



**FutureFor  
Coppices**

Shaping future forestry for sustainable coppices in southern Europe:  
the legacy of past management trials



LIFE14 ENV/IT/000514

## Criterio 5 – Funzioni protettive nella gestione forestale

### Indicatori di Gestione Forestale Sostenibile

# Report on status and trend of indicators related to SFM Criterion 5 at the project sites

Dicembre 2017



La revisione editoriale del manuale è stata curata dal personale di TerraData environmetrics (Giorgio Brunialti, Luisa Frati, Marco Calderisi). La stesura del report è stata condotta da Carlotta Ferrara e Francesco Chianucci.

*Forma raccomandata di citazione:*

Chianucci F., Ferrara C., Bertini G., Piovosi M., Marchino L., Fabbio G, Landi S., Cutini A., 2017. Report on status and trend of indicators related to SFM Criterion 5 at the project sites Documento del progetto LIFE FutureForCoppiceS, pp. 42.



## SOMMARIO

Extended abstract.....	4
Riassunto esteso .....	5
1. Introduzione .....	6
2. Scopo del report.....	7
3. Obiettivi.....	7
4. Dati disponibili .....	8
5. Elaborazione dei dati.....	13
6. Risultati.....	13
6.1 Indicatori tradizionali .....	13
6.2 Indicatori innovativi.....	14
7. Conclusioni .....	<b>Errore. Il segnalibro non è definito.</b>
8. Bibliografia ed ulteriori letture .....	38
9. Annessi .....	39

## **Extended abstract**

Sustainable Forest Management (SFM) is essential for providing multiple functions that are demanded by forests. In this regard, due to a renewed interest in forests health preservation, the assessment and monitoring of forest and environmental resources represents a key point for management and policy purposes.

This Report intends to provide information about the influence of different forest treatments on attributes that influence forest protective functions in coppice forests. In particular, specific activity will be focused at assessment, measurements and evaluations of complete new set of indicators, at the project plus sites and plots. These indicators are related to consolidated indicators under the SFM Criterion 5: maintenance and appropriate enhancement of protective functions in forest management (notably soil and water, FOREST EUROPE, UNECE and FAO 2011), normally employed at large scale. Specifically, the innovative indicators here proposed are: (i) overstorey cover, (ii) understorey cover, (iii) ground litter depth, (iv) bryophyte ground cover and (v) flood retention. The proposed new indicators are quantitative and retain an explicit ecophysiological value. They provide information on protective functioning of the considered forest management options, with particular reference to their role on water regime and prevention of soil erosion.

Results of this Action demonstrate the capability of the tested management options to support the forest protective role and the ability of the newly proposed Indicators for site-related assessment of SFM.

## **Riassunto esteso**

Le foreste gestite in modo sostenibile svolgono indubbiamente un ruolo significativo per molti aspetti. A questo proposito, a causa di un rinnovato interesse per la conservazione dello stato di salute delle foreste, la valutazione e il monitoraggio delle risorse forestali diventa un punto chiave per fini gestionali e politici.

Questo Report intende fornire informazioni sull'influenza dei diversi trattamenti gestionali dei boschi cedui sugli attributi che influenzano le funzioni di protezione delle foreste. In particolare, l'attività specifica sarà focalizzata alla determinazione, misurazione e valutazione di una serie completa di nuovi indicatori, nei siti plus di progetto. Tali indicatori sono relativi al Criterio 5 di Gestione Forestale Sostenibile (GFS), relativo alla manutenzione e all'adeguato miglioramento delle funzioni protettive nella gestione delle foreste (in particolare suolo e acqua, FOREST EUROPE, UNECE e FAO 2011), però normalmente utilizzate su larga scala. Il set di indicatori innovativi proposti sono: (i) copertura del piano di vegetazione arboreo superiore, (ii) copertura del piano di vegetazione arboreo inferiore e arbustivo, (iii) profondità dello strato di lettiera, (iv) copertura della briofite e (v) capacità di regimazione idrica del suolo. I nuovi indicatori proposti sono quantitativi e presentano un valore ecofisiologico esplicito, fornendo informazioni sul funzionamento protettivo degli ecosistemi forestali, con particolare riferimento alla loro influenza sul regime idrico e alla prevenzione dell'erosione del suolo.

I risultati della presente azione forniscono informazioni sia per dimostrare la capacità delle opzioni di gestione testate presso i siti del progetto per supportare il ruolo di protezione della foresta, sia per la capacità degli indicatori innovativi per la valutazione correlata al sito dei criteri di GFS.

# 1. Introduzione

In un'epoca in cui le foreste sono al centro dell'interesse, soprattutto per l'accresciuta consapevolezza del loro significato per il benessere e lo sviluppo equilibrato della società, diventa preminente il loro ruolo nella tutela delle risorse idriche, del suolo, dell'ecosistema, delle infrastrutture e delle risorse naturali in generale. In Europa, la protezione del suolo e delle acque è ormai considerata una priorità tra gli obiettivi principali delle politiche ambientali (FOREST EUROPE 2015). In generale, la crescente sensibilità ai temi ambientali ha portato a formulare criteri e indicatori per una Gestione Forestale Sostenibile (GFS) come strumenti necessari per valutare concretamente e uniformemente la gestione, lo sviluppo sostenibile e la conservazione di tutti i tipi di foreste, da considerare nelle politiche forestali a livello Europeo. Attualmente, i criteri di GFS sono sei in totale: (i) mantenimento e appropriato miglioramento delle risorse forestali e loro contributo al ciclo globale del carbonio; (ii) mantenimento della salute e vitalità degli ecosistemi forestali; (iii) mantenimento e sviluppo delle funzioni produttive nella gestione forestale (prodotti legnosi e non legnosi); (iv) mantenimento, conservazione e appropriato miglioramento della diversità biologica negli ecosistemi forestali; (v) mantenimento e appropriato miglioramento delle funzioni protettive nella gestione forestale (con specifica attenzione alla difesa del suolo e alla regimazione delle acque); (vi) mantenimento delle altre funzioni e delle condizioni socio-economiche. All'interno di ogni criterio sono stati proposti diversi indicatori di GFS per analizzare in modo quantitativo e/o qualitativo le condizioni generali delle foreste, i prodotti forestali, l'efficienza delle diverse forme di gestione e i relativi impatti sociali e ambientali.

Uno degli obiettivi principali della gestione forestale sostenibile è quello di valorizzare il ruolo multifunzionale del bosco, assicurando il contemporaneo e consistente svolgimento delle funzioni multiple che la società richiede alle foreste, tra cui le funzioni protettive descritte nel Criterio 5 della GFS (Mantenimento e miglioramento delle funzioni protettive nella gestione forestale).

In questo report è stato valutato un set di nuovi indicatori derivanti da variabili che si riferiscono alla copertura forestale e del suolo, le quali svolgono un ruolo fondamentale nell'intercettazione delle piogge e quindi nella regimazione delle acque e nella protezione del suolo. Tali indicatori innovativi hanno come obiettivo quello di valutare, relativamente ai popolamenti di origine agamica, la sostenibilità e l'efficacia dei differenti trattamenti forestali, quali: ceduo tradizionale, evoluzione naturale, conversione tramite taglio di avviamento e diradamenti e taglio di sementazione. In sintesi, gli indicatori proposti sono: (i) copertura del piano di vegetazione arboreo superiore; (ii) copertura del piano di vegetazione arboreo inferiore e arbustivo; (iii) profondità dello strato di lettiera; (iv) copertura delle briofite e (v) capacità di regimazione idrica del suolo. Tali indicatori, utilizzati a scala locale, potrebbero essere utilizzati a supporto di quelli ormai consolidati nell'ambito del Criterio 5 di GFS che sono normalmente intesi a scala più ampia.

Il report intende evidenziare, *post-hoc* e con dati reali, come differenti trattamenti forestali abbiano influenzato le funzioni protettive dei popolamenti di origine agamica. I risultati della presente azione (B5) hanno consentito, da un lato, di migliorare il quadro conoscitivo sui differenti approcci di GFS, testati in diversi siti sperimentali, per favorire il ruolo protettivo delle foreste e, dall'altro lato, di dimostrare la validità dei nuovi indicatori proposti per la valutazione a scala locale il mantenimento e miglioramento delle funzioni protettive nella gestione sostenibile dei soprassuoli forestali.

## 2. Scopo del report

Lo scopo del presente report è quello di fornire informazioni utili sia al miglioramento del quadro conoscitivo sui differenti approcci di GFS, testati in diversi siti sperimentali classificati *plus* di progetto (Tab. 2.1), per favorire il ruolo protettivo delle foreste e sia ai metodi di rilevamento delle variabili necessarie al calcolo del nuovo set di indicatori proposti, per monitorare la funzione protettiva dei soprassuoli forestali.

Tab. 2.1 – Siti sperimentali considerati nell'ambito dell'azione B5.

European Forest Type	Regione	Distretto	Sito	Anno installazione	Numero Aree
Foreste montane di faggio	Toscana	Alpe di Catenaia	Buca Zamponi	1972	5
Foreste montane di faggio	Toscana	Alpe di Catenaia	Buca Zamponi 1*	2011	4
Foreste montane di faggio	Toscana	Alpe di Catenaia	Eremo della Casella*	2003	2
Foreste sempreverdi a dominanza di leccio	Sardegna	Foresta di Is Cannoneris	Is Cannoneris	1994	9
Foreste termofile a dominanza di cerro	Toscana	Colline Metallifere	Poggio Pievano	1995	4

\* sito non *plus* considerato per gli indicatori relativi alla copertura del piano di vegetazione arboreo superiore e del piano di vegetazione inferiore e arbustivo e per l'indicatore della capacità di regimazione idrica del suolo.

Gli indicatori proposti sono utilizzati per la valutazione della sostenibilità delle differenti opzioni di gestione forestale in merito alle funzionalità protettive svolte dai popolamenti di origine agamica. L'ambito di applicabilità di questi indicatori può variare dal livello di popolamento sino a quello di distretto forestale.

## 3. Obiettivi

L'obiettivo principale dell'indagine è produrre una valutazione della capacità dei popolamenti forestali di svolgere funzioni protettive, con particolare riferimento alla regimazione delle acque e alla protezione dall'erosione del suolo, garantendo al contempo la preservazione della fertilità dei suoli forestali, attraverso la misura di indicatori innovativi per il contesto GFS. In tal senso diventa fondamentale una pianificazione della gestione forestale che mantenga e favorisca le funzioni protettive delle foreste. In particolare, l'azione B5 si riferisce alla raccolta e analisi dei dati per ottenere indicatori pertinenti al Criterio 5 della GFS, e gli indicatori qui considerati si basano su grandezze misurate su individui arborei, su misure strumentali e determinazioni di laboratorio, su grandezze direttamente misurate o derivate e calcolate. Per ciascun indicatore proposto viene spiegato il significato e vengono date indicazioni dettagliate sulle modalità di campionamento, l'elaborazione e l'interpretazione dei dati.



Data la scala locale del presente progetto (singoli siti sperimentali piuttosto che grandi aree forestali), non sono applicabili indicatori “tradizionali” del criterio 5 della GFS. Pertanto, sono stati proposti indicatori innovativi per la valutazione della sostenibilità delle diverse opzioni colturali nei confronti del ruolo protettivo delle foreste, mai applicati prima nel contesto del progetto e nel campo della GFS. Tali indicatori “innovativi”, che forniscono informazioni sull’impatto delle diverse soluzioni gestionali sulla funzione protettiva delle foreste, possono però essere applicati sia a livello di popolamento sia a livello di distretto forestale. In particolare, la presente indagine vuole supportare strategie forestali europee nel fornire una stima della copertura del piano di vegetazione arboreo superiore, inferiore, arbustivo e delle briofite, dello spessore della lettiera e della regimazione idrica, in relazione a diversi approcci di gestione forestale in corso.

## 4. Dati disponibili

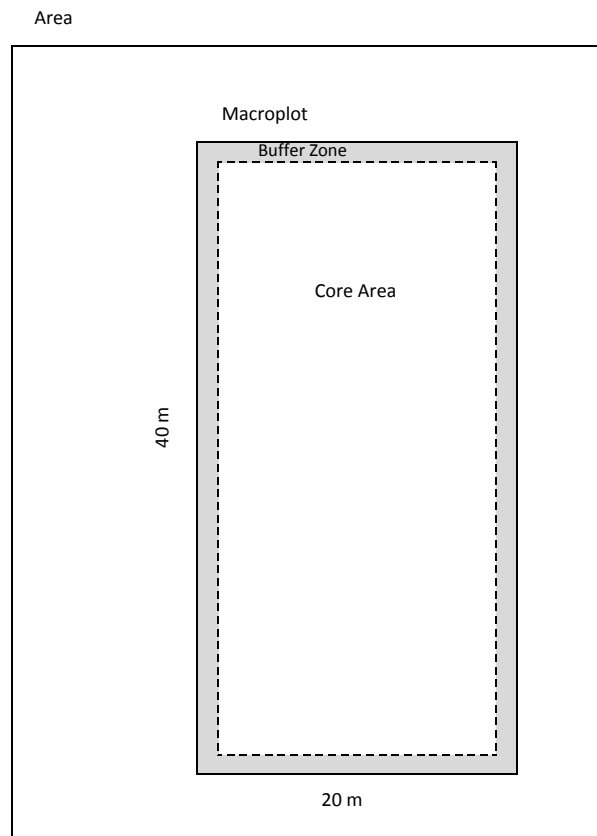
Gli indicatori previsti dalla presente Azione sono utilizzati per la valutazione della sostenibilità dei diversi trattamenti forestali nei confronti del ruolo protettivo delle foreste. In Tabella 4.1 sono riportati gli indicatori proposti e le relative unità di misura.

