PROTOCOLLO D'INTESA
Progetto per la conservazione della biodiversità denominato: "Impatto degli ungulati sulla biodiversità dei parchi italiani"

Progetto di sistema dei Parchi Nazionali
Direttiva "Biodiversità" Prot. 5135 GAB. 11 marzo 2015
Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare

RELAZIONE FINALE

Responsabile scientifico

Prof. Alessandro Pistoia

Dicembre 2016

Premessa

L'Ente Parco nazionale delle Cinque Terre, nell'ambito della Direttiva 2015 *Biodiversità*, Protocollo 5135/GAB dell'11 marzo 2015 del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, ha partecipato all'azione di denominata "Impatto degli ungulati sulla biodiversità dei parchi italiani" che ha coinvolto gli Enti Parco nazionali.

Con l'obiettivo di sviluppare l'azione individuale del Progetto di sistema dei Parchi nazionali, l'Ente Parco nazionale delle Cinque Terre ha usufruito della collaborazione del Dipartimento di Scienze agrarie, alimentari e agroambientali (Disaaa-a) dell'Università di Pisa.

La presente relazione si riferisce allo studio compiuto nel 2016 dal gruppo di ricerca coordinato dal Prof. Alessandro Pistoia afferente al Disaaa-a con il contributo dell'Istituto per lo Studio degli Ecosistemi (CNR-ISE) del Consiglio Nazionale delle Ricerche di Pisa che ha svolto le analisi del suolo.

Gruppo di lavoro Disaaa-a

Prof. Alessandro Pistoia, responsabile scientifico
Prof.ssa Elisabetta Rossi, docente di Entomologia
Dott.ssa Piera Poli, tecnico di laboratorio
Dott. Daniele Innamorati, collaboratore esterno
Dott. Pietro Bertolotto, tesista

Collaboratori esterni CNR-ISE di Pisa

Dott.ssa Graziana Masciandaro
Dott.ssa Serena Doni
Dott.ssa Cristina Macci

Indice

1 Impatto degli ungulati selvatici sulle comunità vegetali 4

1.1 Metodologia adottata 5

1. 2 Conclusioni 8

2 Impatto del Cinghiale sulle biodiversità animali 9

3 Effetto del pascolamento degli ungulati selvatici sulla qualità del suolo 14

3.1 Metodologia di indagine 17

3.2 Risultati ottenuti 18

3.3 Conclusioni 35

4 Impatto degli ungulati sulla biodiversità dei muri a secco 38

5 Osservazioni sulla presenza del Capriolo nel Parco Nazionale delle Cinque Terre 43

1 Impatto degli ungulati selvatici sulle comunità vegetali

Gli ungulati selvatici esercitano un ruolo decisamente importante per gli equilibri degli ecosistemi e per le loro funzioni: modificano la vegetazione, il patrimonio forestale e le biocenosi in generale e quindi sulla biodiversità.

Tra gli ungulati selvatici, il Cinghiale è la specie che causa il maggiore impatto ambientale non solo per la sua voracità, ma anche per alcune specifiche attitudini comportamentali.

Gli effetti più evidenti derivati dalla presenza del cinghiale sono quelli dell'attività di grufolamento o *rooting* che determinano la sommovimentazione degli strati superficiali del suolo e la riduzione della copertura vegetale. L'impatto ambientale causato dal grufolamento varia principalmente in funzione del tipo di ecosistema e della densità animale: quando questa aumenta eccessivamente si ha una riduzione del sottobosco fino alla totale scomparsa. Infatti, sebbene il Cinghiale sia onnivoro, la sua dieta è costituita principalmente da matrici vegetali; un *rooting* intenso provoca la diminuzione dell'assortimento floristico, ne altera la composizione ed influisce sulla rinnovazione forestale sino a causare la scomparsa di alcune specie. L'azione di disturbo si ripercuote sulle comunità vegetali in funzione non solo della pressione zoogena, ma anche della capacità di reazione al disturbo delle singole specie. Al contrario, una moderata attività di *rooting*, può migliorare le condizioni del suolo e può favorire la disseminazione e quindi aumentare la biodiversità vegetale.

Se è vero che con il grufolamento il Cinghiale può danneggiare le piante in modo indifferenziato, è altresì noto che l'impatto di questo ungulato può essere anche di tipo selettivo nei confronti delle specie vegetali più appetibili. Infatti la dieta del Cinghiale è composta per circa il 90% da specie vegetali, selezionate secondo un gradiente di appetibilità che dipende dal contenuto di sostanze attrattive e repellenti. La pressione selettiva esercitata dal cinghiale sulla fitocenosi determina alterazione degli equilibri vegetazionali e riduzione della biodiversità vegetale.

Anche le capre interferiscono sensibilmente con gli ecosistemi naturali e da sempre sono conosciuti i pesanti effetti del pascolo caprino nei confronti degli ambienti e degli *habitat*, soprattutto insulari. A livello mondiale, al fine di preservare gli ecosistemi le capre sono state eradicate da oltre 120 isole.

Da alcuni studi emerge che il pascolo caprino determina una semplificazione strutturale della compagine vegetale e che la selezione pabulare esercitata condiziona l'evoluzione e l'abbondanza della flora locale. Inoltre, dal momento che il ciclo vitale (fioritura e disseminazione) delle specie erbacee ed arbustive appetite risente direttamente della pressione degli erbivori, si ipotizza nel tempo un impoverimento della biodiversità vegetale connesso alla riduzione di *habitat*.

1.1 Metodologia adottata

Per valutare l'impatto degli ungulati sulla vegetazione sono state confrontate le zone "disturbate" e le "indisturbate" già individuate e monitorate nel corso delle osservazioni comparative effettuate in precedenza (aree di studio: Promontorio del Mesco, località Volastra e Sant'Antonio).

Per poter essere messe a confronto, le due aree sono state scelte adiacenti o prossime in modo da avere caratteristiche ambientali simili; inoltre a scopo di conferma, sono state individuate più coppie di aree per uno stesso ecosistema da compare nel tempo.

Poiché la vegetazione protetta si sviluppa senza l'influenza del prelievo degli animali, con osservazioni reiterate si è in grado di riscontrare l'impatto esercitato sulla componente vegetale, valutandone le differenze quali-quantitative con le aree liberamente frequentate.

Inoltre, per approfondire l'indagine all'interno delle aree "disturbate", si è ritenuto opportuno creare delle micro aree di esclusione allo scopo di valutare l'eventuale resilienza dei vari ecosistemi in mancanza di disturbo zoogeno.

Nei siti scelti sono state posizionate al suolo delle griglie elettrosaldate (3 per ogni sito) per creare zone protette dalla griglia ed aree circostanti dove gli animali possono svolgere le loro attività.

Le griglie, costituite da una rete metallica elettrosaldata di $1m^2$, di maglia 0.10 x 0,10 m., sono state fissate ad un'altezza dal suolo variabile tra i 10 e i 15 cm, usando appositi paletti metallici a U capovolta.

Inoltre sono stati studiati alcuni dei fattori che maggiormente influenzano l'impatto diretto sulla biodiversità vegetale:

- tipo di vegetazione: gli effetti della brucatura sulla vegetazione erbacea ed arbustiva dipendono da vari fattori, tra cui la facilità degli animali di raggiungere le parti eduli delle piante;

- specie animale: le specifiche attitudini alimentari e comportamentali degli animali influenzano sensibilmente la composizione vegetale, sia in modo diretto, tramite la pressione selettiva da pascolamento sia, in modo indiretto, con gli effetti a carico del suolo.

In aggiunta, sono stati approfonditi gli aspetti relativi alla pressione selettiva esercitata dalle diverse specie di ungulati selvatici sulla vegetazione e sono state identificate alcune delle specie gradite e rifiutate con l'individuazione dei relativi fattori repellenti contenuti.

La Capra possiede una discreta attitudine a selezionare gli alimenti e, in mancanza di quelli appetiti, riesce ad utilizzare anche specie povere o scartate da altri animali. Essendo brucatrice, predilige giovani germogli e foglie di piante arboreo-arbustive; inoltre è in grado di raggiungere anche chiome di piante arboree grazie alla possibilità di brucare in posizione eretta.

A carico della vegetazione erbacea arbustiva la Capra effettua una discreta scelta preferendo germogli di leguminose selezionati per mezzo dell'articolato apparato boccale. Nella stagione difficile la Capra si alimenta anche di piante scadenti e cortecce poiché non teme, a differenza del Cinghiale, molte delle sostanze repellenti. La spiccata adattabilità alimentare deriva dall'elevata utilizzazione digestiva conferita sia a livello boccale dal particolare corredo di enzimi, sia a livello ruminale dalle popolazioni batteriche e fungine ospitate, specializzate nell'aggressione di sostanze fibrose e lignificate. In particolare alcuni enzimi prodotti dalle ghiandole delle parotidi (prolina, glutammina e glicina) sono in grado detossificare alcune sostanze antinutrizionali come i tannini permettendo all'animale di alimentarsi anche di piante generalmente scartate dagli erbivori (Tab.1).

Tabella 1 Piante utilizzate dalle capre e scartate dagli altri erbivori

Graminacee scartate da altri ruminanti	*Molinia arundinacea, Deschampsia cespitosa, Calamagrostis arundinacea, Brachipodium pinnatus*
Piante velenose	*Helleboro niger, Laburnum anagyroides, Ranunculus* spp.*; Pteridium aquilinum, Rhododendron; Rumex* ssp.; *Chenopodium* ssp.*; Parietaria officinalis; Urtica dioica*
Essenze arbustive appetite	*Vaccinium myrtillus, Vaccinium uliginosus, Arctostaphylos uva-ursi, Juniperus* sp, *Rhododendrum ferrugineum, Calluna vulgaris*
Piante spinose appetite	*Robinia pseudoacacia; Rosa* sp.*; Crataegus oxycanta; Prunus* sp.; *Rubus fruticosus; Rubus idaeus,Cardus* sp.

Il Cinghiale è l'ungulato che origina interferenze maggiori con la fitocenosi poiché, come già riportato, oltre all'impatto diretto causato da brucatura, influenza le comunità vegetali in modo indiretto in conseguenza al grufolamento e al compattamento del suolo

Le osservazioni effettuate sugli effetti diretti da brucatura indicano un comportamento alimentare differente del Cinghiale rispetto alla Capra: il primo predilige alimenti ipogei, come bulbi e rizomi ricchi in sostanze amilacee, mentre la capra predilige germogli, apici vegetativi con gemme e giovani foglioline.

Relativamente all'impatto diretto sulle biodiversità vegetali, le esperienze indicano una maggiore pressione selettiva del suide rispetto agli ungulati ruminanti, per cui le essenze gradite

possono nel tempo rarefarsi e quelle rifiutate diffondersi. Quest'aspetto è rimarcato dalla peculiare sensibilità dell'animale ai repellenti fisici, come la spinescenza, e a quelli olfattivi e gustativi, come gli oli essenziali, le resine e i tannini.

La tabella seguente riporta una serie di essenze scartate dal Cinghiale con i relativi fattori dissuasivi: alcune di queste, evidenziate con asterico, sono state individuate nel corso del presente studio (Tab.2)

Tabella 2 Alcune piante rifiutate dal Cinghiale e repellenti contenuti. (In asterisco le piante individuate nell'ambito dello studio).

ESSSENZE RIFIUTATE	FATTORI DISSUASIVI
Ailanthus altissima	Fitotossine
* *Artemisia absinthium*	Oli essenziali, tujone
Asparagus sp.	Sostanze polifenoliche, asparagina
* *Calamintha nepeta*	Oli essenziali
* *Xanthium spinosum*	Spinescenza
Clematis vitalba	Alcaloidi e glucosidi
Conium sp.	Alcaloidi neurotossici
Erica arborea	Tannini
* *Euphorbia* spp.	Sostanze urticanti
* *Galium aparine*	Tannini, glucosidi, cumarina
Hedera helix	Saponine
Melissa officinalis	Oli essenziali
* *Mirtus communis*	Oli essenziali, tannini
Mentha spp.	Mentolo
Parietaria offcinalis	Tannini, flavonoidi
* *Ruscus aculeatus*	Spinescenza
Sambucus sp.	Alcaloidi e cianuro
Smilax aspera	Spinescenza e acido salsapinico

1. 2 Conclusioni

Nel corso di questo periodo di indagine non sono state registrate variazioni di rilevo relative alle situazioni ambientali nelle aree di saggio interessate dalla presenza del cinghiale. Si ritiene che ciò dipenda da una non eccessiva densità dei cinghiali e soprattutto dall'elevato nomadismo della specie che causa situazioni difformi con effetti non continuativi, contraddistinti da fasi di danno e da altre di temporaneo ripristino ambientale.

La Capra invece, insediata stabilmente in una circoscritta area del Parco nazionale delle Cinque Terre, ha determinato un impatto uniforme e progressivo prevalentemente rivolto alla vegetazione arbustiva.

Le zone boschive, specialmente quelle situate lungo i confini terrestri del Parco, presentano l'impatto maggiore causato dal Cinghiale, rappresentato dall'estesa sommovimentazione del suolo e dalle intense brucature, anche in conseguenza dell'"effetto spugna" che si crea all'interfaccia tra area protetta e ambito territoriale di caccia.

