,6)

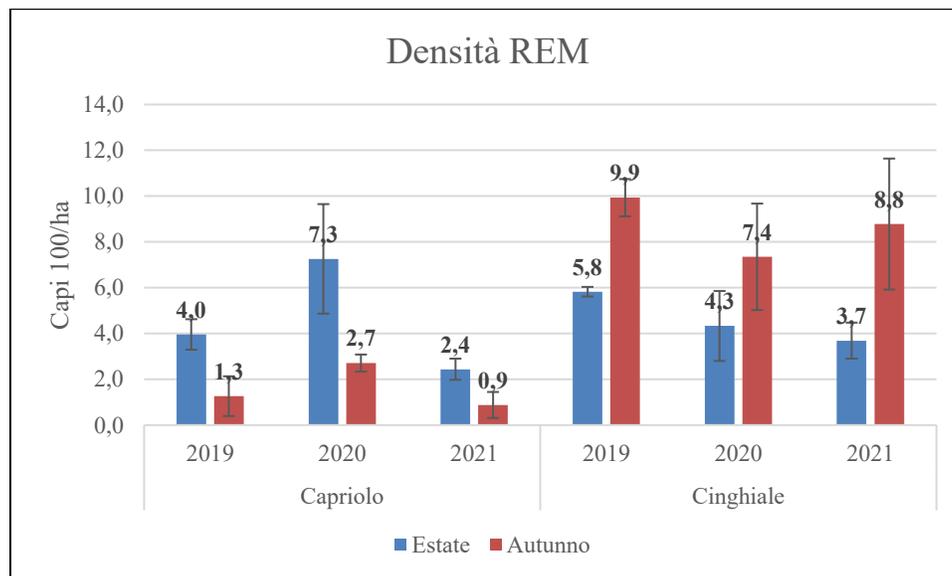


Figura 37: Valori medi della densità REM estiva ed autunnale del capriolo e del cinghiale negli anni 2019, 2020 e 2021.

Tuttavia, va detto che il distretto di gestione dell'Amiata interessa la fascia pedemontana e tipologie ambientali e forestali che per struttura, diversità e tipologia

di gestione (cedui) rappresentano ambienti certamente molto più favorevoli della foresta di faggio oggetto di studio. Inoltre, secondo un recente lavoro basato su dati di letteratura del nord America e del centro Europa ha evidenziato effetti negativi su rinnovazione, struttura e funzionalità della foresta al raggiungimento di valori critici di densità di alcune specie di ungulati selvatici: 15 caprioli/km<sup>2</sup>; 2,3 cervi/km<sup>2</sup> o 4,3 cinghiali/km<sup>2</sup>.

I valori di densità (Tab. 4 e Fig. 37) del capriolo risulterebbero sensibilmente più bassi rispetto a quelli rilevati nel Distretto di gestione denominato “Amiata”, mentre quelli del cinghiale risulterebbero prossimi a valori critici di alcune specie di ungulati selvatici riportati per il nord America e per il centro Europa.

Invece, nella tabella 5 vengono riportati il peso vivo cumulato (kg/100ha), il peso metabolico (kg) e il carico di ungulati selvatici (UA)

Tabella 5. Peso vivo (kg/100 ha) valori del peso vivo cumulato espresso in kg ogni 100 ha, Peso metabolico (kg) espresso come peso vivo elevato a 0,75, Unità Animali (n°/100 ha) espresso come numero di ungulati selvatici ogni 100 ha e ricavato dal rapporto tra il Peso metabolico e 105,7. Cap-E=capriolo nel periodo estivo; Cin-A = cinghiale nel periodo autunnale.

Stagione x specie	Peso vivo (kg/100 ha)			Peso metabolico (kg)			Unità Animali/100 ha		
	2019	2020	2020	2019	2020	2020	2019	2020	2020
Cap-E	93.1	162.5	162.5	30	45.5	45.5	0.3	0.4	0.4
Cin-A	628.1	429.8	429.8	125.5	94.4	94.4	1.2	0.9	0.9
TOTAL	628.1	592.3	592.3	139.2	120.1	120.1	1.3	1.1	1.1

Secondo altri studi per le foreste temperate, la rinnovazione forestale risulterebbe essere influenzata negativamente da pesi metabolici complessivi maggiori di 115 kg per km<sup>2</sup>, mentre la struttura per valori superiori a 141 kg per km<sup>2</sup> e la funzionalità per valori superiori a 251 kg per km<sup>2</sup>. In riferimento alla tabella 5 e con quanto riportato in altri studi i valori complessivi del peso metabolico risulterebbero essere quindi prossimi al valore critico per quanto riguarda la rinnovazione forestale e sostenibili per la struttura e la funzionalità della foresta. Tuttavia, tali valori critici sono stati determinati considerando non soltanto l'Europa centrale ma anche il Nord America.

I dati di abbondanza e peso metabolico rilevati nell'ambito della presente indagine apparirebbero ancora sostenibili sebbene, soprattutto in riferimento alla specie cinghiale, molto vicini ai valori critici riportati da altri studiosi.

Lo studio degli indici di abbondanza delle specie selvatiche, relativa (TR) o assoluta (Densità), suggeriscono valori di abbondanza significativamente più alti per il cinghiale in autunno rispetto all'inizio dell'estate, e un andamento inverso per il capriolo.