*Tab. 4.1 – Indicatori considerati nell’ambito dell’azione B5 e relative unità di misura.*

#	Indicatore	Unità di misura
1	Copertura del piano di vegetazione arboreo superiore	Relativa (0-1)
2	Copertura del piano di vegetazione arboreo inferiore e arbustivo	Relativa (0-1)
3	Profondità dello strato di lettiera	cm
4	Copertura delle briofite	Relativa (0-1)
5	Capacità di regimazione idrica del suolo	Adimensionale (0,1 – 1,0)

L’accuratezza delle misure è funzione dello strumento e della tecnica utilizzata (ad esempio la precisione delle stime di copertura è  $\pm 10\%$ ; nella determinazione della profondità dello strato di lettiera è di  $\pm 1$  cm).

L’individuazione dei punti di campionamento per la stima delle variabili utili al calcolo degli indicatori è stata condotta all’interno di una superficie rettangolare (*Macroplot*) individuata all’interno di ciascuna superficie di riferimento (Area) nei siti di progetto (Fig. 4.1) (Ferretti et al. 2016).



*Fig. 4.1 – Schema della struttura del macroplot nel progetto Life FutureForCoppiceS (modificato da Ferretti et al. 2016).*

In particolare, gli indicatori raccolti in questa azione derivano da dati raccolti a livello di *Macroplot*, fatta eccezione dell'indicatore sulla capacità di regimazione idrica del suolo, rilevato secondo uno schema di campionamento sistematico (a griglia di punti o per transetto lineare). Le misurazioni condotte per calcolare gli indicatori relativi alla copertura del piano di vegetazione superiore e inferiore (indicatori 1 e 2) sono state effettuate a intervalli regolari, tramite strumentazione fotografica, seguendo una griglia sistematica per la localizzazione dei punti di campionamento (Fig. 4.2a).

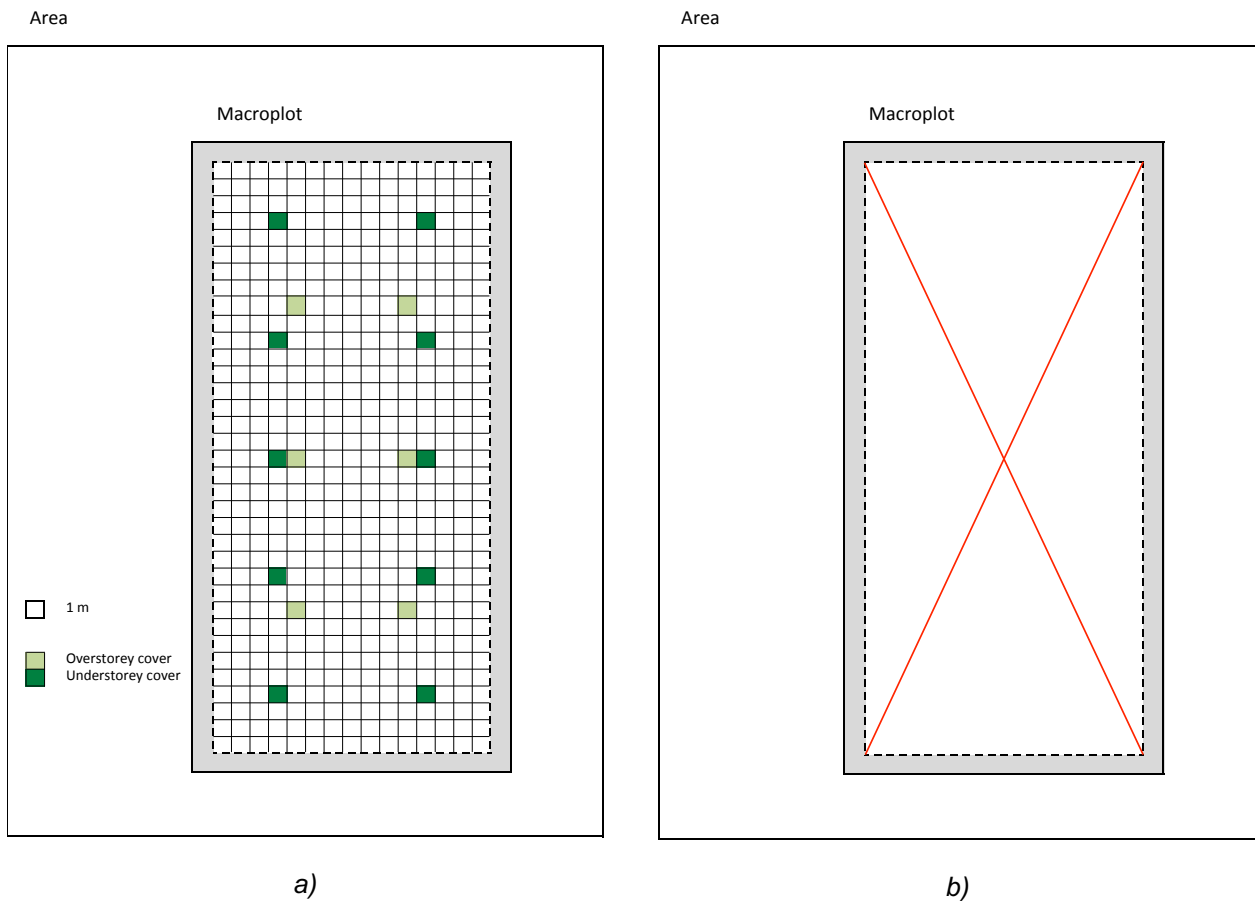


Fig. 4.2 – a) Griglia sistematica con evidenziate le aree al centro delle quali sono state effettuate le misure strumentali relative ai nuovi indicatori di copertura della vegetazione arborea e arbustiva all'interno del macroplot; b) griglia sistematica con evidenziate le diagonali lungo le quali sono state effettuate le misure strumentali relative ai nuovi indicatori di profondità dello strato di lettiera e della copertura delle briofite, all'interno del macroplot, nell'ambito dell'azione B5 del progetto Life FutureForCoppiceS.

La misura degli indicatori 3 e 4, relativi rispettivamente alla profondità dello strato di lettiera e alla copertura delle briofite, è stata condotta realizzando un transetto lineare di 40 m, lungo una delle due diagonali del *Macroplot*, sorteggiata casualmente (Fig. 4.2b). Le misurazioni sono state effettuate a partire da 2 m dai vertici della diagonale, per evitare di compiere misurazioni all'interno della buffer zone. Le misurazioni della profondità di lettiera sono state effettuate ad una distanza di 2 m l'una dall'altra (per un totale di 20 misurazioni per *Macroplot*). Per la stima della copertura delle briofite è stata usata una distanza di 20 cm tra un punto di campionamento e il successivo (per un totale di 200 osservazioni in ciascun *Macroplot*) a partire da 2 m dai vertici della diagonale, per evitare di compiere misurazioni all'interno della *buffer zone*. Nel caso dei primi quattro indicatori le misure sono state condotte nel periodo estivo (Luglio - Agosto), quando è massima l'espansione fogliare.

Per quanto riguarda la determinazione della capacità di regimazione idrica (Indicatore 5) si è proceduto a integrare le informazioni raccolte per la stima della copertura del piano inferiore con dati relativi alla

geomorfologia dei *Macroplot*, come la pendenza del terreno e permeabilità del substrato roccioso.

In particolare, il calcolo degli indicatori prevede i passaggi di seguito descritti in dettaglio:

- *Copertura del piano di vegetazione arboreo superiore*. Le immagini del piano arboreo superiore sono state analizzate con il software dedicato Winscanopy (Regent Instrument Inc., Ste-Foy, Quebec, Canada) per la binarizzazione dell'immagine. La copertura è il complemento della frazione di pixel classificati cielo. In tal modo, la definizione di copertura è equivalente a *foliage cover* definita da Macfarlane et al. (2007). Le sei stime per macroplot prodotte dalle immagini vengono poi mediate per produrre un valore a livello di macroplot. Le procedure di classificazione sono automatizzate dal software e pertanto solo una valutazione visiva sulla qualità dell'immagine viene effettuata a tutela della bontà del dato raccolto.
- *Copertura del piano di vegetazione arboreo inferiore e arbustivo*. La classificazione delle immagini relative allo strato inferiore è diversa da quella delle immagini del piano arboreo superiore, e utilizza degli indici vegetazionali nel visibile e delle conversioni dello spazio colore. In particolare, vengono utilizzati i metodi Rosin e LAB2 descritti da Macfarlane e Ogden (2012) e gli script sviluppati in MATLAB dagli stessi autori. Secondo studi pregressi (Chianucci et al. 2014b), si utilizza il metodo Rosin laddove tale metodo abbia fornito stime di copertura  $< 0,1$ , altrimenti si utilizza LAB2. Le stime prodotte dalle 10 immagini per macroplot vengono poi mediate per produrre un valore a livello di macroplot. Le procedure di classificazione sono automatizzate dal software e pertanto solo una valutazione visiva sulla qualità dell'immagine viene effettuata a tutela della bontà del dato raccolto.
- *Profondità dello strato di lettiera*. Le 20 misure per macroplot prodotte lungo il transetto vengono mediate per produrre un indicatore a livello di macroplot. La validazione dei dati prevede un'analisi di congruenza delle misure raccolte in campo sulla base dei valori di riferimento attesi da un operatore esperto.
- *Copertura delle briofite*. Le 200 misure per macroplot prodotte lungo il transetto vengono mediate per produrre un valore a livello di macroplot. La validazione dei dati prevede un'analisi di congruenza delle misure raccolte in campo sulla base dei valori di riferimento attesi da un operatore esperto.
- *Capacità di regimazione idrica del suolo*. Questo indicatore viene valutato attraverso il calcolo dell'indice di Kennessy (FRI) modificato per le finalità di calcolo dell'indicatore. Per calcolare questo indice, ognuna delle tre variabili necessarie al suo computo (copertura del piano di vegetazione inferiore, pendenza del terreno e permeabilità del substrato roccioso) deve essere mediata a livello di *Macroplot*. La pendenza topografica deve essere misurata in campo da operatori esperti tramite clisimetro. La permeabilità rocciosa viene valutata sulla base di classi di permeabilità variabili da 1 (permeabilità molto bassa) a 5 (permeabilità molto alta) attribuite da pedologi esperti. Ad ogni variabile misurata viene poi attribuito un valore secondo quanto riportato in Tabella 4.2. L'indice è infine calcolato dalla somma dei valori ottenuti dai tre parametri e varia da un minimo di 0,1 a un massimo di 1,0.

Tab. 4.2 – Variabili misurate nell'ambito dell'azione B5 per il calcolo dell'indicatore Capacità di regimazione idrica del suolo.

Variabile	Valore
Copertura del piano di vegetazione inferiore ( $C_i$ )	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 0,02 se <math>C_i \geq 0,85</math></li> <li>• 0,05 se <math>0,65 \leq C_i &lt; 0,85</math></li> <li>• 0,10 se <math>0,35 \leq C_i &lt; 0,65</math></li> <li>• 0,20 se <math>C_i &lt; 0,35</math></li> </ul>
Pendenza topografica (P)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 0,40 se <math>P \geq 35\%</math></li> <li>• 0,25 se <math>10\% \leq P &lt; 35\%</math></li> <li>• 0,15 se <math>5\% \leq P &lt; 10\%</math></li> <li>• 0,05 se <math>P &lt; 5\%</math></li> </ul>
Permeabilità rocciosa ( $P_r$ )	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 0,40 se <math>P_r = 1</math></li> <li>• 0,30 se <math>P_r = 2</math></li> <li>• 0,18 se <math>P_r = 3</math></li> <li>• 0,15 se <math>P_r = 4</math></li> <li>• 0,03 se <math>P_r = 5</math></li> </ul>
Capacità di regimazione idrica del suolo (C)	$C = C_i + P + P_r$

Per ulteriori dettagli si rimanda al Manuale di rilevamento (Chianucci et al. 2016).

## 5. Elaborazione dei dati

L'analisi dei dati prevede il calcolo di parametri derivati dalle misure condotte sulle unità di campionamento. Sono quindi calcolati gli indicatori derivati dalle misure e le relative statistiche descrittive. L'analisi si svolge per confronto sincronico tra le differenti tipologie di trattamento/gestione considerate.

Per il confronto tra le differenti tipologie di trattamento, gli strumenti di analisi statistica più comunemente adottati sono l'analisi della varianza (ANOVA) con relativi test *post-hoc* (Tukey HSD) e tabelle di contingenza.

## 6. Risultati

### 6.1 Indicatori tradizionali

Dato il carattere del criterio, in questa azione non sono previsti indicatori tradizionali, in quanto non applicabili a scala locale.

## 6.2 Indicatori innovativi

Le foreste rivestono una notevole importanza per il mantenimento dell'equilibrio dell'assetto fisico del territorio. La copertura forestale costituisce uno strumento estremamente efficace per contrastare e contenere i fenomeni di dissesto: ha, infatti, una forte capacità di trattenere l'acqua piovana, fattore climatico dominante di erosione, diminuendo il deflusso sia attraverso l'azione delle chiome sia attraverso il suolo forestale. In questo senso, l'azione B5 vuole valutare la capacità dei nuovi indicatori per definire la qualità del tipo di gestione nel miglioramento delle funzioni protettive delle foreste, per ciascuna delle opzioni individuate, compreso il confronto con l'evoluzione naturale dove presente.