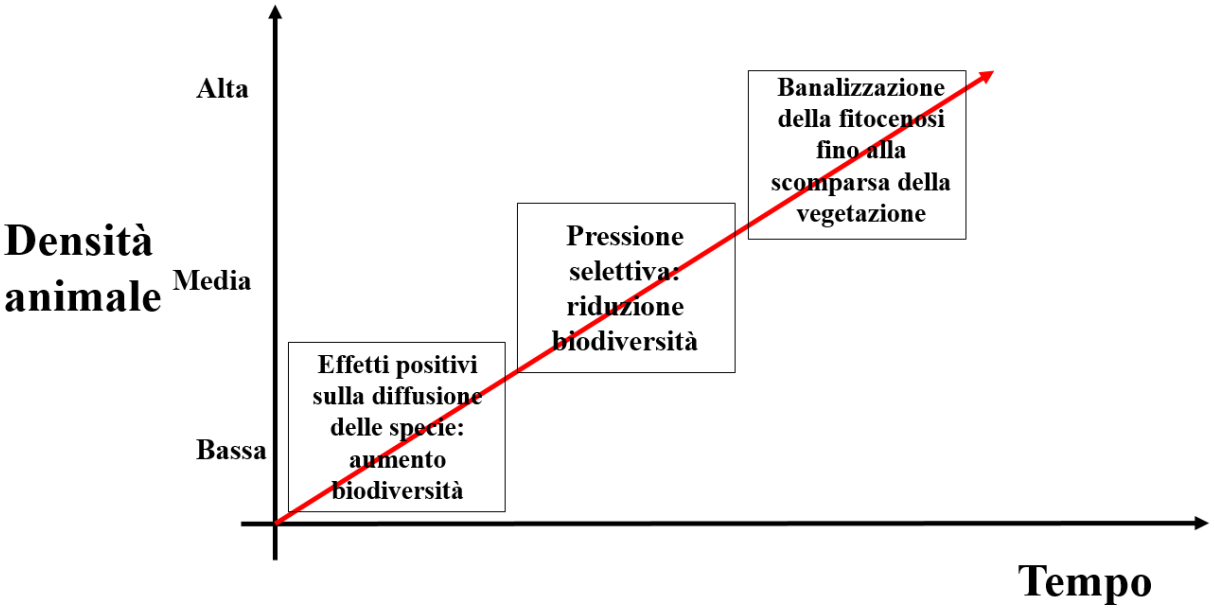
Relativamente allo studio della capacità di ripristino ambientale dei diversi ecosistemi esaminati la metodica di valutazione comparativa per mezzo di griglie di esclusione non ha per il momento fornito risultati definitivi. Tuttavia, sotto le griglie, sono già stati osservati segni di rinnovazione forestale, come la nascita di alcune plantule di leccio e di sughera ed altre specie della macchia mediterranea.

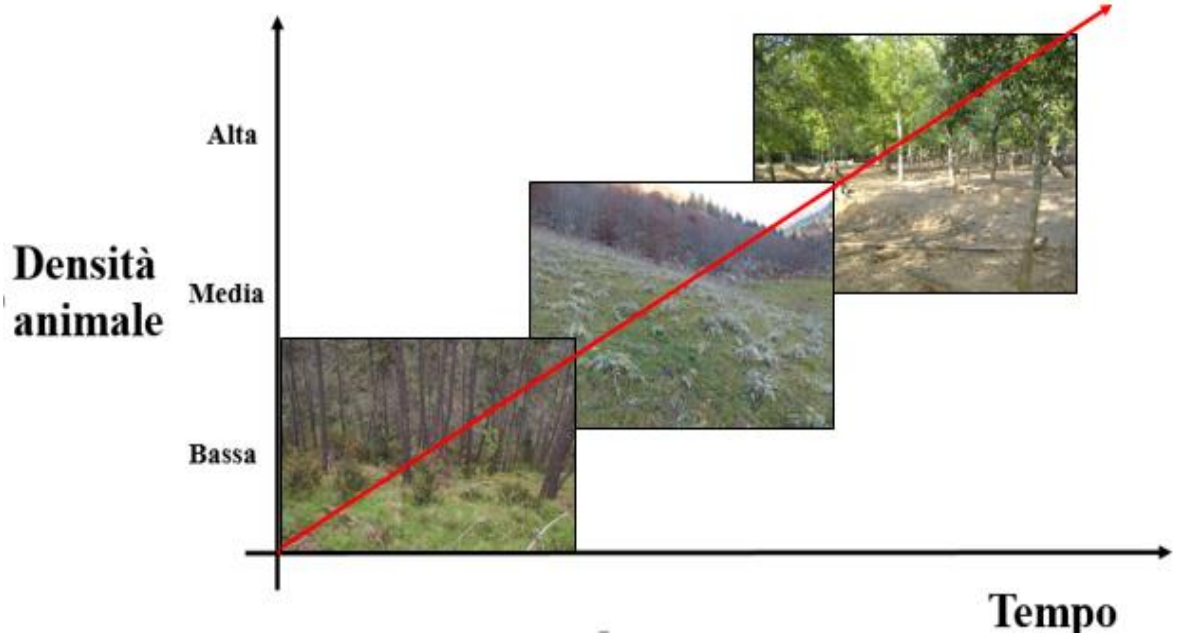
I risultati conseguiti confermano l'importanza e la necessità di proseguire gli studi relativi alle attitudini alimentari e comportamentali delle varie specie di ungulati, poiché gli effetti sull'ambiente e sulle biodiversità sono diversi e talvolta cumulativi.

In conclusione, da questi studi è emerso come l'impatto degli ungulati sulla biodiversità vegetale possa essere distinto in tre differenti fasi (Grafico.1):

- quando la densità animale è ridotta, ovvero in equilibrio con l'ambiente, gli effetti esercitati dagli ungulati sono spesso positivi, poiché gli animali favoriscono l'interramento dei semi (*rooting*) e contribuiscono alla loro diffusione (zoocoria);
- all'aumentare della densità animale e dei processi di pressione selettiva si osserva una rarefazione delle specie più appetite a discapito di quelle scartate (riduzione biodiversità);
- quando la densità animale è elevata si va incontro a processi di banalizzazione della fitocenosi fino alla scomparsa totale della vegetazione erbacea arbustiva.

Grafici 1A e 1B. Effetti della pressione zoogena sulla biodiversità





2 Impatto del Cinghiale sulle biodiversità animali

Il Cinghiale è un animale onnivoro che presenta una dieta estremamente varia e mutabile a seconda dell'ambiente in cui vive, della stagione e dei fabbisogni nutritivi (opportunista).

Per facilità di approvvigionamento la sua dieta è costituita prevalentemente da prodotti vegetali (80-90%), ma non rifiuta alimenti di origine animali di varia natura (eurifago) che, in certi periodi, possono rappresentare fino al 30% della dieta

Diversi Autori hanno ipotizzato che la carenza di proteine in estate ed in autunno può influenzare la predazione verso le comunità animali. Alcune ricerche scientifiche attribuiscono alla predazione da parte del Cinghiale la riduzione dell'abbondanza di meso e micro-fauna del suolo dal 40 al 90%. Le specie consumate, documentate dall'analisi del contenuto dello stomaco, includono artropodi, molluschi, anellidi e vertebrati (anfibi, rettili, mammiferi e nidiacei); la predazione di uova può compromettere la riproduzione degli uccelli nidificanti al suolo. L'attività predatoria del cinghiale può riguardare anche animali di medie dimensioni come cuccioli di cervidi ad altri animali selvatici. Tuttavia, in base alle esperienze e alle informazioni reperite, è emerso che l'impatto sulle comunità animali non è dovuto ad una diretta pressione selettiva di tipo alimentare come per gli alimenti vegetali, bensì ad un impatto di tipo indiretto riconducibile alla capacità delle prede di sottrarsi alla predazione.

Le interferenze del Cinghiale sulle comunità animali, oltre alla predazione, sono la distruzione di tane e di nidi e l'alterazione *di habitat* (vegetazione, suolo, muri a secco). Attraverso l'attività di ricerca alimentare il Cinghiale può causare la distruzione di ambienti fondamentali per particolari specie di animali terricoli (rane, salamandre, arvicole, scoiattoli, uccelli). Inoltre, lungo i sentieramenti prodotti dal calpestio, il suolo è più compatto e meno idoneo alle necessità degli animali terricoli e in particolare per gli artropodi che, in alcuni casi, incrementano le loro densità fino a 10 volte nelle aree forestali escluse dal Cinghiale. In particolare l'Ordine dei *Collemboli* è quello più sensibile a questo genere di alterazione.

Lo studio per valutare l'impatto del Cinghiale sulla zoocenosi risulta difficile e spesso non soddisfacente poiché la mobilità delle prede non consente di poter valutare efficacemente le variazioni delle popolazioni delle specie predate dal Cinghiale. Si è pensato perciò di indirizzare gli studi verso l'entomofauna, considerata anche la ridotta mobilità e la facilità di cattura per mezzo di trappole di alcune famiglie di insetti.

Alcune ricerche condotte sugli ecosistemi forestali hawaiani, dimostrano che la rimozione dei cinghiali determina l'aumento di 3,5 volte dell'abbondanza dei Collemboli, altre indicano che in soli 7 anni dalla la rimozione degli ungulati vi sia un raddoppio di densità nelle popolazioni di micro-artropodi

Gli insetti, in qualità di bioindicatori, possono fornire interessanti informazioni inerenti le condizioni dell'ecosistema ed aiutano a capire gli eventuali effetti degli ungulati selvatici sulla biodiversità.

Con la collaborazione dei ricercatori di Entomologia dell'Università di Pisa, è stato ritenuto preferibile scegliere di monitorare le cenosi di Coleotteri Carabidi in quanto la presenza/assenza delle varie specie e la loro abbondanza specifica, permette di definire il pregio naturalistico di un ambiente e ne consente la valutazione delle condizioni di alterazione vegetale, del livello di degrado del suolo e del grado di stabilità ambientale.

Per impostare le prove ci si è avvalsi del Manuale "Coleotteri Carabidi per la valutazione ambientale e la conservazione della biodiversità" (Brandamyr, Zetto, & Pizzolotto, 2005).

Gli insetti, catturati con particolari trappole a caduta, chiamate "pit-fall traps", sono raccolti secondo le procedure indicate dal Manuale. Tale tecnica, per quanto poco adatta alla cattura delle specie meno mobili e con densità di popolazione estremamente ridotta, è comunque efficace, riuscendo ad intercettare oltre il 90% delle specie di Carabidi presenti in un'area saggio.

La trappola è costituita da un imbuto di circa 10 cm di diametro collegato ad una bottiglietta di plastica di raccolta contenente alcool e aceto. Le trappole vengono completamente interrate rimuovendo ogni spazio vuoto tra bordo e terreno e assicurando la continuità della superficie con l'impiego di terriccio fine. La preparazione dello scavo per l'interramento delle trappole viene effettuata con attrezzi adatti al tipo di suolo da scavare. Le trappole sono coperte con appositi piattini di plastica, leggermente sollevati dal suolo per impedire l'evaporazione e l'ingresso di terra, acqua, foglie ed altri detriti vegetali.

Per ogni area saggio si posizionano almeno 3 trappole in zone "disturbate" ed altre 3 di confronto, in zone escluse alla presenza del Cinghiale, così da potere verificare se le attività degli ungulati, come il grufolamento, influenzino le cenosi degli insetti.

Bisettimanalmente, per un'intera stagione, le trappole vengono svuotate del loro contenuto e gli esemplari catturati sono raccolti separatamente da ogni trappola, al fine di studiare la variabilità del censimento.

Foto 1 e 2: Schema di funzionamento della *pit-fall trap*

I risultati relativi all'impatto del Cinghiale sull' entomofauna sono da considerarsi del tutto preliminari per il fatto che la sperimentazione ha avuto inizio solo recentemente. Tuttavia, le prime catture indicano che la prova fornisce segnali interessanti, tali da indurre al proseguimento dello studio: tra la fine dell'estate e l'inizio dell'autunno 2016, sono state catturate varie specie di Carabidi. Al momento non sono state rilevate differenze statisticamente significative tra zone "disturbate" e non.

Foto 3: Controllo delle catture in una *pit-fall trap*.

Per quanto concerne la metodologia, occorre apportate alcune modifiche alla tecnica di “trappolaggio” adottata: l’utilizzazione di aceto come esca attrattiva ha creato problemi perché i Cinghiali attratti da questo odore hanno rimosso i vasi trappola, vanificando parte degli esperimenti. Occorre quindi individuare un’altra esca attrattiva per i soli insetti, oppure proteggere le trappole con l’ausilio di robusti sistemi metallici.

Foto 4: Una trappola per la cattura dei Carabidi scalzata dai cinghiali in lecceta.

3 Effetto del pascolamento degli ungulati selvatici sulla qualità del suolo

L'impatto degli ungulati selvatici sulla biodiversità è causato, oltre che dalla azione diretta degli animali sulla vegetazione (pressione selettiva da brucatura) e sulle zoocenosi (predazione), anche dal disturbo esercitato dagli animali sul suolo. In particolare, il Cinghiale attraverso alcune sue abitudini comportamentali (rooting, sentieramento/compattamento e scavo) altera la superficie del terreno che presenta sommovimentazioni degli orizzonti superficiali, compattazioni e scavi talvolta anche di ampie dimensioni.