Inoltre, il trappolaggio fotografico può essere utilizzato per acquisire informazioni sulle specie faunistiche da utilizzare nell'ambito della pianificazione forestale e in riferimento alle ragioni sopra citate, il conteggio dei cinghiali dovrebbe avvenire in

autunno quando il suo significativo aumento di abbondanza può ridurre la disponibilità di semi a scala locale. Al contrario, l'abbondanza dei caprioli nella faggeta dovrebbe essere studiata in tarda primavera - inizio estate quando sembra plausibile una maggiore capacità di influenzare la sopravvivenza della rinnovazione a causa dell'attitudine al pascolo selettivo di questa specie. A tal proposito, per confermare l'ipotesi che il disturbo dell'attività venatoria all'esterno dell'area di protezione, possa essere il principale fattore determinante la concentrazione autunnale di cinghiali all'interno della faggeta si dovrebbe estendere l'indagine anche all'esterno dell'attuale area di studio con approccio d'area vasta ed includere tipologie boschive diverse sia per composizione sia per gestione e anche settori soggetti a disturbo venatorio diretto.

Infine, l'uso del peso metabolico consente di sommare quantitativamente più specie, e può essere utile nel caso di pascolo in bosco con bestiame domestico per determinare il carico animale complessivo sostenibile.

#### **Fase 4. Divulgazione dei risultati del progetto**

Questa fase è stata realizzata attraverso:

- 1) utilizzo di canali di comunicazione e divulgazione di tipo convenzionale per opera dell'ufficio stampa e dei canali del Consorzio Forestale dell'Amiata (sito web, conferenze e convegno finale a tema, materiale informativo distribuito in occasione degli eventi);
- 2) organizzazione di iniziative locali e regionali volte ad attirare l'interesse di un vasto gruppo di interlocutori interessate a temi e attività del progetto, allo scopo di fornire uno strumento concreto e operativo destinato a un pubblico tecnico, come autorità locali, associazioni e cittadini;
- 3) trasferimento effettivo delle conoscenze sviluppate ai partner del progetto, agli agricoltori della zona, alle istituzioni locali e regionali tramite pubblicazioni sulla stampa e sui media locali.

In sinergia con tutte le fasi del progetto.

#### **Azione 4.12 - Divulgazione dei risultati acquisiti e diffusione dell'innovazione e preparazione e partecipazione a convegno conclusivo. CONSORZIO FORESTALE AMIATA**

L'azione 4.12 è stata pienamente attuata nella parte finale del progetto, ma non solo. Essa ha previsto la realizzazione di materiale divulgativo e l'organizzazione di eventi e incontri volti alla diffusione dei risultati ottenuti durante il progetto. La spesa di costo in quest'azione è attribuita all'impiego di personale dipendente, che si è adoperato per l'esecuzione delle attività. Questa azione è iniziata con la fase di divulgazione dei risultati della carbonizzazione. Il personale dipendente del Consorzio Forestale dell'Amiata, impiegato, ha svolto alcune azioni volte alla diffusione dei risultati ottenuti dalla carbonizzazione con il supporto scientifico della Università della Tuscia - DAFNE. In questa azione rientra l'affidamento dato alla società di comunicazione **C&P ADVER** che si occuperà della comunicazione a mezzo stampa (comunicati stampa e conferenze stampa), pubblicazione di articoli su riviste sia a carattere locale, sia di tipo scientifico, uso dei social media e dei siti istituzionali.



Figura 29: Logo studiato per il CARBONE AMIATA

La società ha anche progettare la grafica del progetto e ideato la pagina web di progetto e le pagine social. Nel dettaglio:

- Preparazione e organizzazione di conferenze stampa di progetto (n. 3)
- Elaborazione di comunicati stampa (n. 10);
- Pubblicazione di articoli su stampa locale e social (n. 4);
- Progettazione logo e linea grafica del progetto;
- Ideazione pagina web del progetto;
- realizzazione e gestione di pagine social.

Qui sopra l'elaborazione grafica del logo del Carbone Amiata (Prototipo di prodotto del progetto CAMBIO PIANO).



Il convegno conclusivo del progetto ha avuto luogo il 25/11/2022 presso la Sala del Popolo del Comune di Santa Fiora.

### **Considerazioni conclusive**

Tale approccio integrato in una realtà forestale complessa ed in continua evoluzione come quella gestita dal Consorzio Forestale del Monte Amiata ha permesso di evidenziare criticità e punti di forza, condividendoli tra i vari portatori di interesse.

Questo indubbiamente rappresenta non solo un importante cantiere scuola ma una effettiva start up a cielo aperto.

La prototipazione della pianificazione degli interventi ha permesso inoltre di comprendere come nel medio lungo periodo queste azioni si possano ripercuotere in modo chiaramente positivo in termini economici ambientali e sociali risolvendo molto spesso problematiche ad oggi di difficile risoluzione.

Il progetto prevedeva di verificare la fattibilità di tali prototipazioni in una filiera di gestione forestale sostenibile alquanto complessa, dalle prime analisi del territorio ed i seguenti contatti aziendali, si delinea un particolare interesse a dare seguito a tale iniziativa e sul territorio non si evidenziano sostanziali limiti applicativi.