Si procede quindi verificando lo stato e l'andamento relativo degli indicatori innovativi per ogni trattamento forestale, confrontandone la capacità di risposta ed evidenziando possibili sovrapposizioni e/o complementarietà tra gli indicatori considerati.

Di seguito, si riportano i risultati che si riferiscono agli indicatori innovativi per l'intero set di dati, mentre nei paragrafi successivi sono riportati i risultati per ciascun sito.

### Copertura del piano di vegetazione arboreo superiore

La copertura del soprassuolo (*overstorey cover*) è definita come la frazione di suolo ricoperta dalla proiezione verticale delle chiome (Jennings et al. 1999). Pertanto, questo indicatore valuta la frazione di area coperta dalle chiome (includendo sia la massa fogliare che i rami), rispetto alla superficie totale, espressa in termini relativi (0: assenza di copertura; 1: copertura colma, pari a 100%). La copertura è stata stimata con un metodo recentemente sviluppato (Macfarlane et al. 2007; Chianucci 2016), mediante l'utilizzo di fotocamere ad angoli ristretti (con un angolo di campo tipicamente di 30°, comparabile col primo anello del Plant Canopy Analyzer LAI-2000) che permettono di stimare la copertura da immagini pseudo-zenithali (Macfarlane et al. 2007). Per questo indicatore, sono state analizzate anche le aree del sito Buca Zamponi<sup>1</sup> ed Eremo della Casella, non classificate come siti plus, per avere una maggiore casistica di trattamenti gestionali (ceduo tradizionale di faggio e taglio di sementazione).

La Tabella 6.1 riporta le statistiche descrittive dell'indicatore nei diversi trattamenti.

*Tab. 6.1. Statistiche descrittive dell'indicatore "Copertura del piano di vegetazione arboreo superiore" nei diversi trattamenti.*

<b>Trattamento</b>	<b>Numero misure</b>	<b>Media</b>	<b>Dev. Std.</b>	<b>Err. Std. Media</b>
Conversione all'alto fusto	72	0,84	0,15	0,02
Evoluzione naturale	30	0,88	0,09	0,02
Taglio di sementazione	6	0,74	0,34	0,14
Ceduo tradizionale	36	0,66	0,25	0,04

Al fine di esaminare le relazioni e/o possibili differenze nella Copertura del piano di vegetazione arboreo superiore e il tipo di trattamento, è stata effettuata l'analisi della varianza, essendo una tecnica statistica inferenziale che sottopone a verifica l'ipotesi sulla significatività della diversità tra più gruppi di dati (nello

specifico, i trattamenti selvicolturali). I box plot (Fig. 6.1) mostrano le differenze nella quantità media di Copertura del piano di vegetazione arboreo superiore fra i diversi tipi di trattamento ed anche la differenza di variabilità dell'indicatore per ciascun trattamento. La Tabella 6.2 riporta i risultati dell'analisi della varianza totale dell'indicatore nei diversi trattamenti, indicando differenze altamente significative ( $p\text{-value} < 0,0001$ ). Per definire quali e quanti siano i trattamenti diversi, sono stati utilizzati i confronti multipli (*post-hoc tests*), dai quali risulta, in senso statistico, una differenza significativa tra trattamento Ceduo tradizionale rispetto sia alla Conversione all'alto fusto che all'Evoluzione naturale.

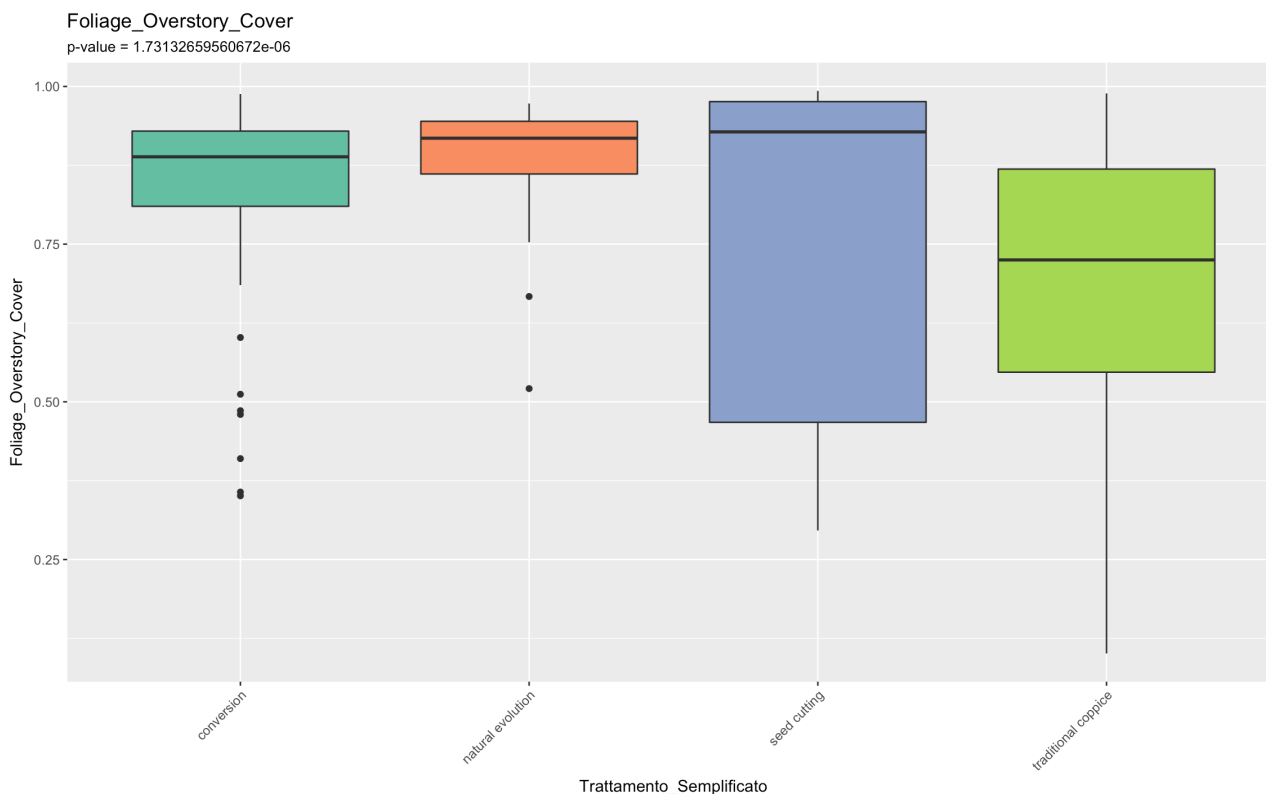


Fig. 6.1 – Distribuzione dei valori di Copertura del piano di vegetazione arboreo superiore nei diversi trattamenti. Boxplot: mediana, intervallo interquartile, range 1,5 intervallo interquartile, outliers.

Tab. 6.2 – Risultati dell'analisi della varianza dell'indicatore "Copertura del piano di vegetazione arboreo" per forme di governo.

ANOVA		p-value
		<0,0001*
Comparisons for each pair		
Tukey HSD		
Evoluzione naturale	Ceduo tradizionale	<0,0001*
Conversione all'alto fusto	Ceduo tradizionale	<0,0001*
Evoluzione naturale	Taglio di sementazione	0,0750
Conversione all'alto fusto	Taglio di sementazione	0,2075
Taglio di sementazione	Ceduo tradizionale	0,3018
Evoluzione naturale	Conversione all'alto fusto	0,2261

## Copertura del piano di vegetazione arboreo inferiore e arbustivo

La copertura del piano inferiore è definibile in analogia con quanto sopra riportato per il piano superiore. Tuttavia la sua determinazione è in linea di principio più difficile rispetto al piano arboreo, data la complessità ed eterogeneità dello strato inferiore, che rende difficile la separabilità (classificazione) di pixel foglie dal substrato (*background*). Solo recentemente è stato sviluppato un metodo ottico per la stima della copertura dello strato inferiore, che fa riferimento all'impiego di fotocamere ad angoli ristretti orientati in senso pseudo-nadirale usando un bastone telescopico (Macfarlane e Ogden 2012; Chianucci et al. 2014a e 2014b). Le immagini vengono acquisite con una focale di 63 mm formato equivalente (rispetto ai 35 mm), che fornisce immagini con un angolo di campo di circa 60°, comparabile coi primi due anelli del Plant Canopy Analyzer LAI-2000. Questo indicatore valuta la frazione di area coperta dal fogliame, rispetto alla superficie totale, espressa in termini relativi (0: assenza di copertura; 1: copertura colma, pari a 100%). Per questo indicatore, sono state analizzate anche le aree del sito Buca Zamponi<sup>1</sup> ed Eremo della Casella, non classificate come siti plus, per avere una maggiore casistica di forme di gestione (ceduo tradizionale di faggio e taglio di sementazione).

La Tabella 6.3 riporta le statistiche descrittive dell'indicatore nei diversi trattamenti.

*Tab. 6.3 – Statistiche descrittive dell'indicatore "Copertura del piano di vegetazione inferiore e arbustivo" nei diversi trattamenti.*

<b>Trattamento</b>	<b>Numero di misure</b>	<b>Media</b>	<b>Dev. Std.</b>	<b>Err. Std. Media</b>
Conversione	120	0,05	0,07	0,01
Evoluzione naturale	40	0,07	0,08	0,02
Taglio di sementazione	10	0,23	0,16	0,05
Ceduo a regime	60	0,22	0,16	0,02

Al fine di esaminare le relazioni e/o possibili differenze nella Copertura del piano di vegetazione arboreo inferiore e arbustivo e il tipo di trattamento, è stata effettuata l'analisi della varianza. I box plot (Fig. 6.2) mostrano le differenze nella quantità media di Copertura del piano di vegetazione arboreo inferiore e arbustivo fra i diversi tipi di trattamento ed anche la differenza di variabilità dell'indicatore per ciascun trattamento. La Tabella 6.4 riporta i risultati dell'analisi della varianza totale dell'indicatore nei diversi trattamenti, indicando differenze altamente significative ( $p\text{-value} < 0,0001$ ). Dai test *post-hoc* risultano statisticamente diversi tra loro i seguenti trattamenti: i) Conversione all'alto fusto rispetto a Taglio di sementazione e a Ceduo tradizionale; ii) l'Evoluzione naturale rispetto a Taglio di sementazione e a Ceduo tradizionale.



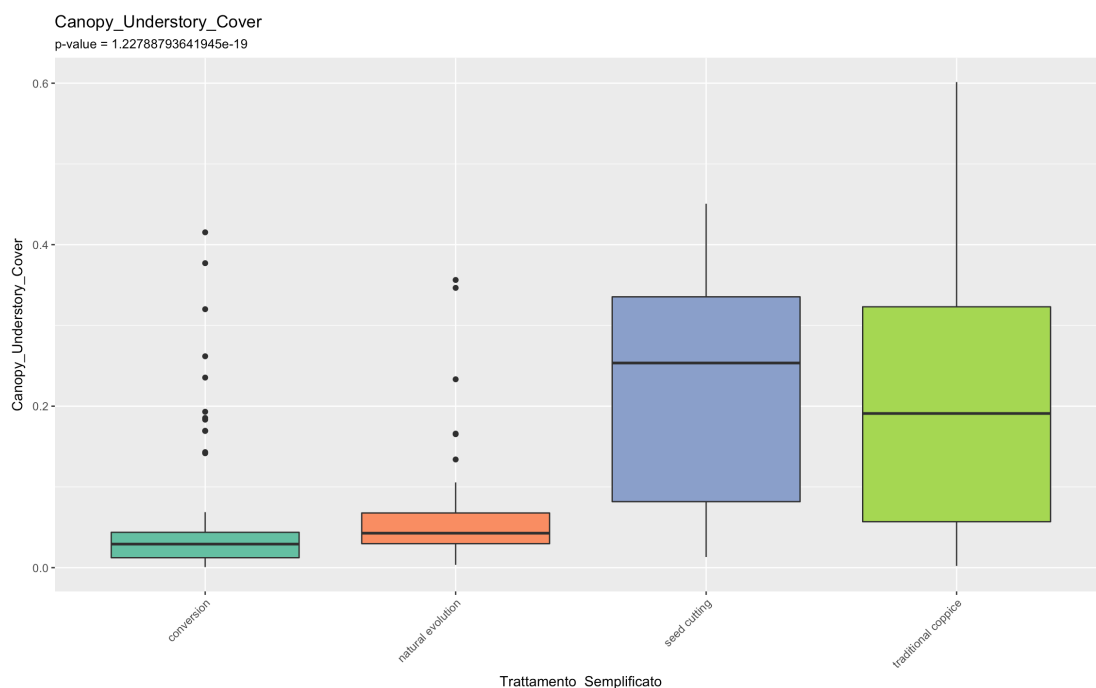


Fig. 6.2 – Distribuzione dei valori di Copertura del piano di vegetazione arboreo inferiore e arbustivo nei diversi trattamenti. Boxplot: mediana, intervallo interquartile, range 1,5 intervallo interquartile, outliers.

Tab. 6.4 – Risultati dell'analisi della varianza dell'indicatore "Copertura del piano di vegetazione inferiore e arbustivo" nei diversi trattamenti.