Tutto ciò determina uno sconvolgimento degli ecosistemi con la distruzione progressiva della copertura vegetale erbacea ed arbustiva, deperimento e morte di piante arboree per scalzamento e danneggiamento degli apparati radicali.

Relativamente alle comunità animali, in particolare quelle terricole, l'impatto del Cinghiale sul suolo modifica l'ambiente ipogeo e quindi influenza notevolmente la biodiversità.

Gli effetti dell'impatto sul suolo sono anche di lungo periodo poiché, la rinascita delle piante e la rinnovazione forestale vengono influenzate dalle modificazioni dell'habitat causate dagli animali. Pertanto, a causa degli effetti sulla competizione tra varie specie colonizzanti ciascun ecosistema, viene alterata l'evoluzione naturale delle biocenosi e quindi il patrimonio delle biodiversità.

Infatti vi sono piante più resistenti di altre al calpestio degli animali e si adattano bene anche ai terreni compattati, altre invece prediligono terreni più soffici e traggono vantaggio dall'attività di rooting per riprodursi e diffondersi.

Un altro aspetto meno conosciuto, ma che può influenzare sensibilmente le cenosi riguarda le modificazioni di microscala della qualità del terreno, ossia le variazioni delle componenti fisiche, chimiche e biochimiche del suolo che, direttamente o indirettamente, influenzano le peculiarità di ciascun ecosistema.

Perciò, nell'ambito di questo progetto sono stati valutati gli effetti del pascolamento degli ungulati selvatici a carico dei principali parametri qualitativi del suolo.

Per il perseguimento degli obiettivi proposti sono state individuate cinque aree saggio in tre differenti siti. Nelle varie "aree saggio" sono stati individuate alcune aree indisturbate (non sottoposte a disturbo zoogeno) da comparare con analoghe aree "disturbate".

Queste ultime possono essere così distinte: grufolamento (rooting) e sentieramento/compattamento per il cinghiale, e compattamento per la capra domestica inselvatichita.

In ciascun ecosistema sono stati effettuati campionamenti del suolo da zone indisturbate e disturbate da sottoporre ad analisi di laboratorio.

Le suddette prove sono state effettuate secondo lo schema di seguito descritto.

Le zone selezionate sono:

- **Località Sant'Antonio** , in cui è stata individuata una area saggio:
  - ✓ Area saggio "Telegrafo" lecceta/sughereta per lo studio dell'impatto ambientale causato da <u>cinghiale</u>
    1. *Telegrafo lecceta/sughereta Indisturbato (T-I)*
    2. *Telegrafo lecceta/sughereta Sentieramento (T-S)*
    3. *Telegrafo leccata/sughereta Grufolamento (T-G)*

- **Località Volastra**, in cui sono state individuate due aree saggio:
  - ✓ Area saggio "Volastra Bosco misto", per lo studio dell'impatto ambientale causato da <u>cinghiale:</u>
    1. *Volastra Bosco misto Indisturbato (VB-I)*
    2. *Volastra Bosco misto Sentieramento (VB-S)*
  - ✓ Area saggio "Volastra Oliveto", per lo studio dell'impatto ambientale causato da <u>cinghiale:</u>
    1. *Volastra Oliveto Indisturbato (VO-I)*
    2. *Volastra Oliveto Sentieramento (VO-S)*

- **Promontorio del Mesco**, in cui sono state individuate due aree saggio:
  - ✓ Area saggio "Mesco Lecceta", per lo studio dell'impatto ambientale causato da <u>cinghiale:</u>
    1. *Mesco Radar" Indisturbato (M-I)*

2. *Mesco Lecceta Sentieramento (ML-S)*
3. *Mesco Lecceta Grufolamento (ML-G)*

- ✓ Area saggio "Mesco Macchia Mediterranea", per lo studio dell'impatto causato da capra domestica inselvatichita:
    1. *Mesco Macchia Indisturbato (MM-I)*
    2. *Mesco Macchia Compattamento (MM-CO)*

Nelle aree saggio "Volastra Bosco misto" e "Volastra Oliveto" non sono stati individuati segni del grufolamento; l'unica causa di disturbo riscontrata è il sentieramento dovuto al continuo passaggio dei cinghiali.

AREE SAGGIO	**DISTURBO CINGHIALE**		**DISTURBO CAPRA**	**INDISTURBATO CINGHIALE E CAPRA**
	sentieramento	grufolamento	compattamento	
Telegrafo- Lecceta/Sughereta	SI	SI		SI
Volastra- Bosco Misto	SI	NO		SI
Volastra -Oliveto	SI	NO		SI
Mesco- Macchia			SI	SI
Mesco- Lecceta	SI	SI		SI

Tabella 3 Aree saggio disturbate/indisturbate.

3.1 Metodologia di indagine

Su ciascuna delle 5 differenti aree saggio sono stati prelevati 8 campioni di terreno all'interno di 1 m^2 di suolo opportunamente scelto. I campioni, nel numero di 3 repliche per ogni "prova", riguardano le indagini relative ai seguenti disturbi: sentieramento (S), grufolamento (G) e compattamento (C).

In concomitanza sono stati prelevati con le stesse modalità altri campioni di suolo (8 campioni x 3 repliche) da un terreno adiacente "indisturbato" (I) in cui non vi erano segni dell'attività animale con la funzione di controllo

I campioni sono stati prelevati alla profondità (0-10 cm) in quanto strato di suolo maggiormente interessato alle modificazioni dei parametri oggetto di studio, poichè sia il compattamento che il grufolamento sono fenomeni che modificano la superficie del terreno.

I campioni di terreno, dopo essere stati essiccati a temperatura ambiente, sono stati frantumati e passati al setaccio con maglie di 2 mm. Sulla frazione con diametro inferiore a 2 mm sono state eseguite i due terzi delle analisi fisiche (eccetto la stabilità degli aggregati) e tutte le analisi chimiche e biochimiche.

Le analisi sono state svolte nel Laboratorio di Chimica del Terreno dell'Istituto per lo Studio degli Ecosistemi (ISE) del Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR) di Pisa, utilizzando le metodiche ufficiali.

ANALISI FISICHE

Densità apparente;

Stabilità degli aggregati.

ANALISI CHIMICHE

pH;

Conducibilità elettrica;

Azoto totale;

Azoto nitrico;

Azoto ammoniacale;

Carbonio organico totale;

Fosforo totale.

ANALISI BIOCHIMICHE

Deidrogenasi;

β –glucosidasi;

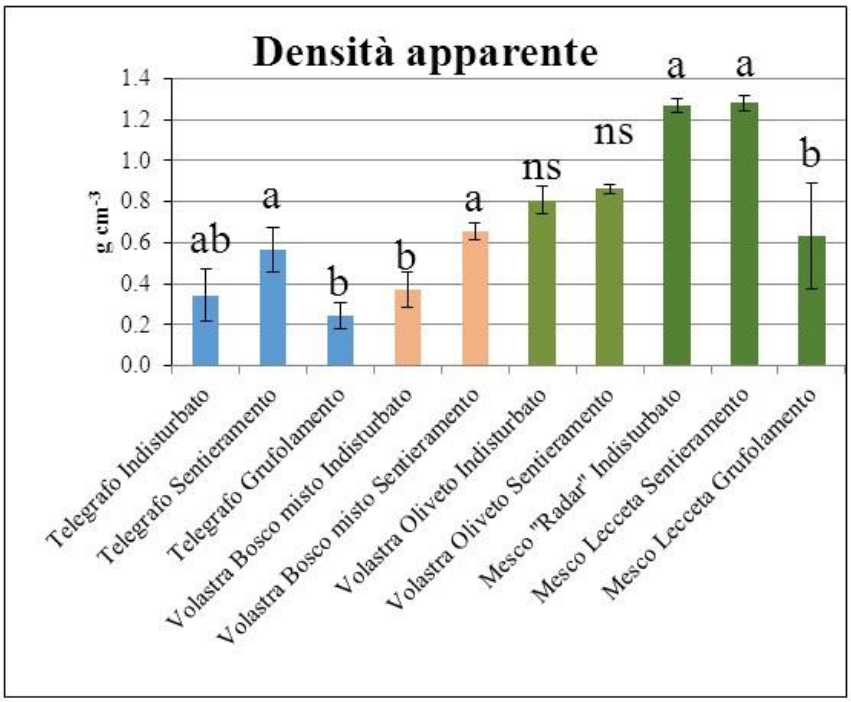
Fosfatasi.

3.2 Risultati ottenuti

Caratteristiche fisiche

Densità apparente

Figura 1: Densità apparente dei suoli interessati dalla presenza del Cinghiale



Lettere differenti (a, b) corrispondono a valori statisticamente differenti ($p<0.05$) tra i trattamenti (ns: non significativi)

La densità apparente è un parametro molto importante poiché inversamente correlato alla porosità del suolo. E' in grado di misurare efficacemente il livello di compattazione del suolo causata dal collasso dei micropori e dalla deformazione della struttura; la densità apparente ha un'importanza fondamentale nel determinare la fertilità fisica del terreno.

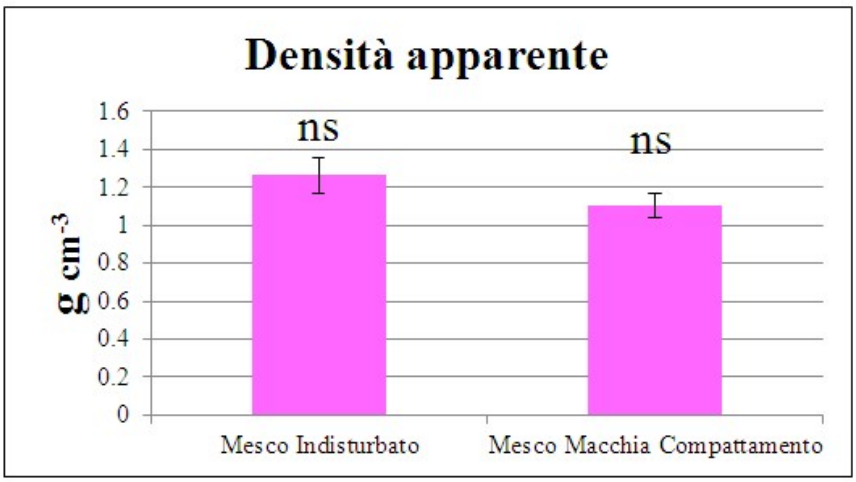
Come è possibile notare dal grafico (Fig. 1) l'attività di sentieramento e di grufolamento del cinghiale influenzano notevolmente la densità apparente del suolo che risulta significativamente più alta ($p<0.05$) nel sentierato rispetto al grufolato in tutti i siti presi in esame.

Confrontando l'effetto del sentieramento del cinghiale con il suolo indisturbato si nota una generale tendenza all'aumento, in modo significativo per il sito *"VB-S"* (Volastra Bosco misto).

Il passaggio continuo degli animali ha determinato il compattamento del suolo, diminuendone la porosità e l'infiltrabilità, e peggiorandone la struttura.

Al contrario, vi è una significativa diminuzione della densità apparente in entrambi i siti presi in esame, *"T-G"* e *"ML-G"* (Telegrafo e Mesco), dove l'attività di grufolamento del cinghiale e la conseguente sommovimentazione degli strati superficiali del terreno hanno determinato un andamento opposto della densità apparente rispetto al sentieramento.

Figura 2. Densità apparente dei suoli interessati dalla presenza Capra domestica inselvatichita



ns: non significativa differenza tra i trattamenti

Nel grafico (Fig. 2) è possibile osservare come il pascolamento della capra domestica inselvatichita non abbia determinato variazioni significative della densità apparente. Ciò si ritiene dovuto alla densità animale non eccessiva, alla ridotta mole degli animali ed alla tessitura franco-sabbiosa del suolo.

Stabilità degli aggregati

Gli aggregati sono granuli secondari formati attraverso la combinazione di particelle minerali con materiale organico ed inorganico.

La "teoria gerarchica degli aggregati" propone che le particelle del suolo si leghino tra loro per formare microaggregati, i quali a loro volta si associano formando macroaggregati.

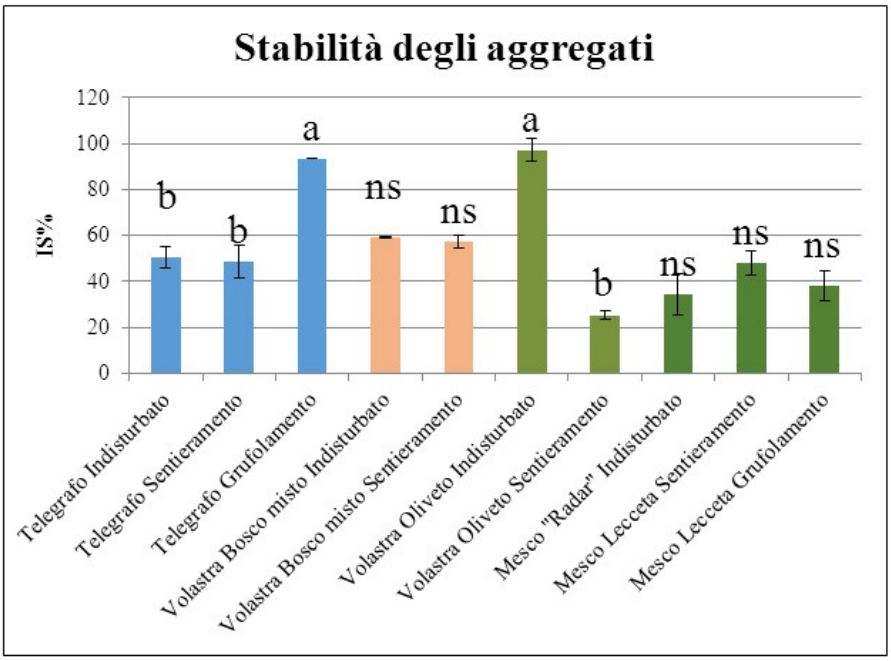
La stabilità degli aggregati è uno dei principali fattori che controllano l'idrologia del suolo e l'erodibilità del terreno per questi motivi può essere considerata un valido indicatore dello stato di salute di un suolo.

Le complesse dinamiche di aggregazione sono il risultato dell'interazione di numerosi agenti principalmente biologici.

Un aumento della popolazione microbica incrementa la stabilità degli aggregati in quanto aumenta la produzione e l'escrezione di polisaccaridi che si comportano da agenti di legame.

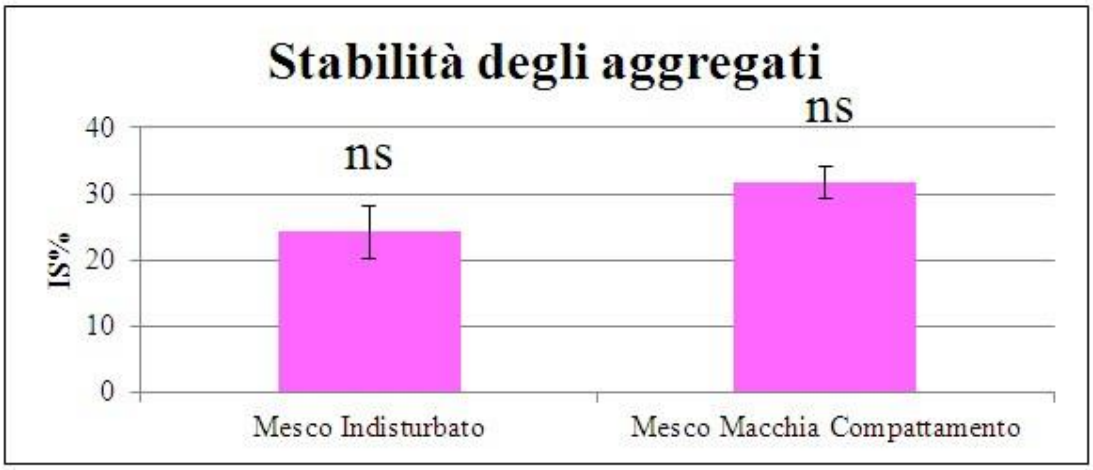
Generalmente la stabilità degli aggregati in suoli coltivati di zone semi-aride è intorno al 40%, mentre quella dei suoli forestali è circa l'82%. Quest'ultima quota, nei suoli forestali in esame, viene raggiunta solo nei casi di grufolamento del cinghiale.

Figura 3. Stabilità degli aggregati dei suoli interessati dalla presenza del Cinghiale



Lettere differenti (a,b) corrispondono a valori statisticamente differenti ($p<0.05$) tra i trattamenti (ns: non significativi)

Figura 4. Stabilità degli aggregati dei suoli interessati dalla presenza della Capra domestica inselvatichita



ns: non significativa differenza tra i trattamenti

Nella Fig. 3 si nota una tendenza alla diminuzione di questo parametro in seguito al sentieramento del cinghiale; tale diminuzione rispetto al suolo indisturbato risulta essere fortemente significativa ($p<0.05$) nel sito "*VO-S*" (Volastra Oliveto). Da notare che questo era l'unico sito in cui non era stato osservato un aumento del compattamento causato dal cinghiale. Si ritiene quindi che il compattamento del suolo e la stabilità degli aggregati, non siano sempre in relazione tra loro.

Probabilmente il continuo passaggio degli animali ha determinato una rottura dei legami tra i macroaggregati ed i microaggregati dei suoli presi in considerazione.

Il grufolamento dell'animale, invece, ha determinato un aumento significativo della stabilità degli aggregati rispetto al suolo indisturbato (Sito Telegrafo) dovuto, probabilmente, all'aumento della sostanza organica (aspetto evidenziato di seguito).

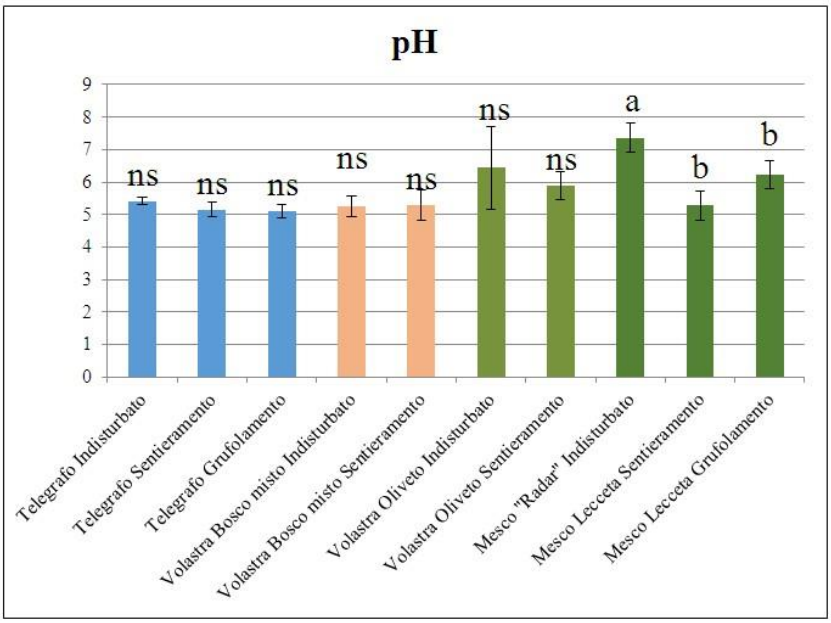
Per i motivi precedentemente descritti, la presenza della capra inselvatichita non ha determinato variazioni significative della stabilità degli aggregati (Fig. 4).

Caratteristiche chimiche

pH

Il pH esprime la reazione del suolo che può essere acida, neutra o alcalina e dipende dagli equilibri che si stabiliscono nella pedosfera tra la fase solida, liquida e gassosa. Il suo valore è legato essenzialmente alla natura della matrice litologica e all'andamento dell'evoluzione pedogenetica, quest'ultima direttamente correlata alle condizioni pedoclimatiche che l'hanno accompagnata. Gli animali possono concorrere a determinare le variazioni di pH con il rilascio di deiezioni liquide e solide e con le attività di *rooting* e scavo da parte del Cinghiale che porta in superficie gli orizzonti profondi del suolo più ricchi di basi. Dal grafico (Fig. 5) si nota, in 3 casi su 4 (fanno eccezione i siti "*M*"), che non vi sia una significativa variazione del pH dovuta alle azioni di sentieramento e grufolamento dell'ungulato selvatico rispetto al relativo indisturbato. Il pH si mantiene comunque nel range compreso tra il 5.11 ed il 7.36, valore riscontrabile in molti terreni naturali a dimostrazione che l'azione di pascolamento non compromette il potere tampone del suolo. L'incorporazione delle deiezioni animali all'interno del suolo, dovuta al grufolamento può ridurre il pH del terreno. Tuttavia nel Sito del Mesco- lecceta, dove è stata riscontrata la più alta concentrazione di cinghiali, si ha una significativa riduzione del pH in entrambe le aree disturbate.

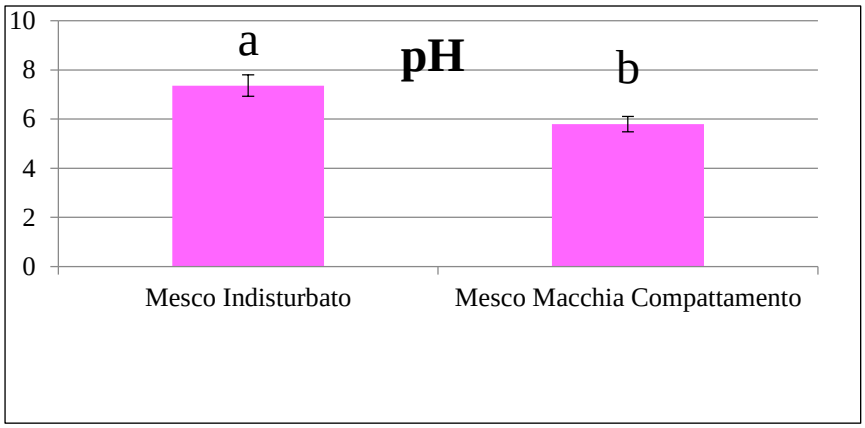
Figura 5. pH dei suoli interessati dalla presenza del Cinghiale.



Lettere differenti (a,b). corrispondono a valori statisticamente differenti ($p<0.05$) tra i trattamenti (ns: non significativi)

Questo aspetto si riscontra anche nel sito interessato dalla presenza delle capre, dove (Fig. 6) la significativa ($p<0.05$) diminuzione del pH si ritiene causata dall'accumulo di sali di nitrati dovuti alla presenza di grandi quantità di feci nelle zone di stazionamento prolungato.

Figura 6. pH dei suoli interessati dalla presenza della Capra domestica inselvatichita



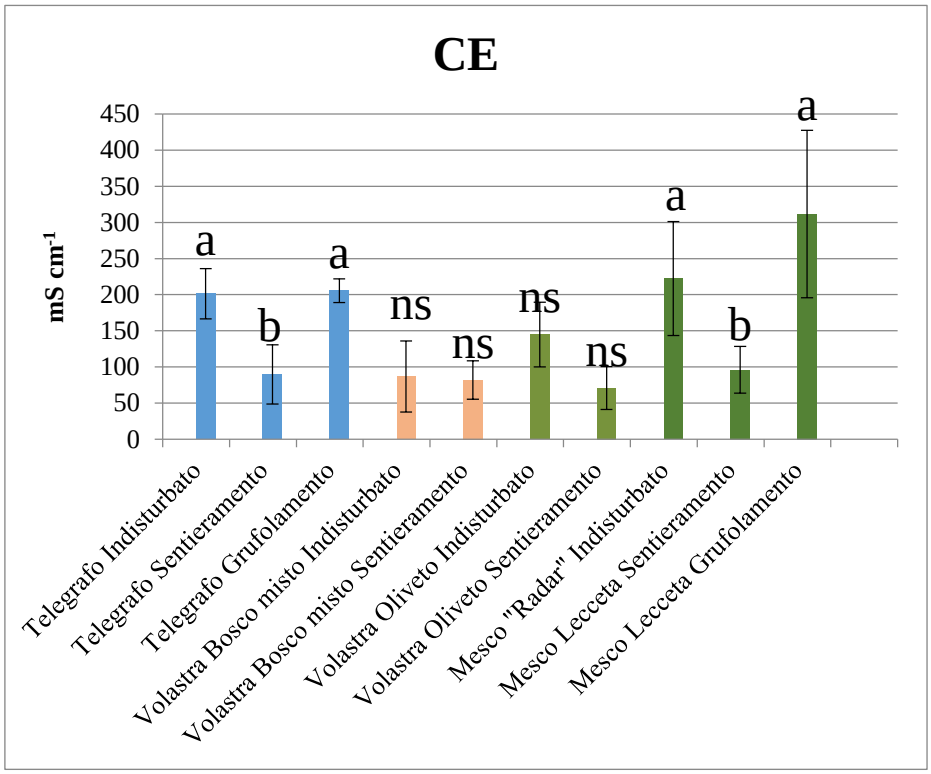
Lettere differenti (a,b). corrispondono a valori statisticamente differenti ($p<0.05$) tra i trattamenti.

Conducibilità elettrica (CE)

La conducibilità elettrica rappresenta la misura indiretta della concentrazione totale dei sali disciolti nella “soluzione del suolo”.

Le reazioni di solubilizzazione, di desorbimento e di mineralizzazione portano infatti alla mobilizzazione dei nutrienti con conseguente aumento della loro concentrazione nella soluzione circolante. Tale concentrazione, in ogni caso poco elevata, varia notevolmente con le caratteristiche, la localizzazione e le condizioni attuali della pedosfera. In particolar modo esercitano una forte influenza il contenuto di acqua, il pH, la capacità di scambio cationico, la quantità di sostanze umiche e l’attività microbica.

Figura 7. CE dei suoli interessati dalla presenza del Cinghiale.