ANOVA			p-value
			<0,0001*
Comparisons for each pair			
Tukey HSD	Taglio di sementazione	Conversione all'alto fusto	<0,0001*
	Ceduo tradizionale	Conversione all'alto fusto	<0,0001*
	Taglio di sementazione	Evoluzione naturale	<0,0001*
	Ceduo tradizionale	Evoluzione naturale	<0,0001*
	Evoluzione naturale	Conversione all'alto fusto	0,2626
	Taglio di sementazione	Ceduo tradizionale	0,5708

### Profondità dello strato di lettiera

La lettiera rappresenta lo strato organico superficiale dove avvengono i primi processi di trasformazione della necromassa in *humus* e quindi svolge un ruolo fondamentale nel preservare la fertilità dei suoli forestali. Inoltre, la profondità dello strato di lettiera, individuata dalla misura dello spessore della lettiera, svolge un ruolo importante per la protezione del suolo dall'erosione. Viene misurata utilizzando una barra graduata, inserita nel terreno, per la determinazione centimetrica dello spessore dello strato di lettiera.

La Tabella 6.5 riporta le statistiche descrittive dell'indicatore nei diversi trattamenti.

Tab. 6.5 – Statistiche descrittive dell'indicatore "Profondità dello strato di lettiera" nei diversi trattamenti.

Trattamento	Numero misure	Media	Dev. Std.	Err. Std. Media
Conversion all'alto fusto	237	1,72	1,42	0,09
Evoluzione naturale	111	2,00	1,18	0,11
Ceduo tradizionale	44	1,32	1,12	0,17

Al fine di esaminare le relazioni e/o possibili differenze nella Profondità dello strato di lettiera e il tipo di trattamento, è stata effettuata l'analisi della varianza. I box plot (Fig. 6.3) mostrano le differenze nella quantità media di Profondità dello strato di lettiera fra i diversi tipi di trattamento selvicolturale ed anche la differenza di variabilità dell'indicatore per ciascun trattamento. La Tabella 6.6 riporta i risultati dell'analisi della varianza totale dell'indicatore nei diversi trattamenti, indicando differenze significative ( $p\text{-value}=0,0148$ ). Dopo aver determinato l'esistenza di differenze tra le medie, i confronti multipli hanno individuato differenze significative tra i trattamenti Ceduo tradizionale ed Evoluzione naturale.

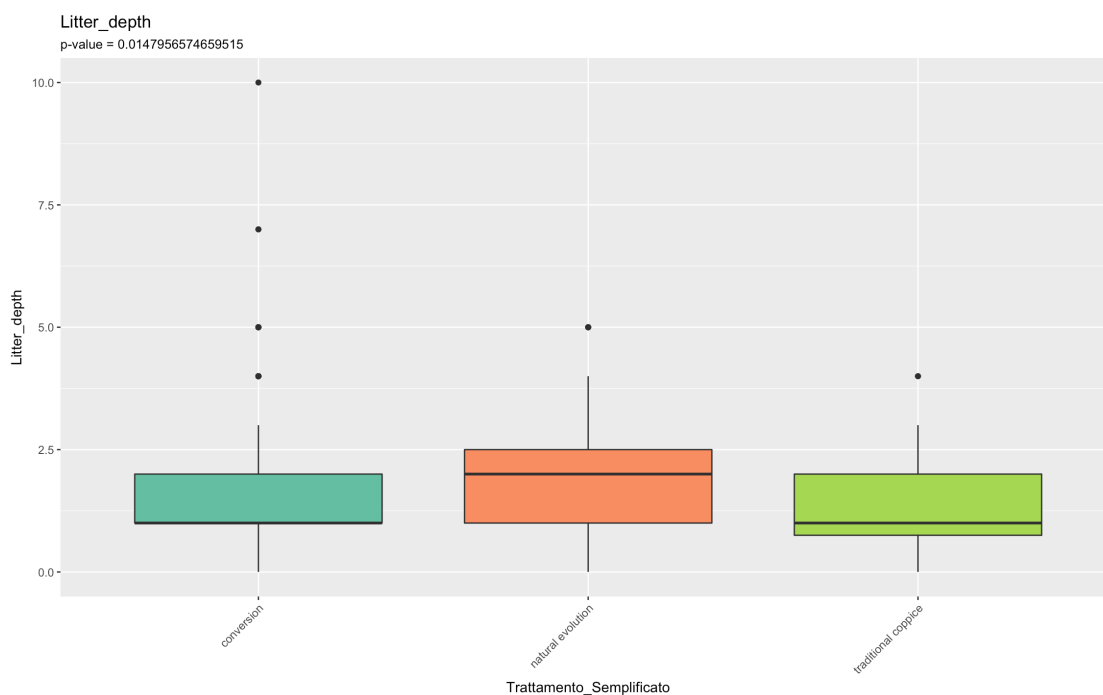


Fig. 6.3 – Distribuzione dei valori di Profondità dello strato di lettiera nei diversi trattamenti. Boxplot: mediana, intervallo interquartile, range, intervallo interquartile, outliers.

Tab. 6.6 – Risultati dell'analisi della varianza dell'indicatore "Profondità dello strato di lettiera" nei diversi trattamenti.

ANOVA			<i>p-value</i>
			0,0148*
Comparisons for each pair			
Tukey HSD	Evoluzione naturale	Ceduo tradizionale	0,0045*
	Conversione all'alto fusto	Ceduo tradizionale	0,0668
	Evoluzione naturale	Conversione all'alto fusto	0,0728

### Capacità di regimazione idrica del suolo

Questo indicatore viene valutato sulla base del calcolo dell'indice di Kennessey (Flood retention Index - FRI), denominato anche coefficiente di deflusso (Tardi e Vittorini 1977). Tale indice è stato modificato al fine di produrre indicazioni sulla capacità di contrastare il deflusso idrico superficiale a scala di Macroplot, utilizzando misure relative alla copertura del piano di vegetazione inferiore e arbustivo, pendenza topografica, permeabilità del substrato roccioso. L'indice proposto varia da 0,1 (alta ritenzione) a 1,0 (alto deflusso). Per questo indicatore, sono state analizzate anche le aree del sito Buca Zamponi1 ed Eremo della Casella, non classificate come siti plus, per avere una maggiore casistica di forme di gestione (ceduo tradizionale di faggio e taglio di sementazione).

La Tabella 6.7 riporta le statistiche descrittive dell'indicatore nei diversi trattamenti.

Tab. 6.7 – Statistiche descrittive dell'indicatore "Capacità di regimazione idrica del suolo" nei diversi trattamenti.

<b>Trattamento</b>	<b>Numero misure</b>	<b>Media</b>	<b>Dev. Std.</b>	<b>Err. Std. Media</b>
Conversione all'alto fusto	12	0,29	0,06	0,02
Evoluzione naturale	5	0,26	0,06	0,03
Taglio di sementazione	1	0,38	-	-
Ceduo tradizionale	6	0,37	0,07	0,03

Al fine di esaminare le relazioni e/o possibili differenze nella Capacità di regimazione idrica del suolo e il tipo di trattamento, è stata effettuata l'analisi della varianza. I box plot (Fig. 6.3) mostrano le differenze nella quantità media di Capacità di regimazione idrica del suolo fra i diversi tipi di trattamento ed anche la differenza di variabilità dell'indicatore per ciascun trattamento. La Tabella 6.6 riporta i risultati dell'analisi della varianza totale dell'indicatore nei diversi trattamenti, indicando differenze significative ( $p\text{-value}=0,0261^*$ ). Dopo aver determinato l'esistenza di differenze tra le medie, i confronti multipli hanno individuato differenze significative tra il trattamento Ceduo tradizionale e sia Evoluzione naturale sia Conversione all'alto fusto.

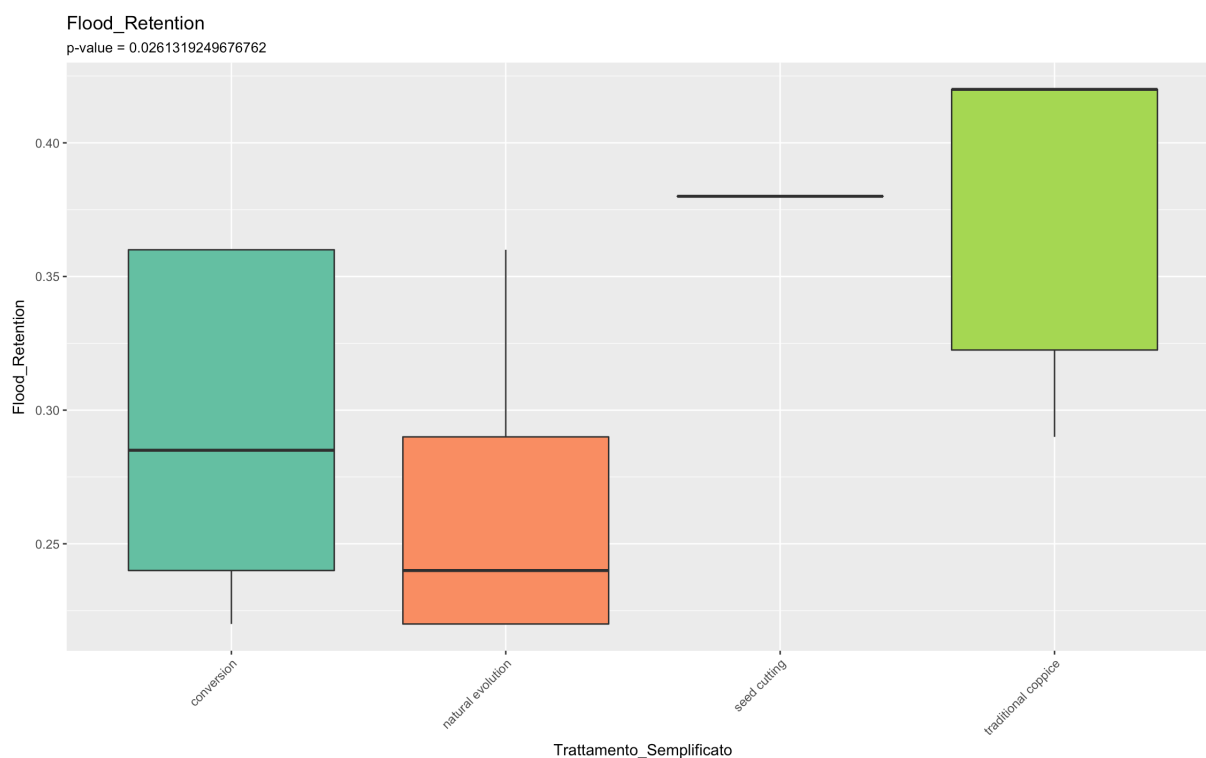


Fig. 6.4 – Distribuzione dei valori di Capacità di regimazione idrica del suolo nei diversi trattamenti. Boxplot: mediana, intervallo interquartile, range 1,5 intervallo interquartile, outliers.

Tab. 6.8 – Risultati dell'analisi della varianza dell'indicatore "Capacità di regimazione idrica del suolo" nei diversi trattamenti.

ANOVA			p-value
			0,0261*
Comparisons for each pair			
Tukey HSD	Taglio di sementazione	Evoluzione naturale	0,1068
	Ceduo tradizionale	Evoluzione naturale	0,0076*
	Taglio di sementazione	Conversione all'alto fusto	0,2043
	Ceduo tradizionale	Conversione all'alto fusto	0,0163*
	Conversione all'alto fusto	Evoluzione naturale	0,3739
	Taglio di sementazione	Ceduo tradizionale	0,9606

## Copertura delle briofite

Il ruolo delle briofite negli ecosistemi forestali è complesso e comprende le attività di pedogenesi e biodecomposizione della sostanza organica, la regolazione del flusso idrico proveniente dalle precipitazioni e la sintesi di materia organica. Questo indicatore valuta la presenza/assenza di briofite. La copertura delle briofite deve essere valutata a partire da osservazioni di presenza/assenza (1/0) in ogni punto di campionamento. Per quanto riguarda la valutazione complessiva della Copertura della briofite non si

riscontrano significative differenze (p-value=0,4325) tra tipi di trattamento (Tab. 6.9), come evidenziato anche attraverso il *mosaic plot* (Fig. 6.5).

Tab. 6.9 – Tabella di contingenza dell'indicatore "Copertura delle briofite" nei diversi trattamenti.