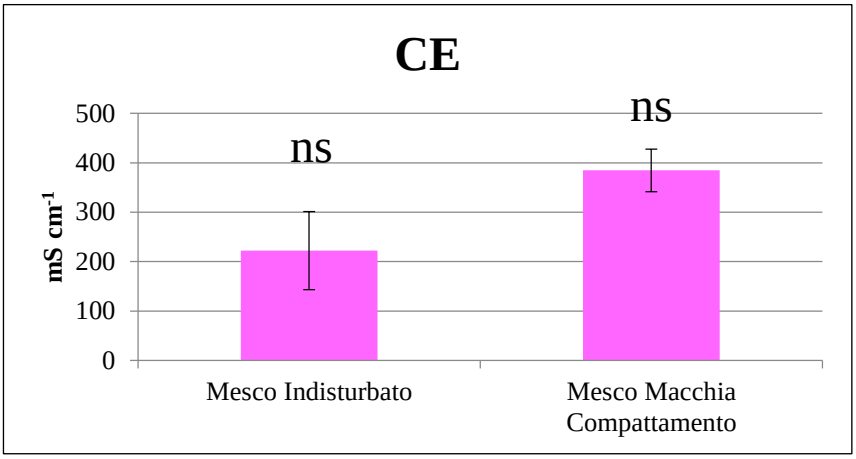
Lettere differenti (a,b) corrispondono a valori statisticamente differenti ($p<0.05$) tra i trattamenti (ns: non significativi)

Come chiaramente mostrato dalla Fig. 7 vi è una tendenza generale e talvolta significativa ($p<0.05$) alla diminuzione della CE dovuta al sentieramento e all’ aumento della stessa dovuto al grufolamento.

Nei terreni “sentierati” la diminuzione della CE si ritiene legata all’ aumento del compattamento del suolo (come osservato dall’aumento della densità apparente). Suoli con una maggiore porosità, e quindi con una maggiore capacità di ritenzione idrica, hanno in genere una conducibilità elettrica più alta. Inoltre, nei suoli esposti a sentieramento, la compattazione del suolo può aumentare i processi di erosione dovuti a ruscellamento e di mineralizzazione della sostanza organica. La maggiore mineralizzazione della sostanza organica nei suoli esposti a sentieramento è confermata dalla diminuzione dell'azoto totale e delle sue forme disponibili (ammoniaca e nitrati) e del carbonio organico totale (risultati riportati di seguito).

Al contrario, nel caso del grufolamento del cinghiale, l’incorporazione all’interno del suolo di matrici organiche superficiali ha l’effetto di una concimazione organica che contribuisce ad un aumento di questo parametro.

Figura 8. CE dei suoli interessati dalla presenza della Capra domestica inselvatichita.



ns: non significativa differenza tra i trattamenti

L’accumulo di sostanza organica fecale ha determinato anche nel caso del pascolamento della capra domestica inselvatichita (Fig. 8) un aumento della CE, anche se non in modo significativo.

Azoto totale (TN)

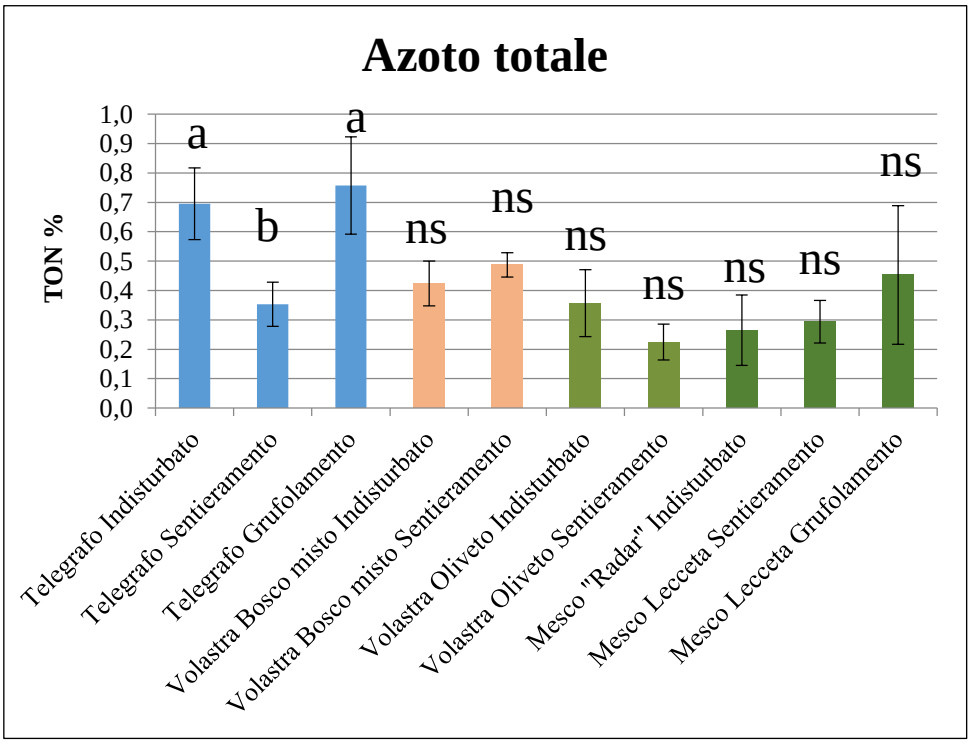
L’azoto nel suolo un elemento fondamentale per la crescita delle piante in quanto, insieme al carbonio (fissato con la fotosintesi), rappresenta il costituente principale di proteine, acidi umici ed amminozuccheri. Nel terreno si trova sia in forma organica che in forma inorganica, le cui forme nell’insieme costituiscono l’azoto totale. La forma di azoto di gran lunga prevalente nel terreno è

quella organica, rappresentando mediamente più del 90% dell'azoto totale; la concentrazione della forma inorganica, rappresentata prevalentemente da ammonio e nitrati, dipende in gran parte da processi di mineralizzazione e di immobilizzazione microbica. Per questa ragione la determinazione dell'azoto organico totale è considerata necessaria per la valutazione della fertilità del suolo.

L'Azoto totale presenta una tendenza alla diminuzione nelle aree compattate dal cinghiale (sentieramento) (Fig. 9) che nel caso del sito Telegrafo mostra una differenza significativa ($p<0.05$) viceversa, nelle aree grufolate si assiste alla tendenza ad un generale aumento di tale valore, seppur senza rilevanza statistica.

Le concentrazioni di azoto totale risultano essere in linea con i parametri normalmente riscontrati nei suoli boschivi, compresi tra lo 0.2% e lo 0.4%; tale parametro risulta essere più elevato solo per il sito Telegrafo.

Figura 9. Azoto totale dei suoli interessati dalla presenza del Cinghiale

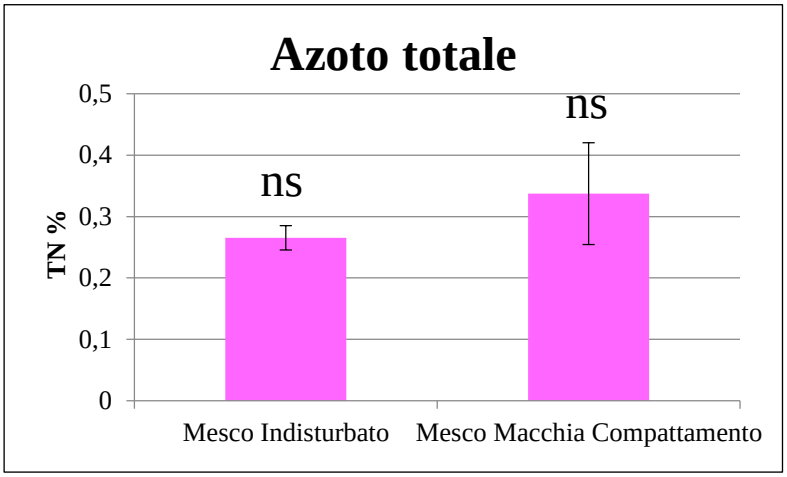


Lettere differenti (a,b) corrispondono a valori statisticamente differenti ($p<0.05$) tra i trattamenti (ns: non significativi)

La riduzione dell'azoto nei suoli compattati si ritiene legata ai fenomeni erosivi idrometeorici che determinano una asportazione degli strati superficiali del suolo ricchi di sostanza organica.

Viceversa, il lieve aumento dell'Azoto totale nei terreni grufolati può essere determinato dall'interramento della sostanza organica degli strati superficiali del suolo a seguito della attività di *rooting*.

Figura 10. Azoto totale dei suoli interessati dalla presenza della Capra domestica inselvatichita



ns: non significativa differenza tra i trattamenti

Nella Figura 10 si nota che nelle aree interessate dalle capre, nonostante la presenza di grandi quantità di feci, l'aumento dell'Azoto totale risulta di lieve entità perché parte di questo viene dilavato dai fenomeni di ruscellamento delle acque idrometeoriche, intensi in queste aree declivi.

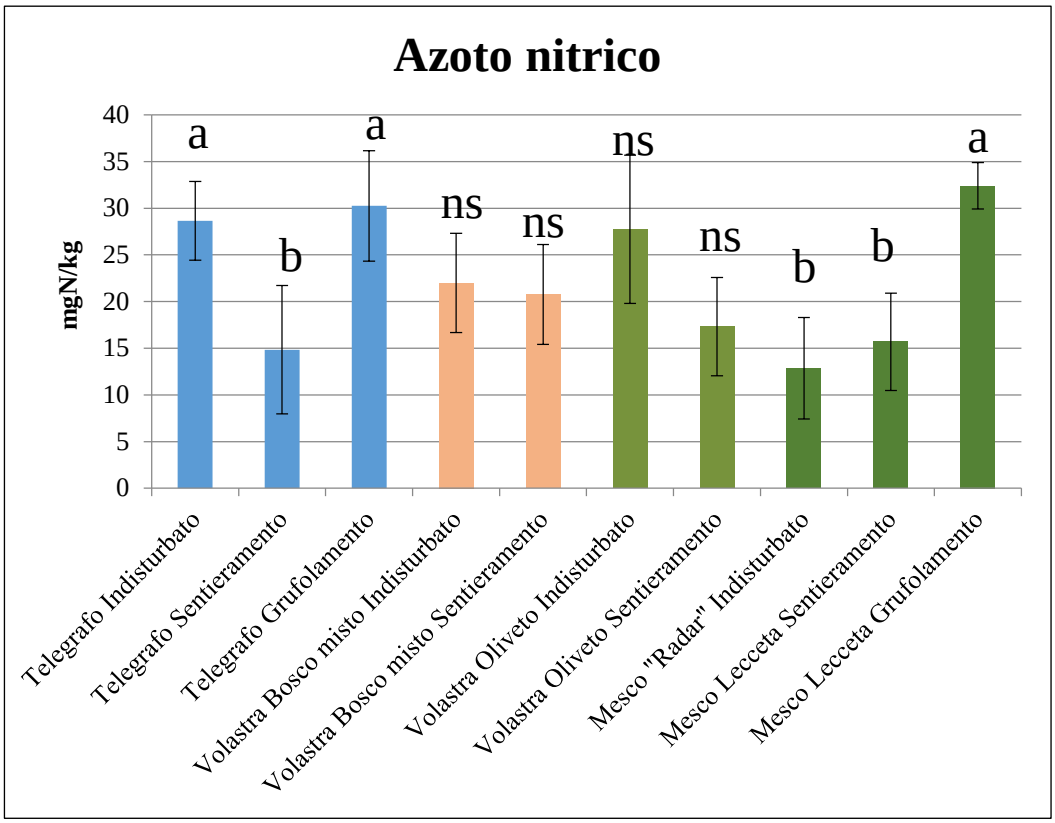
Azoto nitrico ($N\text{-}NO_3^-$)

I nitrati si formano attraverso il processo di nitrificazione: l'ossidazione biologica dell'azoto ammoniacale ad opera degli enzimi prodotti da batteri aerobi (*Nitrosomonas* e *Nitrobacter*) che porta alla formazione di nitriti (NO_2^-) e alla loro successiva trasformazione in nitrati (NO_3^-). Tutto il processo avviene in condizione aerobiche ed è favorito da temperature comprese tra 25 e 30 °C, da pH basici e da un opportuno grado di umidità della matrice ambientale.

Nei suoli interessati dalla presenza del cinghiale i nitrati tendono alla diminuzione nelle zone sentierate e all'aumento in quelle soggette a *rooting*, con differenze statistiche nei siti Telegrafo e Mesco ($p<0.05$) (Fig. 11). La riduzione degli ioni nitrici nelle aree sentierate è legata alle

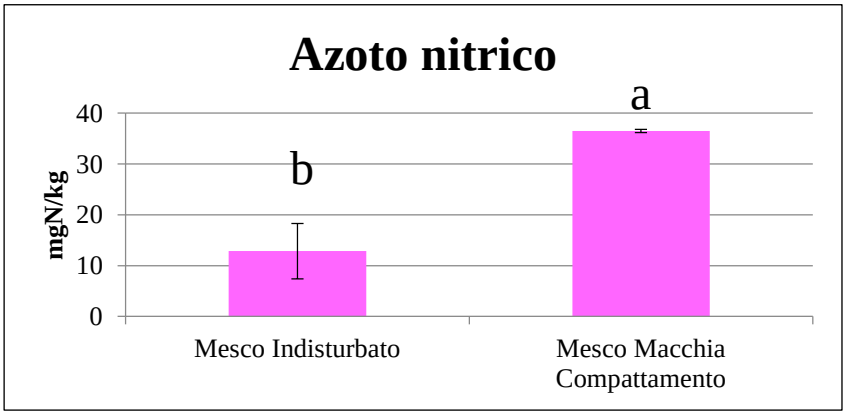
condizioni di scarsa anerobiosi, dovuti ai fenomeni di compattamento del suolo. Viceversa, l'aumento dei nitrati nelle aree grufolate si ritiene causato dall'interramento delle matrici organiche, vegetali e animali, e ai successivi processi di nitrificazione, favoriti dalle condizioni aerobiche del suolo sommovimentato.

Figura 11 Azoto nitrico dei suoli interessati dalla presenza del Cinghiale



Lettere differenti (a,b) corrispondono a valori statisticamente differenti (p<0.05) tra i trattamenti (ns: non significativi)

Figura 12. Azoto nitrico dei suoli interessati dalla presenza della Capra domestica inselvatichita



Lettere differenti (a,b). corrispondono a valori statisticamente differenti (p<0.05)

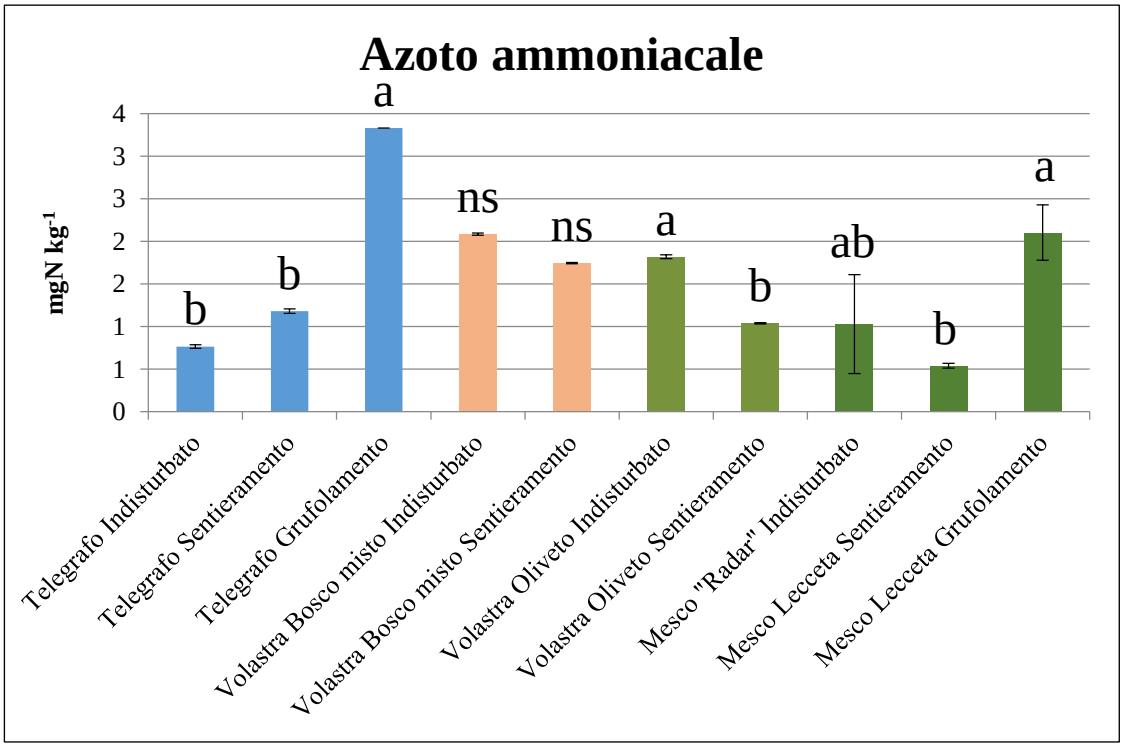
Il grafico sopra riportato (Fig. 12) denota un aumento significativo ($p<0.05$) dei nitrati dovuto al rilascio di grandi quantità di feci e urine da parte delle capre nelle aree disturbate che ha determinato processi di salificazione del suolo.

Azoto ammoniacale ($N\text{-}NH_3$)

L'ammoniaca presente nel suolo deriva dalla decomposizione di materiale organico azotato di origine animale e vegetale mediante processi di ammonificazione operata dalla flora microbica del terreno. Un apporto diretto di ammoniaca che può far incrementare significativamente il suo contenuto nel terreno sono inoltre le deiezioni degli animali, fortemente ricche di NH_4^+.

Insieme agli ioni nitrici (presenti nella soluzione del suolo), l'azoto ammoniacale, nella forma degli ioni ammonio, ancorati come ioni di scambio sugli scambiatori cationici del terreno, costituisce una forma dell'azoto direttamente assimilabile dalla pianta, per cui la misura della sua concentrazione è tradizionalmente considerata un parametro di fertilità del suolo.

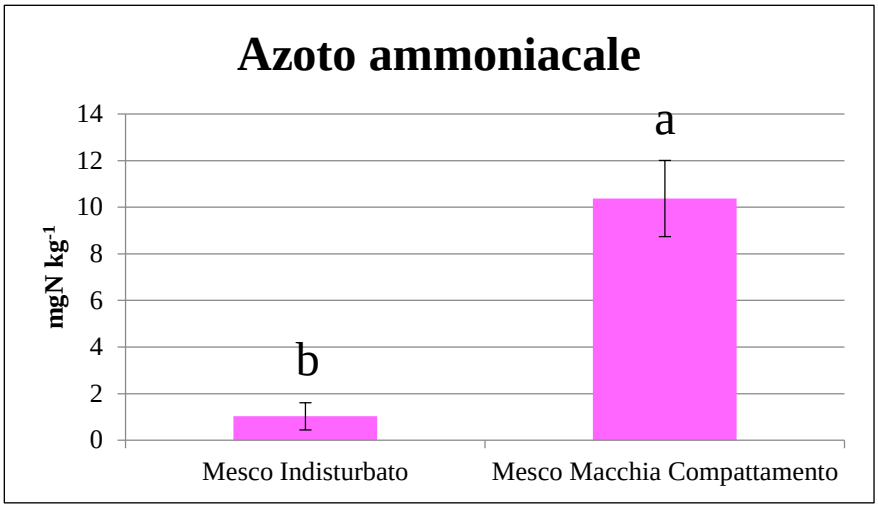
Figura 13.Azoto ammoniacale dei suoli interessati dalla presenza del Cinghiale



Lettere differenti (a,b). corrispondono a valori statisticamente differenti ($p<0.05$) tra i trattamenti (ns: non significativi)

Dalla Fig. 13 si nota una tendenza alla diminuzione dell'ammoniaca dovuta al sentieramento animale ed un aumento della stessa nelle aree soggette a grufolamento; nei casi dei siti Telegrafo Volastra e Mesco è possibile notare variazioni significative ($p<0.05$) di questo parametro. Anche per l'Azoto ammoniacale le variazioni si ritengono dovute ai fenomeni erosivi nei terreni "sentierati" e all'interramento della sostanza organica con l'attività di rooting.

Figura 14 Azoto ammoniacale dei suoli interessati dalla presenza della Capra domestica inselvatichita



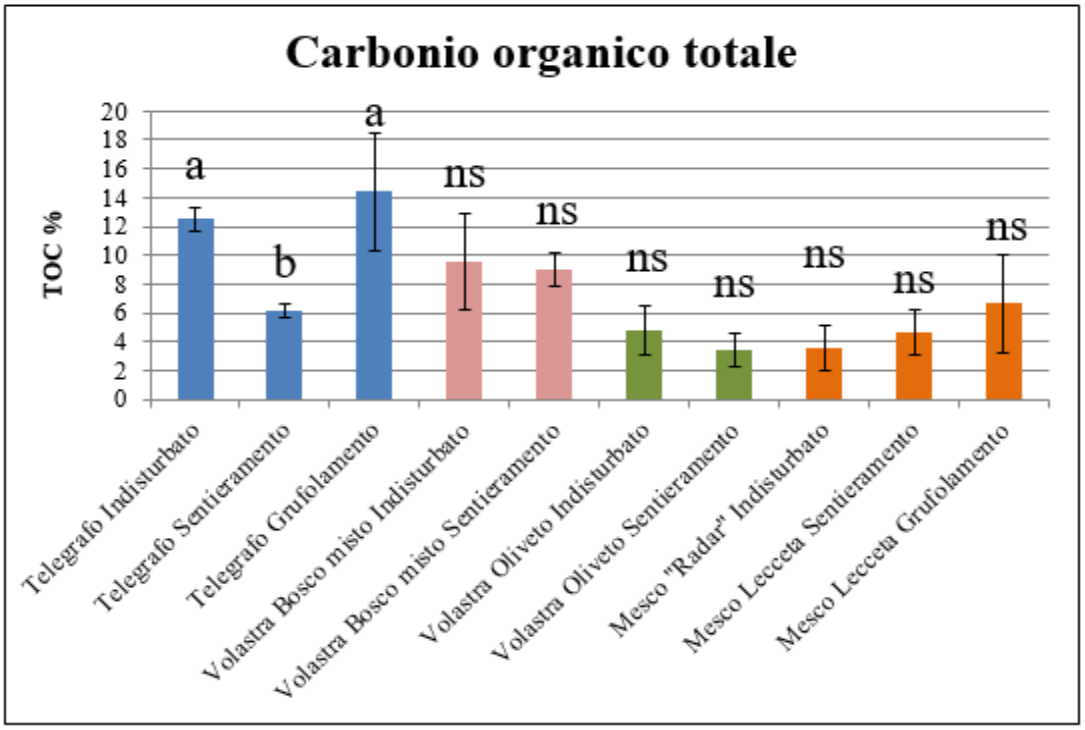
Lettere differenti (a,b). corrispondono a valori statisticamente differenti ($p<0.05$) tra i trattamenti (ns: non significativi)

Il grafico sopra riportato (Fig. 14) indica un aumento significativo ($p<0.05$) dell'ammoniaca dovuto al pascolo della capra a conferma che in queste aree vi è un rilascio ingente di urine e feci.

Carbonio organico totale (TOC)

Rappresenta una stima del contenuto in sostanza organica del terreno, la cui composizione ha elevata variabilità; il contenuto di sostanza organica è pari, per convenzione, a 1.724 volte il contenuto di C organico. La determinazione del TOC costituisce quindi una delle analisi di laboratorio di maggior interesse dal punto della qualità del suolo. La sostanza organica, infatti, ha un ruolo importante nella pedogenesi ed influenza, in misura determinante, molte proprietà chimiche e fisiche del suolo: mediante le sue componenti umiche, contribuisce in maniera sostanziale a determinare la capacità di scambio cationico e la capacità tamponante del suolo; inoltre influenza positivamente la stabilità della struttura, la permeabilità e l'aerazione del suolo.

Fig. 15 . Carbonio organico totale dei suoli interessati dalla presenza del Cinghiale



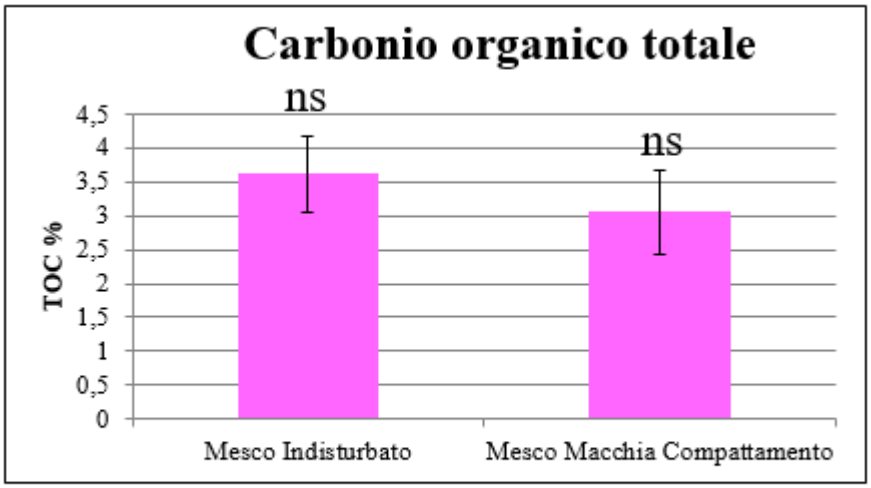
Lettere differenti (a b). Corrispondono a valori statisticamente differenti ($p<0.05$) tra i trattamenti (ns: non significativi)

Il Carbonio organico totale presenta, nei suoli interessati dalla presenza del Cinghiale, lo stesso andamento dell'azoto totale; una tendenza alla diminuzione nei suoli interessati dal sentieramento accompagnata da un trend all'aumento in quelli soggetti a grufolamento (Fig. 15).

Anche in questo caso la riduzione di questo parametro nei suoli compattati dipende dalla asportazione della sostanza organica legata ai processi erosivi idrometeorici, mentre con l'attività di *rooting* si verifica un interramento della stessa.

Nelle aree pascolate dalle capre, nonostante vi sia un ingente rilascio di deiezioni, non si registra alcun aumento della sostanza organica; è quindi ipotizzabile una prevalenza dei processi di mineralizzazione su quelli di umificazione, con conseguente impoverimento della componente organica del suolo (Fig.16).