Contingency table	Bryophite Cover		<u>Chi-Square Test, p-value=0,4325</u>	
	0	1	Total	Presenza (1) %
Count				
Total %				
Col %				
Row %				
conversion	1972	228	2200	10
	55	6	61	10
	61	63		
	90	10		
natural evolution	897	101	998	10
	25	3	28	10
	28	28		
	90	10		
traditional coppice	367	33	400	10
	10	1	11	10
	11	9		
	92	8		
Total	3236	362	3598	10
	90	10		10

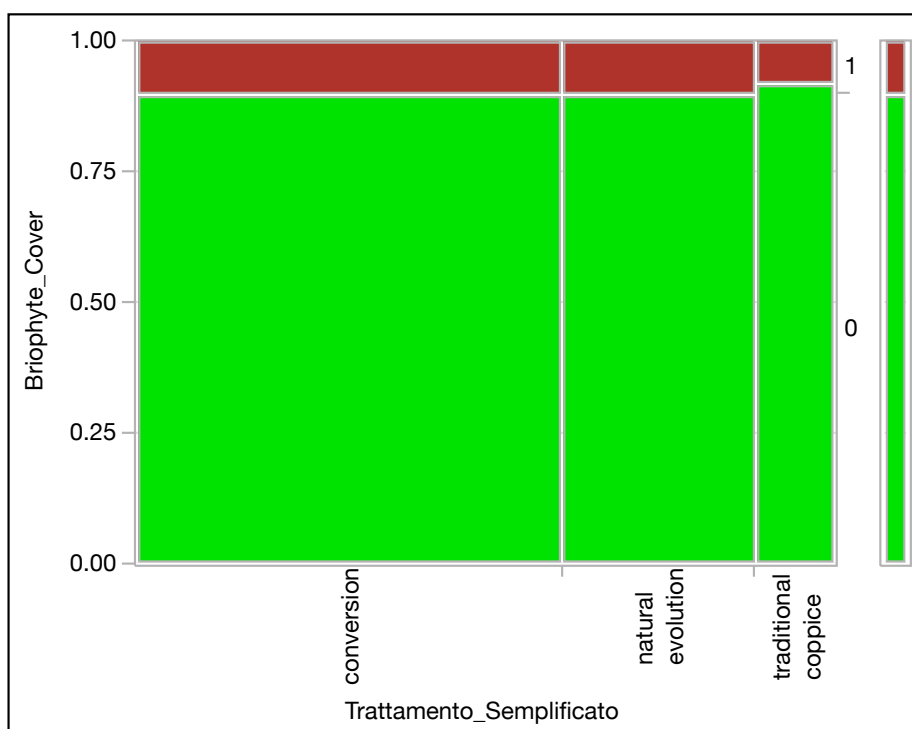


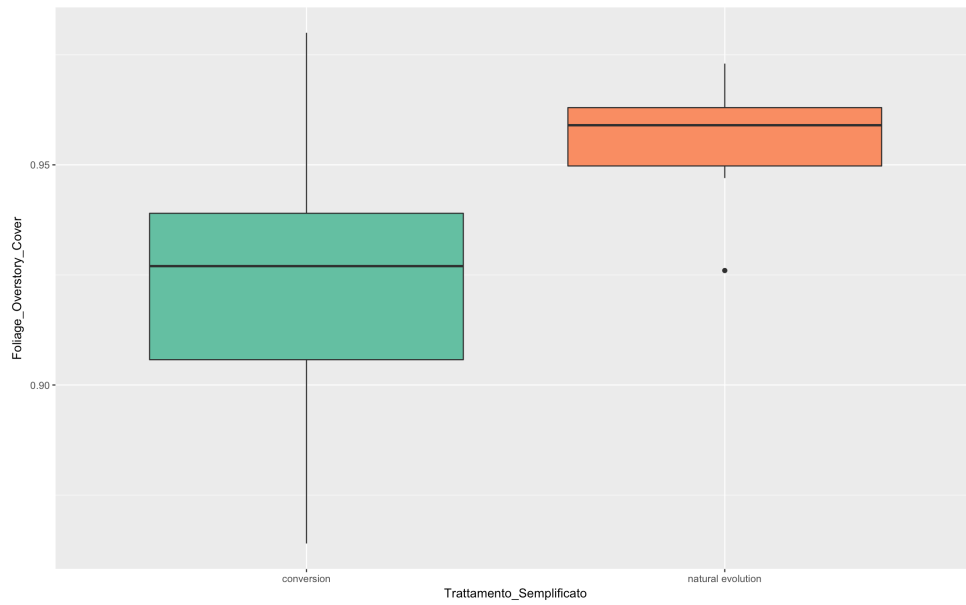
Fig. 6.5 – Mosaic plot dei valori della Copertura della briofite per i diversi trattamenti.

### 6.2.1 Buca Zamponi

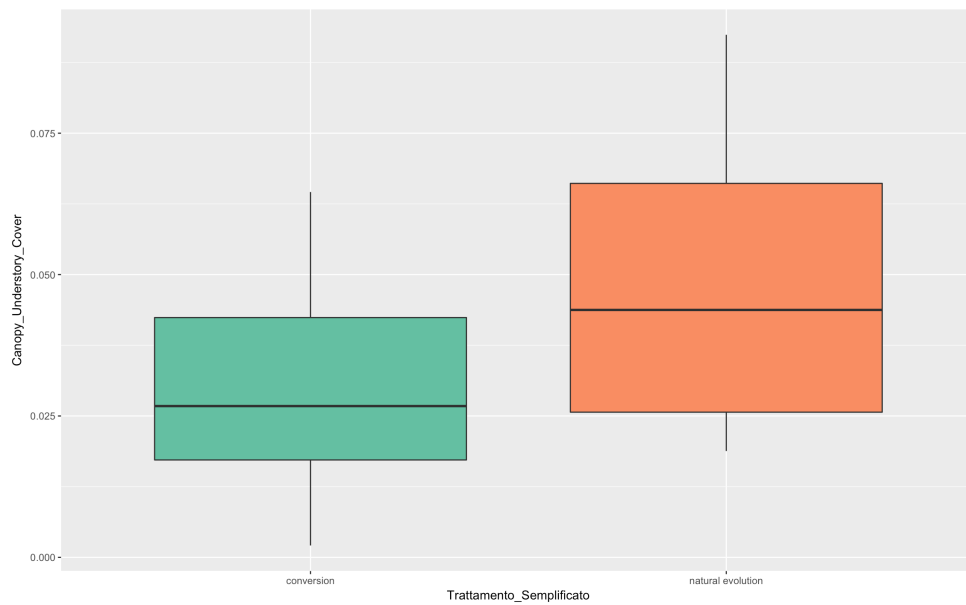
La faggeta di Buca Zamponi presenta differenze significative tra i diversi trattamenti considerati ( $p < 0,05$ ), nel caso della Copertura del piano di vegetazione arboreo superiore, Copertura del piano di vegetazione arboreo inferiore e arbustivo e Profondità della lettiera, ma non nel caso della Capacità di regimazione idrica del suolo, a causa anche del basso numero di dati a disposizione per il sito (Tab. 6.10, Figg. 6.6-6.9). Per quanto riguarda la Copertura della briofite non si riscontrano significative differenze tra tipi di trattamento (Tab. 6.10), confermate anche dal *mosaic plot* (Fig. 6.10) e relativa tabella di contingenza (Tab. 6.11).

Tab. 6.10 – Analisi della varianza e Chi-square test tra tipi di trattamento per ogni indicatore considerato nel sito Buca Zamponi.

ANOVA	p-value
Copertura del piano di vegetazione arboreo superiore	0,0024*
Copertura del piano di vegetazione arboreo inferiore e arbustivo	0,0077*
Profondità di lettiera	0,0077*
Capacità di regimazione idrica del suolo	--
<i>Chi-square statistics test</i>	<i>p-value</i>
Copertura della briofite	0,1843



*Fig. 6.6 – Distribuzione dei valori di Copertura del piano di vegetazione arboreo superiore nei diversi trattamenti. Boxplot: mediana, intervallo interquartile, range 1,5 intervallo interquartile, outliers.*



*Fig. 6.7 – Distribuzione dei valori della Copertura del piano di vegetazione arboreo inferiore e arbustivo nei diversi trattamenti. Boxplot: mediana, intervallo interquartile, range 1,5 intervallo interquartile, outliers.*

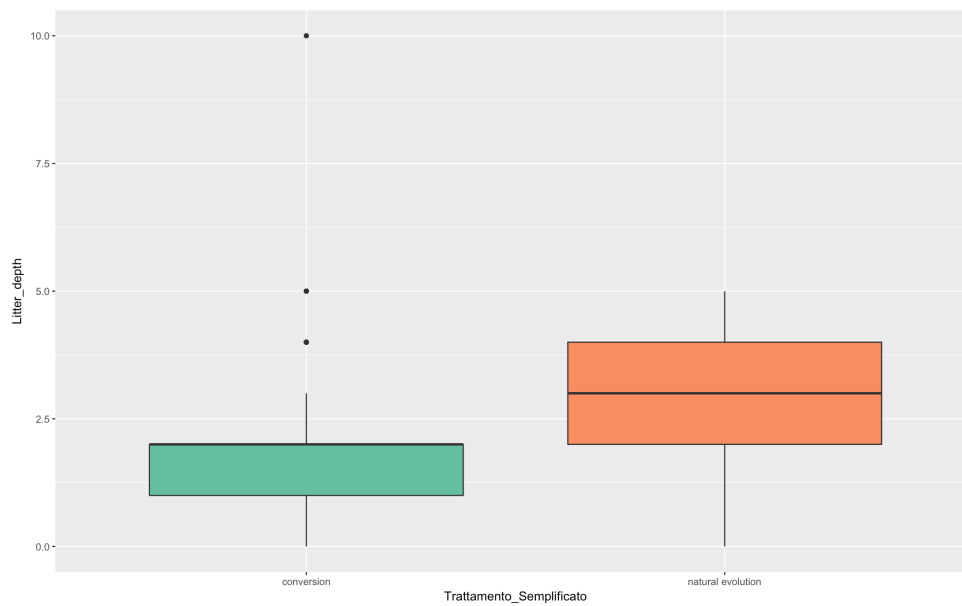


Fig. 6.8 – Distribuzione dei valori della Profondità di lettiera nei diversi trattamenti. Boxplot: mediana, intervallo interquartile, range 1,5 intervallo interquartile, outliers.

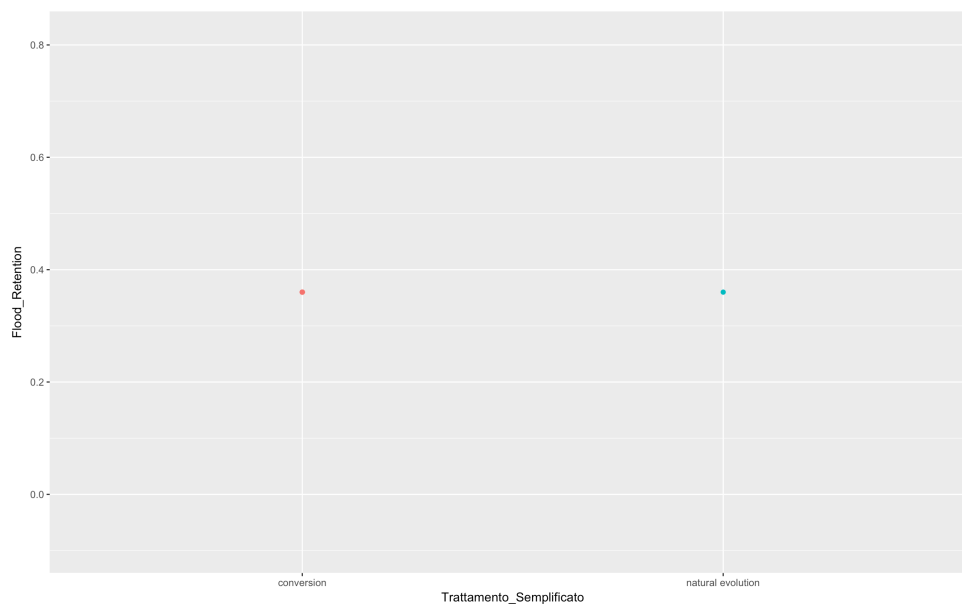


Fig. 6.9 – Distribuzione dei valori di Capacità di regimazione idrica del suolo nei diversi trattamenti. Boxplot: mediana, intervallo interquartile, range 1,5 intervallo interquartile, outliers. .



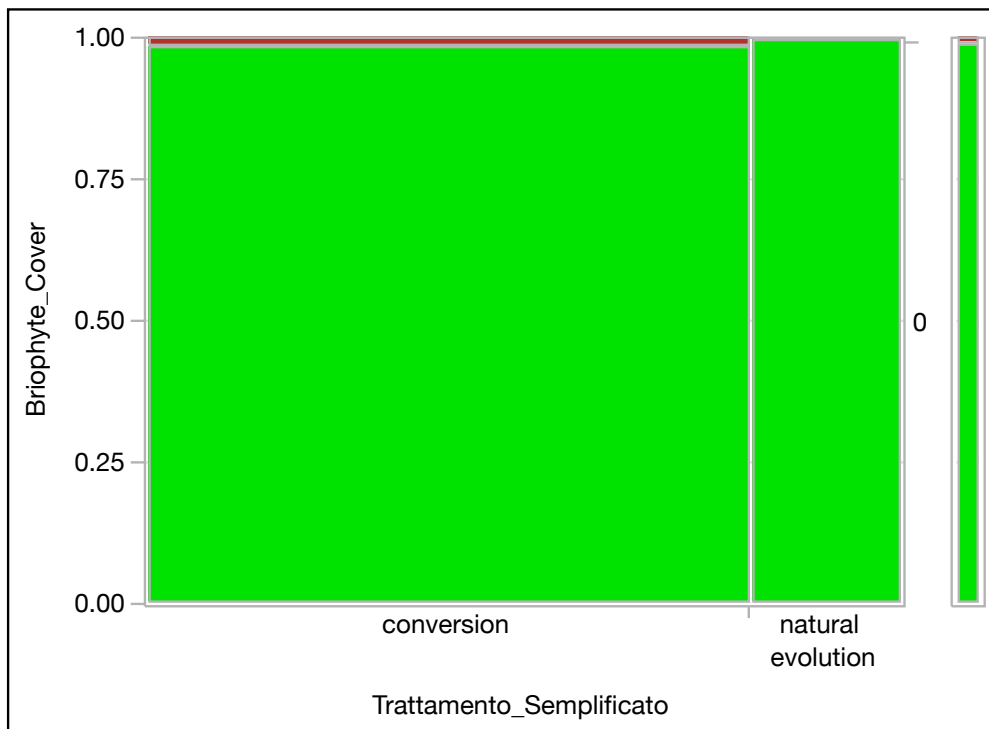


Fig. 6.10. Mosaic plot dei valori della Copertura della briofite per i diversi trattamento considerati.

Tab. 6.11 – Tabella di contingenza dell'indicatore "Copertura delle briofite" nei diversi trattamenti nel sito di Buca Zamponi.

Tabella di contingenza	Copertura delle briofite			
	0	1	Total	Presenza (1) %
Count				
Total %				
Col %				
Row %				
Conversione all'alto fusto	793	7	800	0,01
	79	1	80	0,01
	80	100		
	99	1		
Evoluzione naturale	200	0	200	0,00
	20	0	20	0,00
	20	0		
	100	0		
Ceduo tradizionale	0	0	0	0,01
	0	0	0	0,01
	0	0		
	.	.		
Totale	993	7	1000	0,01
	99	1		0,01

## 6.2.2 Buca Zamponi 1

Si tratta di un sito non plus considerato per gli indicatori relativi alla copertura del piano di vegetazione arboreo superiore e del piano di vegetazione inferiore e arbustivo e per l'indicatore della capacità di regimazione idrica del suolo. Nel caso di Buca Zamponi 1 si hanno a disposizione dati solo per il ceduo tradizionale. Di seguito sono riportati i grafici box plot con la distribuzione degli indicatori considerati (Fig. 6.11-6.13).

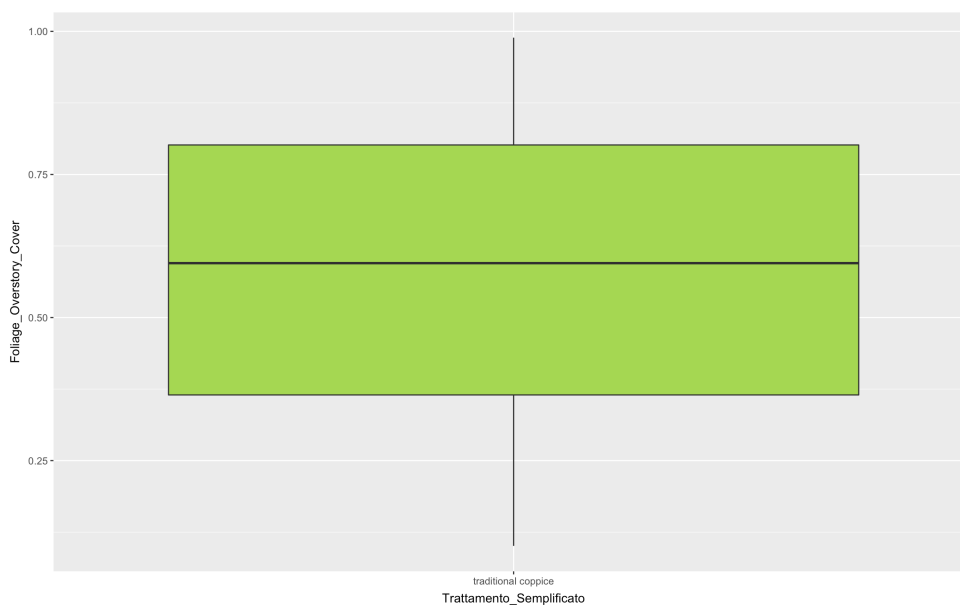


Fig. 6.11 – Distribuzione dei valori di Copertura del piano di vegetazione arboreo superiore nei diversi trattamenti. Boxplot: mediana, intervallo interquartile, range 1,5 intervallo interquartile, outliers. .

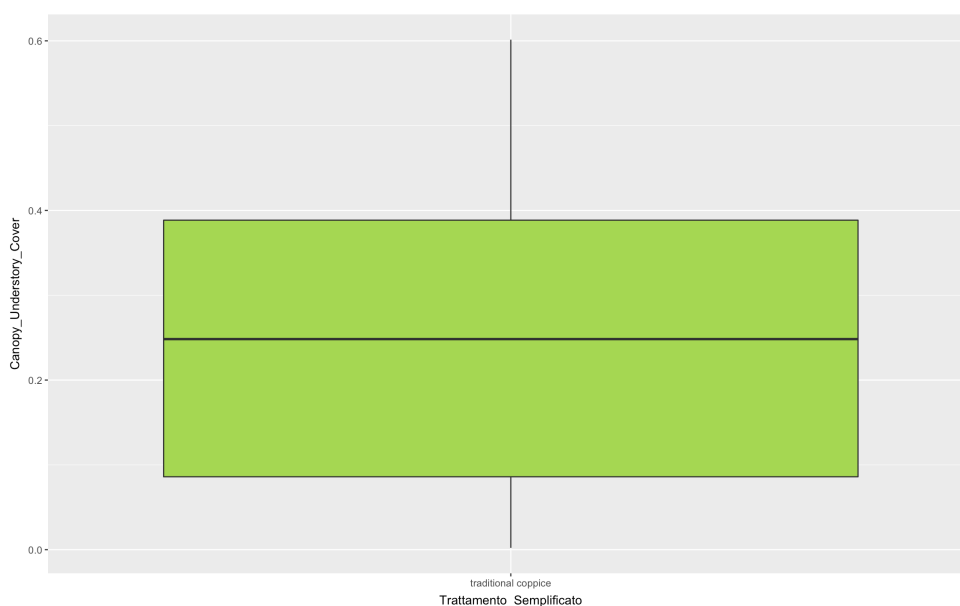


Fig. 6.12 – Distribuzione dei valori di Copertura del piano di vegetazione arboreo inferiore e arbustivo nei diversi trattamenti. Boxplot: mediana, intervallo interquartile, range 1,5 intervallo interquartile, outliers. .

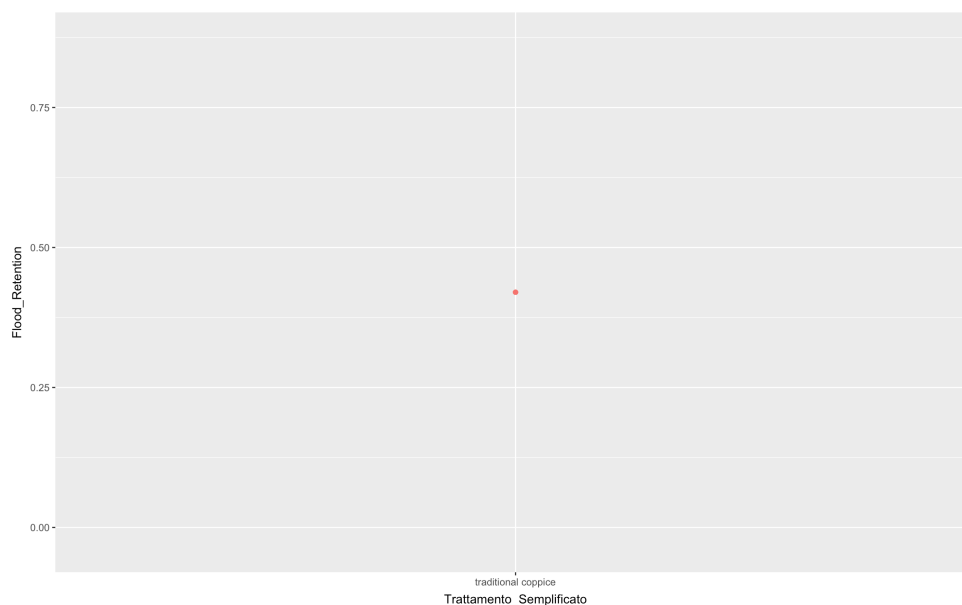


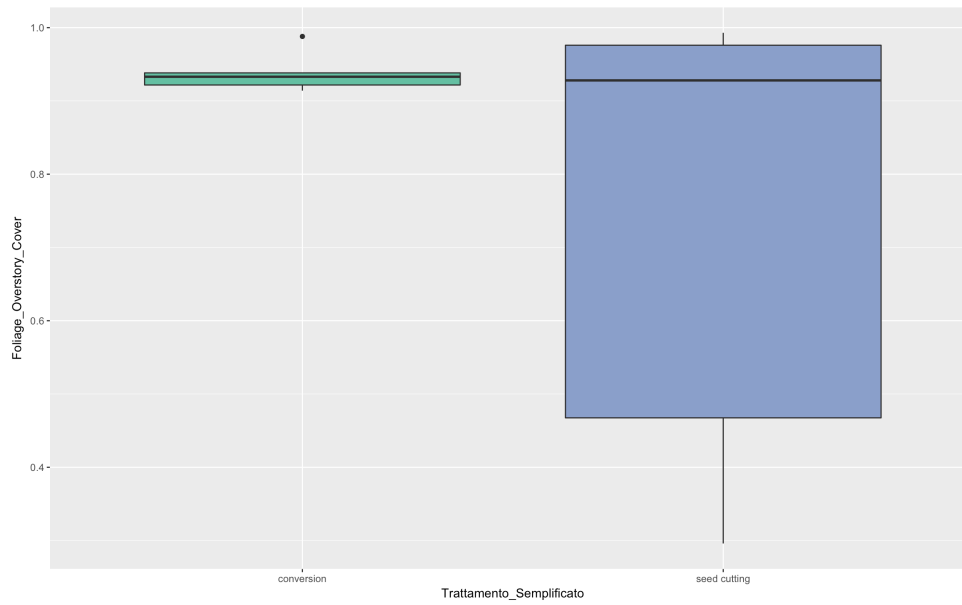
Fig. 6.13- Distribuzione dei valori di Capacità di regimazione idrica del suolo nei diversi trattamenti. Boxplot: mediana, intervallo interquartile, range 1,5 intervallo interquartile, outliers.

### 6.2.3 Eremo della Casella

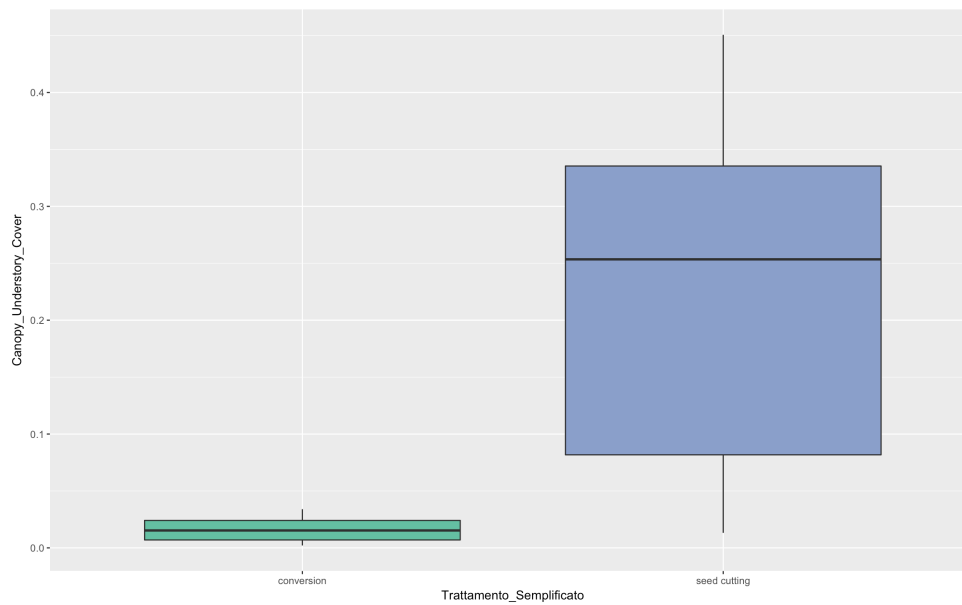
Si tratta di un sito non plus considerato per gli indicatori relativi alla copertura del piano di vegetazione arboreo superiore e del piano di vegetazione inferiore e arbustivo e per l'indicatore della capacità di regimazione idrica del suolo. Eremo della Casella presenta differenze significative tra i diversi trattamenti ( $p < 0,05$ ), nel caso della Copertura del piano di vegetazione arboreo inferiore e arbustivo, ma non nel caso della Copertura del piano di vegetazione arboreo superiore. Per quanto riguarda la Capacità di regimazione idrica del suolo non sono disponibili sufficienti dati per quantificare statisticamente possibili differenze (Tab. 6.12, Fig. 6.13-6.15).

Tab. 6.12 – Analisi della varianza tra tipi di trattamento, per ogni indicatore considerato nel sito Eremo della Casella.

Anova	p-value
Copertura del piano di vegetazione arboreo superiore	0,1890
Copertura del piano di vegetazione arboreo inferiore e arbustivo	0,0005*
Capacità di regimazione idrica del suolo	--



*Fig. 6.13 – Distribuzione dei valori di Copertura del piano di vegetazione arboreo superiore nei diversi trattamenti. Boxplot: mediana, intervallo interquartile, range 1,5 intervallo interquartile, outliers.*



*Fig. 6.14. Distribuzione dei valori di Copertura del piano di vegetazione arboreo inferiore e arbustivo nei diversi trattamenti. Boxplot: mediana, intervallo interquartile, range 1,5 intervallo interquartile, outliers.*

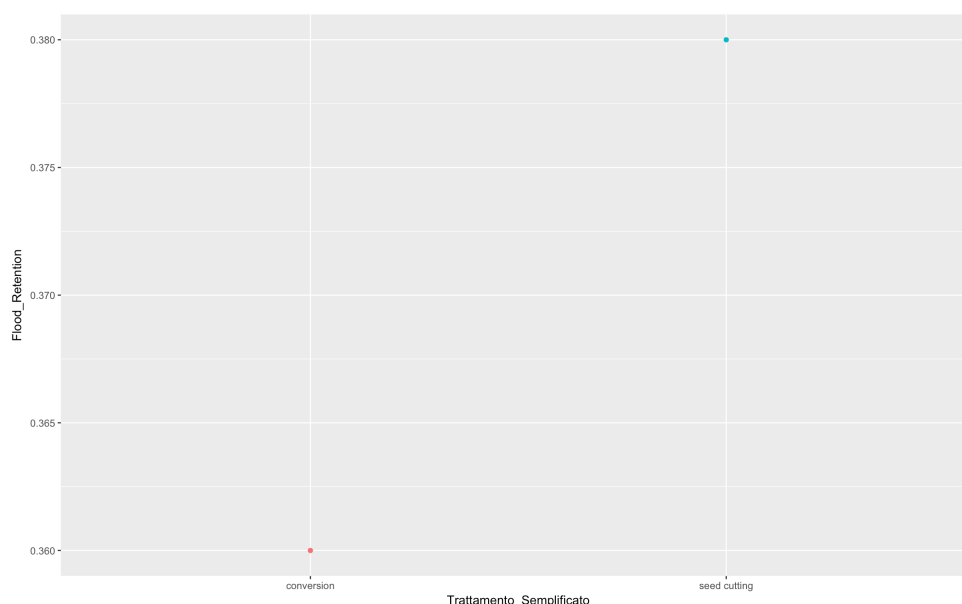


Fig. 6.15 – Distribuzione dei valori di Capacità di regimazione idrica del suolo nei diversi trattamenti. Boxplot: mediana, intervallo interquartile, range 1,5 intervallo interquartile, outliers.