Fig. 16 Carbonio organico totale dei suoli interessati dalla presenza della Capra domestica inselvatichita

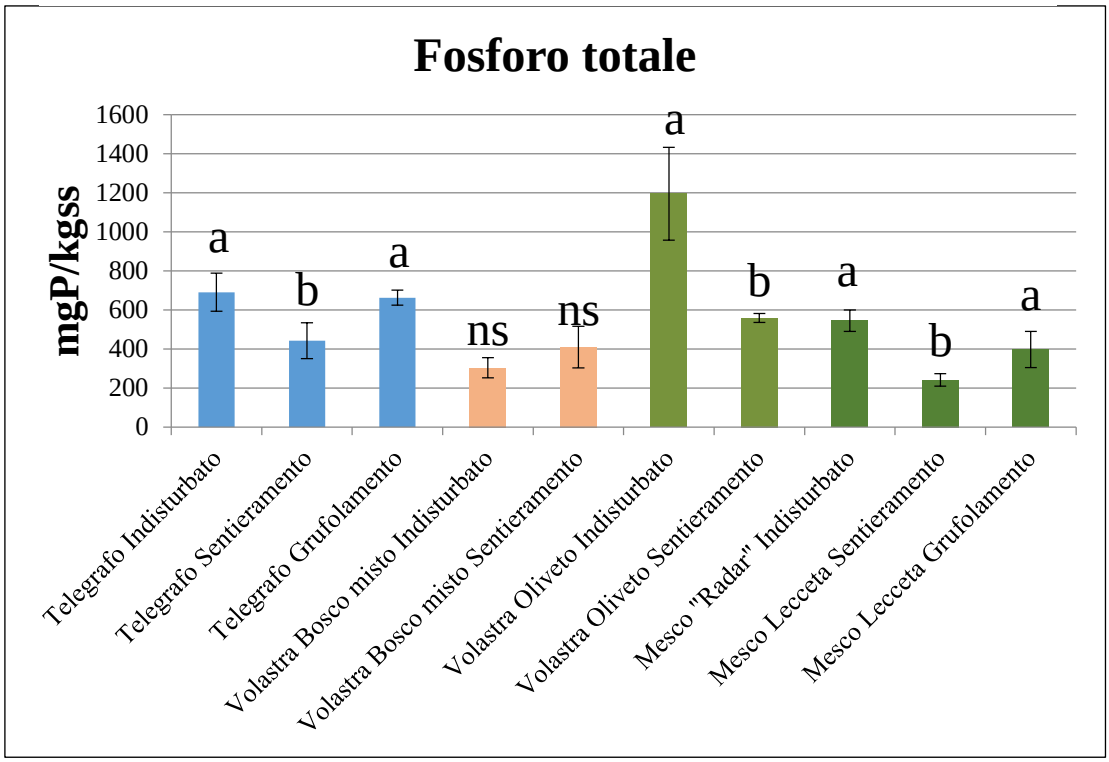


ns: non significativa differenza tra i trattamenti

Fosforo totale (P_{tot})

Il fosforo, insieme ad azoto e potassio rappresenta uno degli *elementi principali della fertilità* del suolo. È un elemento indispensabile alla vita delle piante e degli organismi viventi: è presente infatti in molecole di grande importanza biologica come fosfolipidi, acidi nucleici, enzimi e composti capaci di conservare e trasportare energia nel metabolismo cellulare.

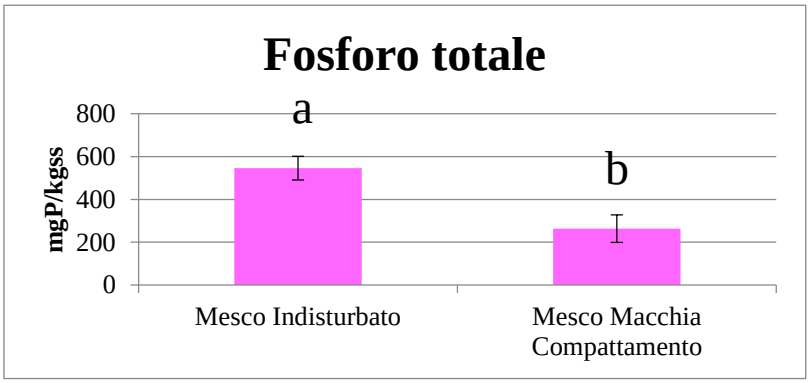
Fig. 17 Fosforo totale dei suoli interessati dalla presenza del Cinghiale



Lettere differenti (a,b) corrispondono a valori statisticamente differenti ($p<0.05$) tra i trattamenti (ns: non significativi)

Dalla Fig. 17 si nota come nelle zone di passaggio di cinghiali (sentieramento) vi sia quasi sempre una significativa riduzione del fosforo totale. L'andamento di questo parametro segue quello già riscontrato per il carbonio organico totale e l'azoto totale, confermando la presenza di processi di mineralizzazione a carico della sostanza organica con rilascio di forme solubili del fosforo facilmente dilavabili.

Figura 18. Fosforo totale dei suoli interessati dalla presenza della Capra domestica inselvatichita



Lettere differenti (a,b) corrispondono a valori statisticamente differenti ($p<0.05$) tra i trattamenti

Lo stesso andamento si nota anche nel sito interessato dal pascolamento dei caprini selvatici. (Fig.18)

Analisi biochimiche

Le analisi relative ai parametri biochimici del suolo non si sono ancora concluse e i risulati definitivi saranno riportati nella prossima relazione. Tuttavia, quelli fin qui ottenuti indicano come anche questi paramentri siano influenzati dalla azione di disturbo degli animali sul suolo. Infatti, risultano strettamente correlati con le caratteristiche fisico-chimiche del terreno che influenzano sensibilmente le attività microbiche del suolo.

3.3 Conclusioni

I risultati scaturiti dal presente studio hanno messo in evidenza come la presenza degli ungulati selvatici possa modificare notevolmente la qualità del suolo, migliorando o peggiorando, a seconda delle situazioni, alcuni importanti parametri fisico-chimici che a loro volta interferiscono sugli equilibri degli ecosistemi.

Il livello di degrado del suolo imputabile al pascolamento può essere relazionato ad alcuni fattori, quali la densità animale, i tempi di persistenza al pascolo e le caratteristiche morfologiche delle specie animali. Unitamente a questi parametri, alcuni fattori ambientali quali le condizioni climatiche, la morfologia del territorio, la presenza e la qualità del cotico erboso e le caratteristiche del suolo, rappresentano componenti fondamentali per la suscettibilità ai processi di degrado da pascolamento.

Nei siti interessati dalla presenza del cinghiale le alterazioni delle proprietà del suolo sono attribuibili a due principali abitudini di questi ungulati selvatici: quella di muoversi attraverso percorsi preferenziali (compattamento lineare o sentieramento) e quella di sommovimentare gli orizzonti superficiali del terreno (grufolamento o rooting).

Il parametro che per primo risulta essere indicatore dell'entità del disturbo dato dal sentieramento è la densità apparente.

Il continuo passaggio degli animali sui medesimi percorsi ed il consistente peso vivo dei cinghiali hanno determinato un elevato compattamento del suolo, con conseguente diminuzione della porosità e del grado di infiltrazione dell'acqua e quindi un generale peggioramento della struttura del suolo. Questo fenomeno è stato confermato anche dalla diminuzione di un altro parametro fisico, la stabilità degli aggregati.

La conseguenza è una forte esposizione del suolo a fenomeni erosivi causati dall'incremento del deflusso superficiale dell'acqua (*run off*), che aumenta, come nei casi esaminati, in situazioni di elevata pendenza dei suoli. Ciò determina un'asportazione della lettiera (formata soprattutto da biomasse vegetali, animali e microbiche) e degli strati superficiali del terreno, ricchi di sostanza organica.

Il fenomeno sopra esposto è confermato dalla diminuzione, nelle superfici soggette a sentieramento, dell'azoto totale, delle sue forme disponibili (azoto ammoniacale e nitrico) e del carbonio organico totale, ovvero dai parametri chimici direttamente correlati alla quantità di sostanza organica.

Al contrario, l'attività di *rooting* riscontrata nei siti scelti ha determinato un andamento opposto rispetto all'azione di disturbo dovuta al sentieramento, portando ad una diminuzione della

densità apparente, in media circa il 40%, ad una migliore stabilità degli aggregati ed ad un incremento di sostanza organica evidenziato dall'aumento di azoto totale e carbonio organico totale.

L'aumento della sostanza organica è stato determinato dall'effetto di incorporazione nel suolo della lettiera mediante sommovimentazione degli strati superficiali del terreno, effetto paragonabile ad una leggera lavorazione superficiale.

Si presume che l'azione di interramento della sostanza organica, associata ad un aumento della porosità e dell'ossigenazione del suolo, possa riflettersi positivamente anche sui processi biochimici.

Risultati differenti sono stati riscontrati nei siti interessati dalla presenza della capra domestica inselvatichita. La capra tende, infatti, a stazionare per tempi prolungati nelle stesse aree, provocando un continuo calpestamento del suolo e l'accumulo di grandi quantità di feci.

Tuttavia le analisi dei suoli sottoposti a questa tipologia di disturbo zoogeno non hanno rilevato l'aumento dei parametri correlati al fenomeno del compattamento. Infatti, non sono state osservate variazioni significative della densità apparente e della stabilità degli aggregati; evidentemente la mole degli animali e la popolazione non eccessivamente numerosa, hanno determinato un ridotto effetto sulle proprietà fisiche del suolo.

Anche i parametri chimici, indicatori del contenuto di sostanza organica, quali carbonio organico totale, azoto totale non sono stati modificati dalla presenza animale, nonostante l'elevato rilascio di deiezioni nelle aree interessate. La stabilità di questi parametri indica l'equilibrio tra i processi di mineralizzazione e umificazione della sostanza organica.

Al contrario, l'effetto del rilascio di feci ed urine sul suolo è ben evidente dall'aumento delle forme solubili dell'azoto, sia nitrati che ammoniaca.

In conclusione, i risultati ottenuti rappresentano un approccio innovativo verso lo studio delle problematiche relative ai processi di alterazione del suolo e più in generale sugli effetti sull'ecosistema, causati dal pascolamento degli ungulati selvatici. In particolare, è stato messo in evidenza come il cinghiale, attraverso l'azione di sentieramento, peggiori la qualità del suolo, con conseguenze negative sugli equilibri idrogeologici del territorio e sull'evoluzione della fitocenosi. Gli effetti dell'elevata pressione zoogena esercitata dagli ungulati selvatici sul suolo hanno riflessi anche sulla zoocenosi, fondamentale per gli equilibri ecologici, in quanto vengono alterati gli *habitat* e le popolazioni di insetti, micro mammiferi, anfibi e rettili.

Per quanto riguarda l'attività di *rooting* esercitata dal cinghiale, gli effetti sui parametri qualitativi del suolo dipendono essenzialmente dall'entità della pressione zoogena. Nel caso di un carico animale sostenibile, la moderata attività di *rooting* può causare effetti benefici assimilabili ad una lavorazione superficiale del terreno (interramento della sostanza organica e miglioramento

dei parametri fisico-chimici), qualora, invece, tale fenomeno dovesse raggiungere livelli di intensità elevati si potrebbe andare incontro ad un peggioramento delle caratteristiche fisiche, chimiche e biologiche dei suoli con conseguenti alterazioni degli equilibri ecologici e delle biodiversità.

A tale proposito è stato osservato come in zone al altissima densità animale, situate al di fuori del Parco nazionale, gli effetti, molto intensi, del *rooting* e del sentieramento si sovrappongono determinando dei veri e propri sconvolgimenti della superficie boschiva; il suolo con evidenti segni di "desertificazione" appare arido e destrutturato, privo di lettiera e di vegetazione erbacea ed arbustiva ed anche le piante arboree appaiono sofferenti per i danni subiti ai tronchi ed agli apparati radicali (Fig.19).

Fig. 19 Zone ad elevato impatto ambientale.

4 Impatto degli ungulati sulla biodiversità dei muri a secco

Nel Parco delle Cinque Terre, nel corso dei secoli la popolazione locale si è trovata di fronte all'esigenza di dover disporre di maggiori aree da coltivare anche in un territorio impervio e scosceso.

La realizzazione dei muri a secco si è rivelata l'unica soluzione per poter realizzare un'agricoltura compatibile con il territorio e nello stesso tempo è risultata una valida risoluzione al problema del dissesto idrogeologico, alla prevenzione e sistemazione delle frane, alla limitazione dell'erosione dei suoli ed infine alla regimazione delle acque.

Queste strutture, nel tempo, hanno determinato una serie di mutamenti taluni visibili (paesaggistici), altri meno evidenti ma altrettanto importanti come quelli ambientali.

I muri a secco infatti, sono stati colonizzati da numerosi organismi vegetali ed animali divenendo nel tempo delle vere e proprie nicchie ecologiche ricche di biodiversità endemiche, tipiche di questi microambienti.

Infatti all'interno e sulle superfici dei muri a secco si vengono a creare condizioni pedo-climatiche e ambientali del tutto particolari che possono favorire la colonizzazione e lo sviluppo di peculiari specie animali e vegetali.