## 6.2.4 Is Cannoneris

Nella lecceta di Is Cannoneris la Copertura del piano di vegetazione arboreo superiore è l'unico indicatore che presenta differenze significative tra i diversi trattamenti considerati ( $p < 0.05$ ), mentre per gli altri indicatori considerati, Copertura del piano di vegetazione arboreo inferiore e arbustivo, Profondità della lettiera e Capacità di regimazione idrica del suolo, non sono state riscontrate differenze statisticamente significative (Tab. 6.13, Fig. 6.16-6.19). Per quanto riguarda la Copertura della briofite si riscontrano differenze significative tra tipi di trattamento (Tab. 6.13), confermate anche dal *mosaic plot* (Fig. 6.20) e relativa tabella di contingenza (Tab 6.14).

Tab. 6.13 – Analisi della varianza e Chi-square test tra tipi di trattamento per ogni indicatore considerato nel sito di Is Cannoneris.

Anova	p-value
Copertura del piano di vegetazione arboreo superiore	0,0123*
Copertura del piano di vegetazione arboreo inferiore e arbustivo	0,1914
Profondità di lettiera	0,1148
Capacità di regimazione idrica del suolo	0,2254
<i>Chi-square statistics test</i>	
Copertura della briofite	0,0379*

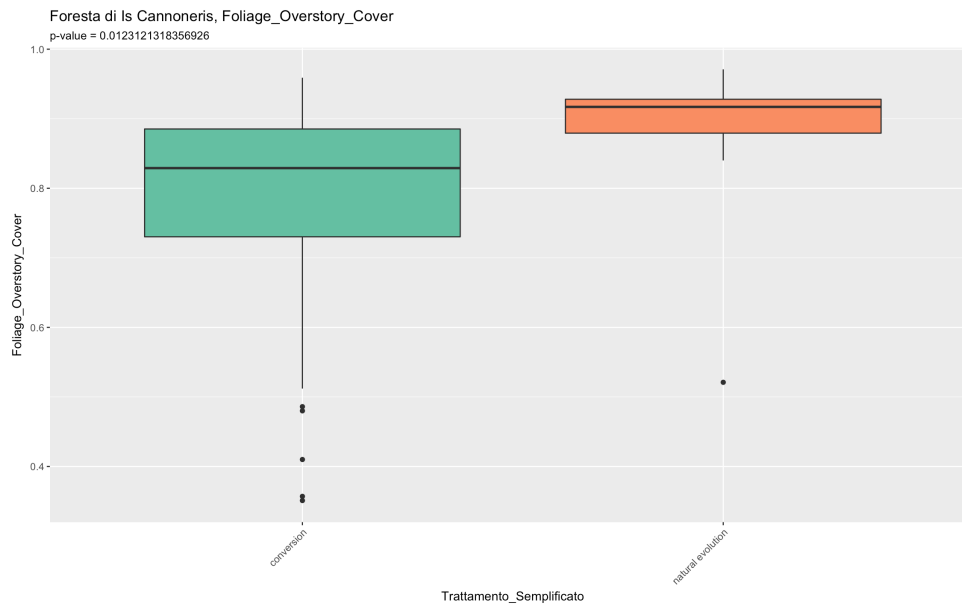


Fig. 6.16 – Distribuzione dei valori di Copertura del piano di vegetazione arboreo superiore nei diversi trattamenti. Boxplot: mediana, intervallo interquartile, range 1,5 intervallo interquartile, outliers.

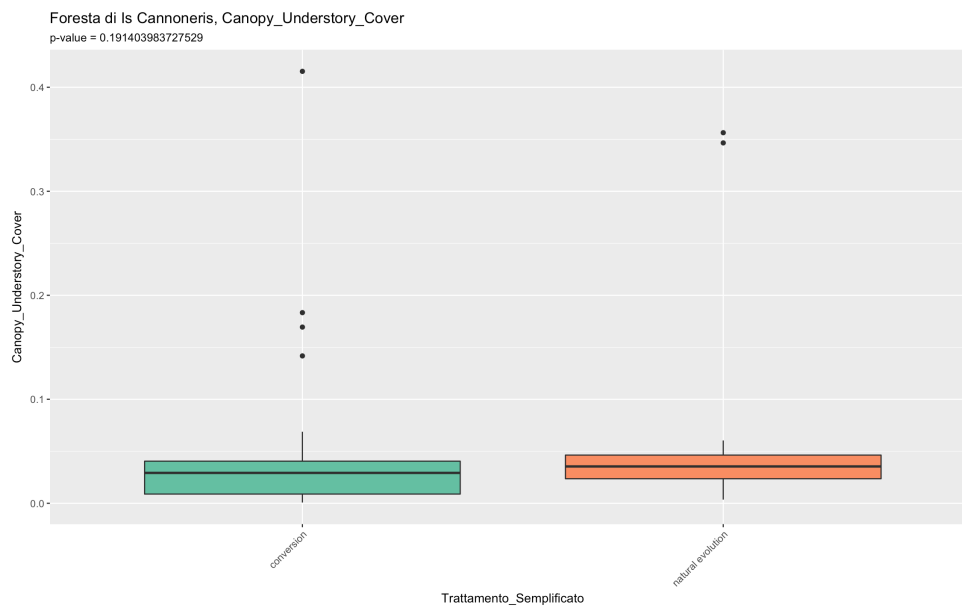


Fig. 6.17 – Distribuzione dei valori di Copertura del piano di vegetazione arboreo inferiore e arbustivo nei diversi trattamenti. Boxplot: mediana, intervallo interquartile, range 1,5 intervallo interquartile, outliers.

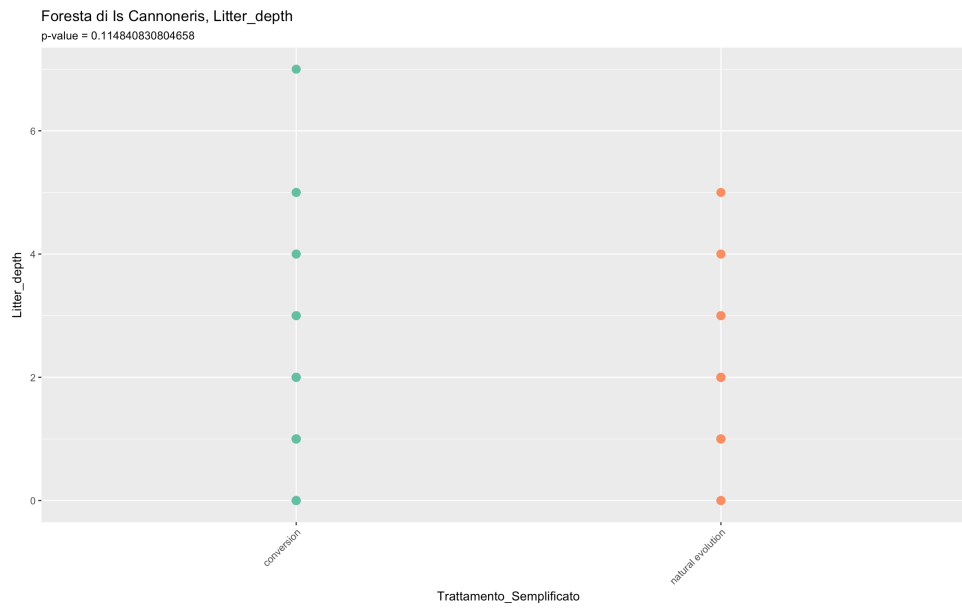


Fig. 6.18 – Distribuzione dei valori di Profondità di lettiera nei diversi trattamenti. Boxplot: mediana, intervallo interquartile, range 1,5 intervallo interquartile, outliers.

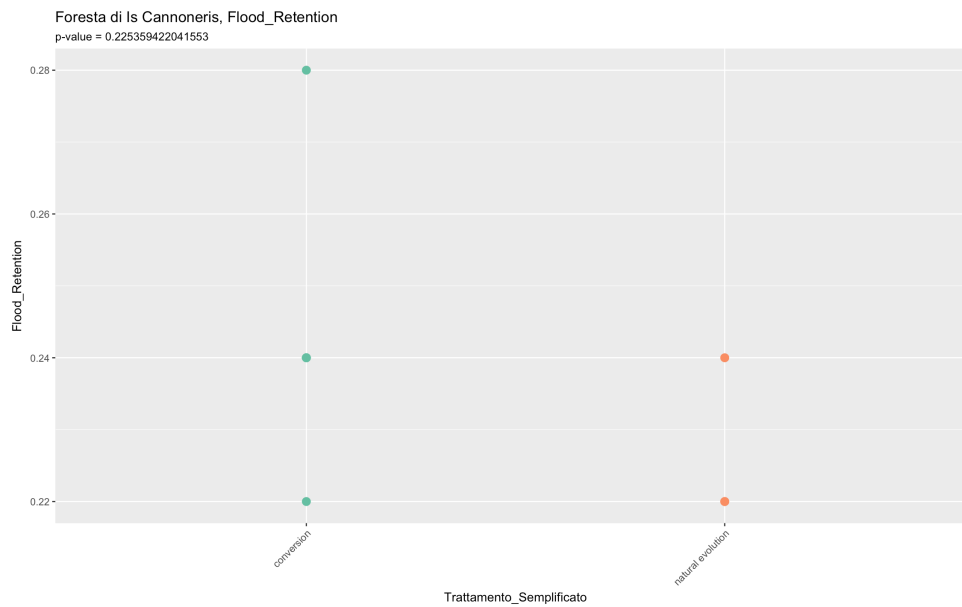


Fig. 6.19 – Distribuzione dei valori di Capacità di regimazione idrica del suolo nei diversi trattamenti. Boxplot: mediana, intervallo interquartile, range 1,5 intervallo interquartile, outliers.

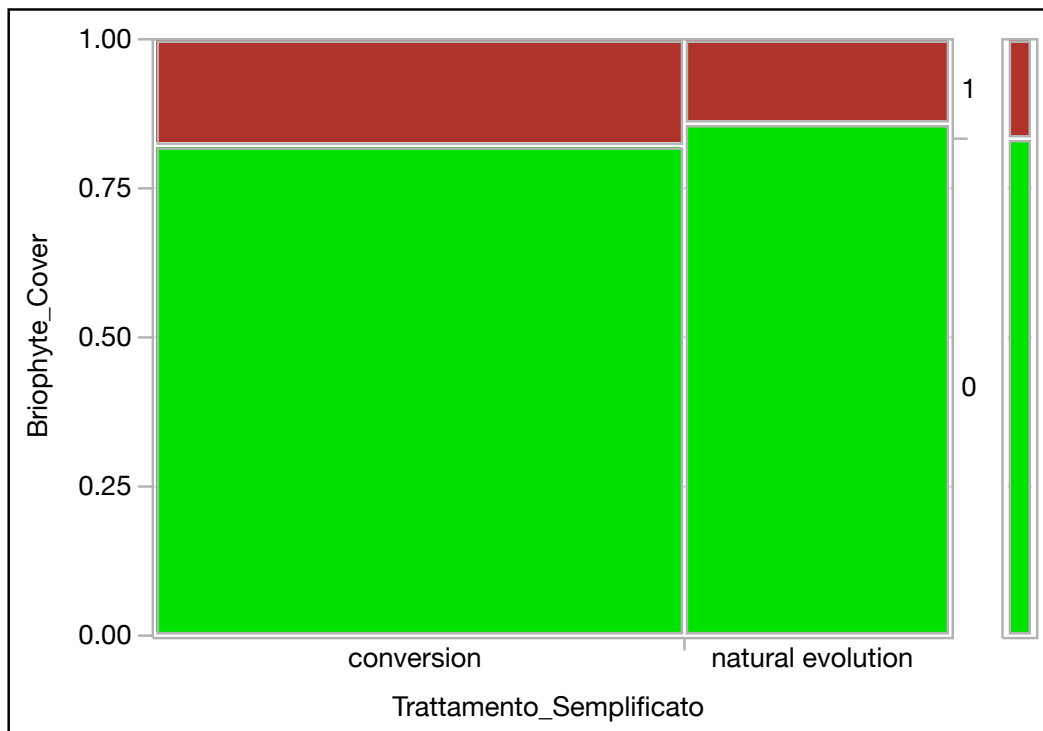


Fig. 6.20 – Mosaic plot dei valori della Copertura della briofite nei diversi trattamenti.

Tab. 6.14 – Tabella di contingenza dell'indicatore "Copertura delle briofite" nei diversi trattamenti nel sito di Is Cannoneris.