I muri a secco, costituiti da materiali litoidi assemblati senza l'uso di malta/cemento, nonostante siano esposti agli elementi atmosferici e ambientali, hanno di solito limitati input e output biotici e abiotici, se paragonati alla maggior parte dei più comuni ecosistemi. Si parla di "assemblaggio" biotico o "wall communities" di differenti specie, emerse dal processo di selezione nel tempo, associato a questo particolare ambiente fisico. Gli ecosistemi murali possono innanzitutto essere contraddistinti per le loro caratteristiche fisiche e ambientali, che determinano la loro capacità di attivarsi come habitat e di supportare il biota. Alcuni fattori chiave sono per esempio il substrato fisico, l'umidità, i nutrienti e il microclima. Questi fattori hanno una particolare importanza per lo stabilirsi degli ecosistemi murali e possono avere una elevata differenziazione spaziale e temporale. Sebbene i materiali utilizzati per la costruzione del muro possono variare, le condizioni sono ostili per gran parte degli organismi vegetali perché la superficie del muro può offrire limitate opportunità per l'accumulo di materia organica fine e sedimenti inorganici che è un processo chiave per favorire la colonizzazione e lo sviluppo delle piante.

Le principali caratteristiche fisico-ambientali che influenzano la capacità dei muri di funzionare da habitat sono rappresentate da:

Le dimensioni del muro: i muri possono estendersi continuativamente anche per lunghe distanze con spessori variabile in funzione dell'altezza e della larghezza della lenza.

Lo spessore del muro influenza notevolmente lo sviluppo delle comunità vegetali e animali poiché condiziona le caratteristiche microclimatiche e ambientali dell'habitat.

I materiali da costruzione: normalmente sono costituiti da materiale litoide presente sul luogo. Il tipo e le specifiche, la forma e la dimensione delle pietre condizionano le caratteristiche di ritenzione idrica (porosità), il microclima, la capacità di assorbire e cedere il calore (conducibilità termica, colore), il grado ed il tasso di alterazione fisico-chimica, la composizione chimica e il pH del substrato, etc. L'ampiezza e la frequenza degli spazi vuoti tra i blocchi influenza la formazione del substrato idoneo alla colonizzazione e allo sviluppo di alcune specie di piante e organismi animali.

L'inclinazione: normalmente i muri a secco sono leggermente inclinati verso monte e ciò favorisce la loro colonizzazione e formazione di habitat grazie al fatto che i sedimenti e i semi possono depositarsi più facilmente negli interstizi favorendo così il successivo sviluppo delle piante.

Microclima: generalmente è condizionato dall'insolazione, umidità, esposizione al vento e spessore del muro (estreme fluttuazioni microclimatiche si hanno soprattutto in muri sottili).

Esposizione e orientamento: la localizzazione a diverse quote e in differenti orientamenti può far variare di molto l'input di radiazione solare, l'umidità, le precipitazioni, l'effetto del vento e di conseguenza anche l'intensità e la durata dell'alterazione delle rocce.

Localizzazione geografica: la biodiversità sinantropica dipende dalla distanza dei muri a secco dalle zone boschive e dall'esposizione ai differenti agenti responsabili della colonizzazione come il vento e l'acqua di ruscellamento poiché la maggior parte delle specie vegetali si propaga per via anemofila e idrocora.

L'età del muro: è direttamente collegata al degrado delle pietre e quindi alla conseguente formazione di microfessure, fratture e cavità che sono importanti per la colonizzazione delle piante, come del resto anche per la deposizione di materiale organico e di sedimenti. Età superiore ai 100 anni consente di ottenere una diversità floristica molto più ricca rispetto ai muri di recente

costruzione. Per questo in caso di cedimento e di successivo ripristino del muro, il ritorno alla biodiversità originaria richiede tempi molto più lunghi rispetto al recupero della funzione geomorfologica e idrogeologica.

Sedimenti e humus: Sono particolarmente importanti come substrato e come fonte dei nutrienti e di immagazzinamento dell'acqua indispensabile per lo stabilirsi e la crescita delle piante. Inoltre costituiscono un habitat e una fonte di nutrimento anche per gli organismi animali come anfibi, rettili, piccoli mammiferi, molluschi ed insetti. I sedimenti, a seconda della loro formazione possono classificarsi in: Sedimenti interni o endogeni che derivano dalla degradazione dei componenti litici del muro stesso, la cui tipologia e la quantità dipende dalla natura della roccia, dalla sua vulnerabilità alla degradazione nel tempo, dalla persistenza e avversità degli agenti ambientali e biotici. I Sedimenti esterni, o esogeni sono principalmente trasportati e depositati dal vento negli interstizi e nelle fratture della roccia e trasportati dalle acque di ruscellamento che si infiltrano negli spazi vuoti all'interno del muro.

Umidità: fattore chiave per lo sviluppo della biodiversità nel muro a secco, è originata dalle acque idrometeoriche e di ruscellamento. La ritenzione idrica dipende dalle caratteristiche dei blocchi litici del muro, dalla loro porosità, dal tipo e dalla quantità di fratture e spazi vuoti, dalla presenza di sedimenti accumulati e humus. L'umidità superficiale ed interstiziale è particolarmente importante per sviluppo dei muschi, dei licheni e delle alghe, la nascita e crescita delle piante, e per la sopravvivenza di specie animali in particolare molluschi ed anfibi.

pH: la maggior parte dei materiali litoidi sono alcalini, generalmente con pH compreso fra 7 e 9, quindi a parte alcune eccezioni, si vengono a creare situazioni e substrati idonei alla nascita e allo sviluppo di piante, alghe e licheni e habitat idonei per le specie animali caratterizzanti questi ambienti.

Dalle osservazioni dei muri a secco effettuate nei siti di indagine del Parco delle Cinque Terre è stato evidenziato come le azioni biologiche sui muri a secco siano dovute alla progressiva colonizzazione nel tempo di: alghe, muschi, licheni, piante superiori e macro-organismi.

Anche gli organismi viventi contribuiscono alla degradazione del materiale lapideo, sebbene la loro azione sia leggermente meno evidente di quelle di tipo fisico e chimico. La degradazione biologica si esplica grazie agli organismi direttamente sul substrato attraverso processi chimici e al rilascio di metaboliti con reazioni acide o chelanti, e/o attraverso processi meccanici conseguenti alla penetrazione delle ife o delle radici nel substrato stesso, con conseguente variazione del proprio volume al variare del loro contenuto di umidità.

Riguardo dunque l’alterazione dovuta agli agenti biologici; questi sono di varia origine anche se l'attacco è portato principalmente da organismi autotrofi come: alghe e licheni e da organismi eterotrofi come batteri e muffe. Con il termine biodegrado dei muri a secco si indica ogni modificazione, in genere superficiale, che può essere ricondotta all’attività di organismi viventi. Tra questi un ruolo assolutamente prevalente è svolto dai vegetali pionieri così chiamati poiché in grado di colonizzare per primi la pietra nuda. Tra i pionieri, i più adattabili e i più attivi sono senza alcun dubbio i muschi e i licheni a cui si devono la maggior parte dei bio-depositi (patine superficiali) e delle micro-bio-erosioni osservabili sulle superfici delle pietre messe in opera.

La presenza dei muschi contribuisce a mantenere una discreta quantità di acqua a contatto con la superficie lapidea e funge da substrato per gli organismi eterotrofi che a loro volta possono degradare la roccia.

L’interazione tra i licheni "pionieri” e le superfici litoidi con le loro conseguenti modificazioni chimiche e fisiche risulta un meccanismo utile e indispensabile per lo sviluppo della flora sulla superficie dei muri a secco. Infatti, è stato osservato come il biodegrado qualora sia presente in tutte le sue fasi, da quella embrionale, a quelle intermedia fino a quella finale favorisca la nascita e lo sviluppo della flora colonizzatrice i muri. Un’attenta osservazione in situ permette di verificare che i licheni portano con la loro opera alla formazione di piccoli cuscinetti di protosuolo (piccoli frammenti della roccia sottostante sbriciolata) a cui sono in grado di fornire, alla loro morte, la minuscola frazione di humus necessaria per il successivo attecchimento di muschi, felci, parietarie e altre piante superiori.

Inoltre si ritiene che esista una strettissima relazione fra la biodiversità dell’ambiente terrazzato e quella sinantropica. Infatti i muri a secco si popolano di piante ed esseri animali (anfibi, rettili, piccoli mammiferi, molluschi, insetti) che vivono per lo più nell'habitat circostante, esercitando altresì una selezione naturale in funzione della sua struttura e delle sue caratteristiche geopedologiche e ambientali.

A loro volta la biodiversità degli ambienti circostanti è influenzata da quella ospitata nei muri a secco raggiungendo e mantenendo con questa un equilibrio ecologico contraddistinto da un continuo scambio di materiale organico e di organismi viventi. Purtroppo i muri a secco risultano delle strutture antropiche molto vulnerabili il cui degrado dipende da diversi fattori come l'abbandono del territorio, la mancata manutenzione e la presenza di disturbi esterni come il Cinghiale. Da studi da noi effettuati è emerso come il Cinghiale rappresenti la causa principale del crollo dai muri a secco grazie alla sua naturale attitudine di rimuovere le pietre, alla ricerca di bulbi,

rizomi e organismi animali di cui si nutre. Inoltre è stato osservato come in caso di ripristino dei muri danneggiati si determina un immediato recupero delle funzioni idraulico-agrarie, mentre per la colonizzazione dei muri a secco e il ristabilirsi dell'habitat e della biodiversità occorrono tempi molto più lunghi.

Fig. 20 Muro a secco colonizzato dalla vegetazione.

Fig. 21 Muro a secco danneggiato dai cinghiali.

5 Osservazioni sulla presenza del Capriolo nel Parco Nazionale delle Cinque Terre

La presenza del Capriolo nel Parco nazionale delle Cinque terre è piuttosto recente in quanto le prime segnalazioni sono successive agli anni 2000.

Le necessità per l'animale di ambienti aperti e caratterizzati da vegetazione rada induceva a credere che il territorio del Parco Nazionale delle Cinque Terre non fosse ambiente idoneo al Capriolo e pertanto le problematiche connesse con la presenza di questo ungulato sono state sottovalutate. Tuttavia, in base ai recenti e sempre più numerosi avvistamenti, da parte degli addetti alla gestione faunistica, emerge che la popolazione del Capriolo si stia sempre più adattando agli ambienti tipici del territorio del Parco nazionale diffondendosi progressivamente in tutti gli ambienti forestali.

Gli effetti del Capriolo sulla vegetazione boschiva sono difficili da individuare perché, da una parte, data la consistenza non eccessiva della popolazione, questa specie non è ancora in grado di determinare modificazioni significative sugli ecosistemi e, dall'altra, gli effetti sulla vegetazione possono essere talvolta scambiati con quelli provocati dagli altri ungulati selvatici.

Attualmente i danni del Capriolo segnalati riguardano prevalentemente i vigneti, colpiti soprattutto in fase di germogliazione, ma anche in fase di produzione. Questo danno risulta molto sentito dai viticoltori locali in quanto si aggiunge ad altre difficoltà legate alle caratteristiche agro-geomorfologiche del territorio. Inoltre, i danni inferti, oltre a ridurre la produzione dell'anno, inficiano la produzione potenziale degli anni successivi causando "sintomi di scoraggiamento" nei confronti dell'agricoltura locale (*Human dimension*).

Le opere di prevenzione contro i danni del cinghiale, realizzate con recinzioni metalliche, robuste ma non sufficientemente alte (circa 1m) non sono idonee ad evitare il contenimento del Capriolo nelle zone coltivate, in quanto è capace di superare ostacoli ben più alti.

Per ovviare queste problematiche, nell'ambito del presente Progetto, è prevista una sperimentazione innovativa di prevenzione dei danni da ungulati selvatici per mezzo dell'uso di "sistemi di allontanamento" ad ultrasuoni.

La start-up "Natech" ha di recente messo in commercio i dispositivi ad ultrasuoni "Escape", nelle due versioni "Basic" e "Plus". L'innovativo prodotto è stato sviluppato dal Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione dell'Università di Pisa, in collaborazione con partner privati e pubblici. *Escape Plus* è un apparecchio ad emissione di ultrasuoni in grado di modulare le frequenze attenuandone l'assuefazione da parte degli ungulati selvatici. Un solo apparecchio può

proteggere una superficie di circa 2000m^2 oppure 100 metri lineari. L'utilizzo accoppiato di più dispositivi può fornire protezione ad intere aree.

Escape Plus presenta le seguenti caratteristiche:

- diagnostica e controllo remoto;
- alimentazione off grid con energy harvesting;
- sistema antifurto con GPS integrato;
- schede elettroniche modulabili;
- attuatore piezoelettrico totalmente ultrasonico da 120dB di potenza;
- sensori di rilevamento.

Questa forma di "recinzione virtuale" potrebbe quindi permettere il contenimento di entrambe le specie di ungulati selvatici, evitando l'installazione di barriere fisiche come le recinzioni metalliche o elettriche che rappresentano un limite alla biopermeabilità del territorio.

Le sperimentazioni preliminari condotte in Toscana, sia presso vigneti che all'interno dell'area protetta di San Rossore, hanno dato per ora risultati soddisfacenti, tuttavia occorre verificare l'efficacia del sistema di dissuasione in ambienti particolari come quelli del Parco nazionale delle Cinque Terre, caratterizzato da una morfologia irregolare e molto declive, per lo più terrazzata e con un eterogeneo uso del suolo (vicinanza di vigneti e oliveti con incolti e zone boscate).

Fig. 23 Danni del Capriolo presso un vigneto sperimentale del Ente parco delle Cinque Terre [Foto da Marsan & Dell'Omodarme, 2010].