Contingency table	Bryophite Cover			
	0	1	Total	Presenza (1) %
Count				
Total %				
Col %				
Row %				
conversion	985	215	1200	18
	55	12	67	18
	66	72		
	82	18		
natural evolution	514	84	598	14
	29	5	33	14
	34	28		
	86	14		
Total	1499	299	1798	10
	83	17		10



## 6.2.5 Poggio Pievano

Per quanto riguarda gli indicatori di Copertura del piano di vegetazione arboreo superiore, Copertura del piano di vegetazione arboreo inferiore e arbustivo e Profondità della lettiera e Capacità di regimazione idrica del suolo rilevati nella cerreta di Poggio Pievano non sono state rilevate differenze significative tra i diversi trattamenti ( $p > 0,05$ ; Tab. 6.15, Fig. 6.21-6.24). Per quanto riguarda la Copertura della briofite si riscontrano significative differenze tra tipi di trattamento (Tab. 6.15), confermate anche dal *mosaic plot* (Fig. 6.25) e relativa tabella di contingenza (Tab. 6.16).

Tab. 6.15 – Analisi della varianza tra tipi di trattamento, per ogni indicatore considerato nel sito di Poggio Pievano.

Anova	p-value
Copertura del piano di vegetazione arboreo superiore	0,8129
Copertura del piano di vegetazione arboreo inferiore e arbustivo	0,0798
Profondità di lettiera	0,6999
Capacità di regimazione idrica del suolo	--

Chi-square statistics test	p-value
Copertura della briofite	0,0375*

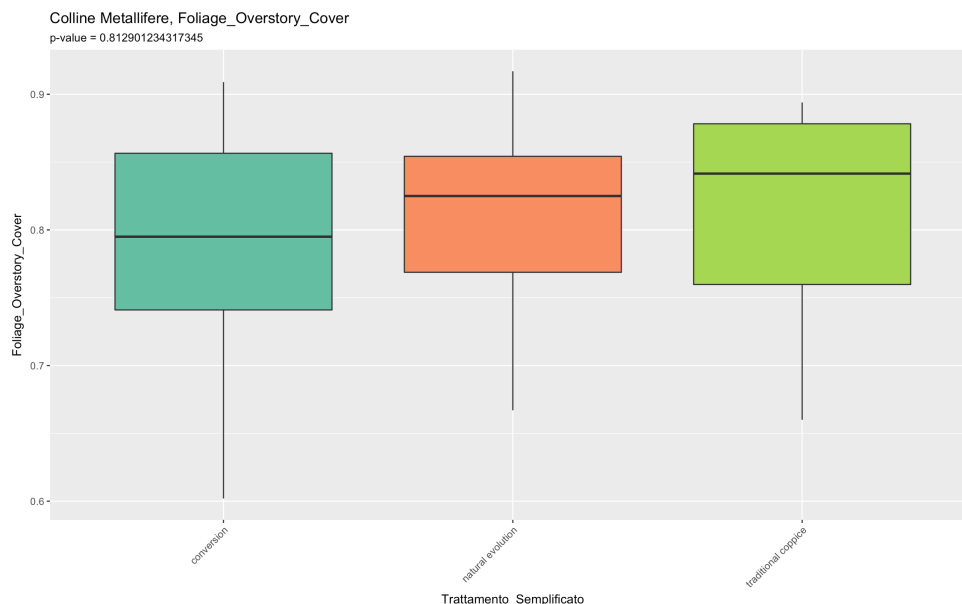


Fig. 6.21 – Distribuzione dei valori di Copertura del piano di vegetazione arboreo superiore nei diversi trattamenti. Boxplot: mediana, intervallo interquartile, range 1,5 intervallo interquartile, outliers.

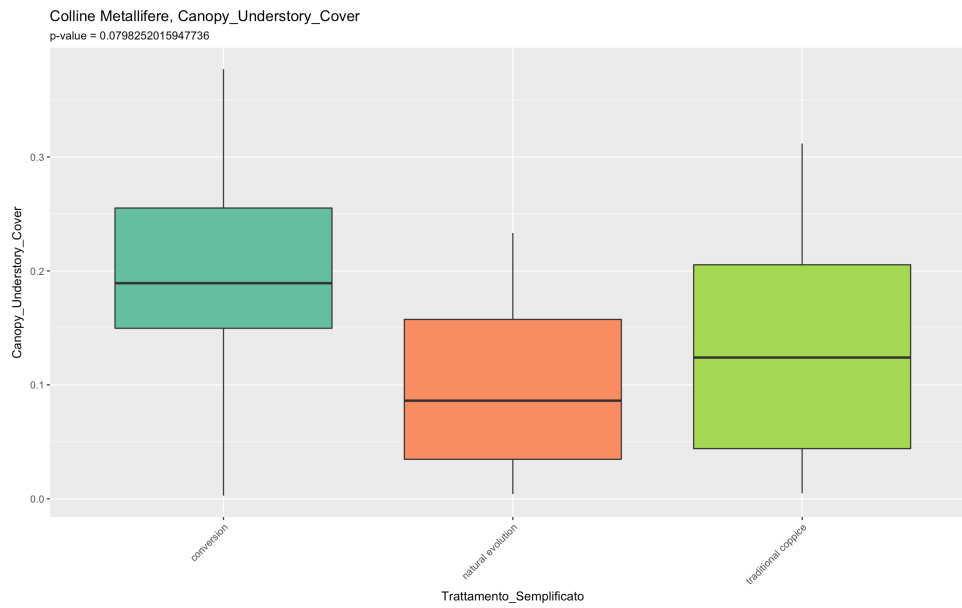


Fig. 6.22 – Distribuzione dei valori di Copertura del piano di vegetazione arboreo inferiore e arbustivo nei diversi trattamenti. Boxplot: mediana, intervallo interquartile, range 1,5 intervallo interquartile, outliers.

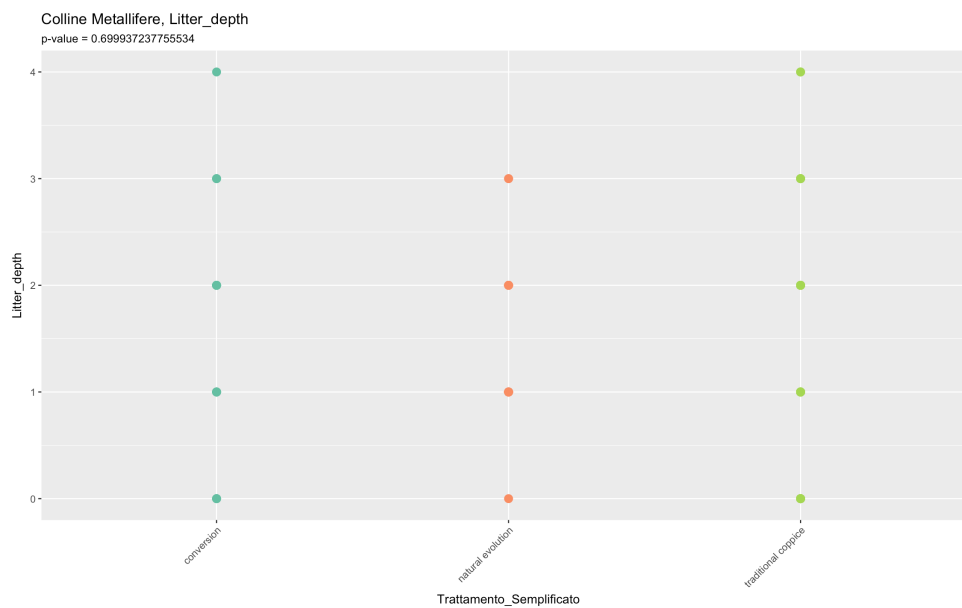


Fig. 6.23 – Distribuzione dei valori di Profondità di lettiera nei diversi trattamenti. Boxplot: mediana, intervallo interquartile, range 1,5 intervallo interquartile, outliers.

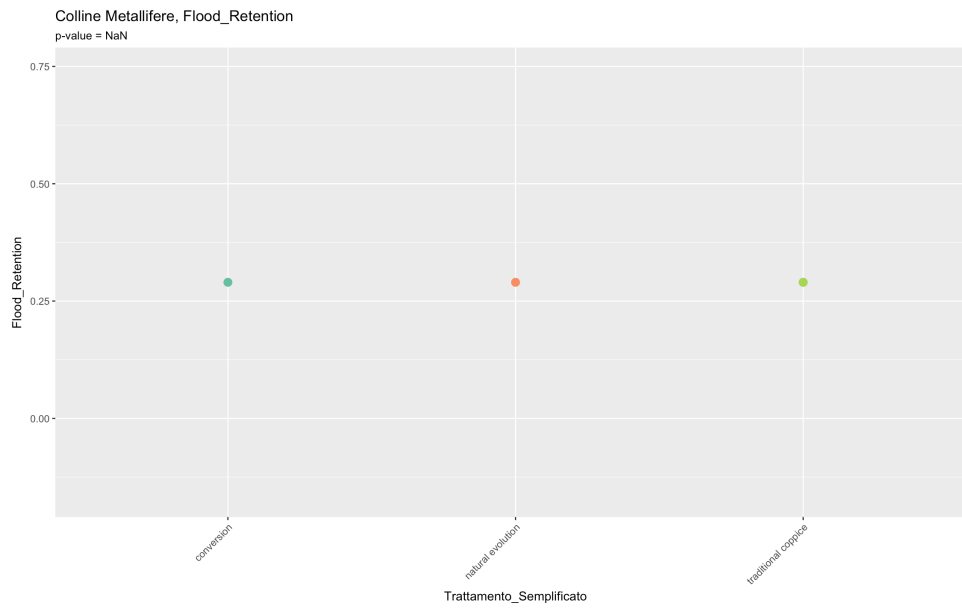


Fig. 6.24 – Distribuzione dei valori di Capacità di regimazione idrica del suolo nei diversi trattamenti. Boxplot: mediana, intervallo interquartile, range 1,5 intervallo interquartile, outliers.

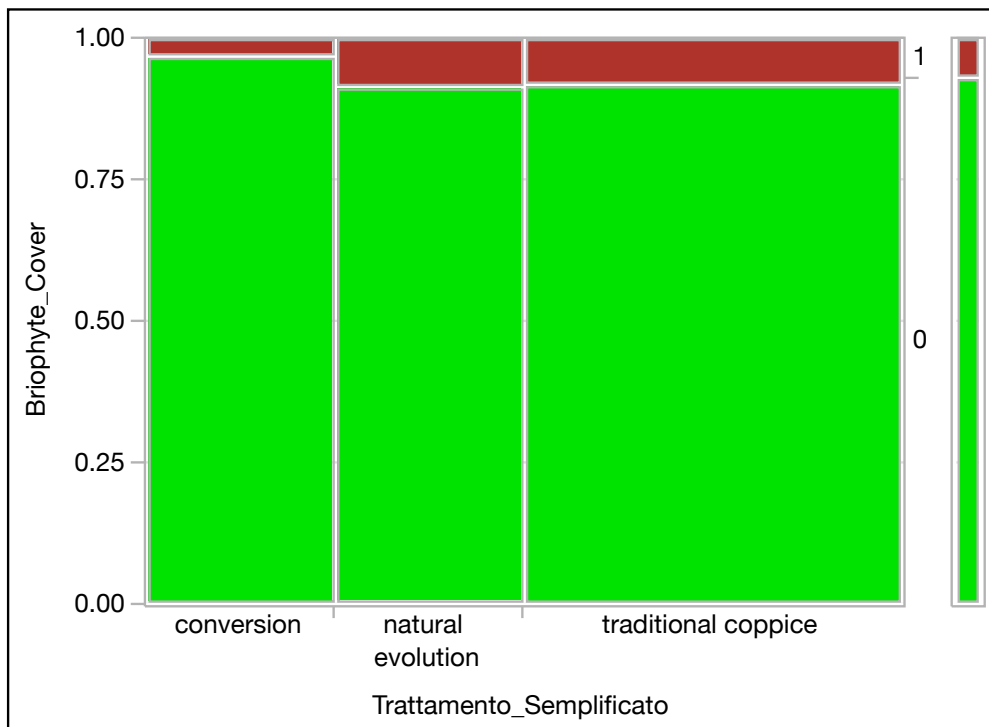


Fig. 6.25 – Mosaic plot dei valori della Copertura della briofite nei diversi trattamenti.

Tab. 6.16 – *Tabella di contingenza dell'indicatore "Copertura delle briofite" nei diversi trattamenti nel sito di Poggio Pievano.*

Contingency table	Bryophite Cover			
	0	1	Total	Presenza (1) %
Count				
Total %				
Col %				
Row %				
conversion	194	6	200	3
	24	1	25	3
	26	11		
	97	3		
natural evolution	183	17	200	9
	23	2	25	9
	25	30		
	92	9		
traditional coppice	367	33	400	10
	46	4	50	10
	49	59		
	92	8		
Total	744	56	800	10
	93	7		10

### 6.3 Confronto tra indicatori tradizionali e innovativi

Dato il carattere del criterio, in questa azione non sono previsti indicatori tradizionali, in quanto non applicabili a scala locale.

In Figura 6.26 si riporta la correlazione tra i diversi indicatori innovativi testati, con riferimento ai soli siti plus di progetto. La matrice dei coefficienti di correlazione consente di sintetizzare l'entità delle relazioni lineari tra ogni coppia di variabili di risposta. In particolare, un grado di correlazione positiva maggiore è stato ottenuto tra la Copertura del piano di vegetazione arboreo superiore con la Capacità di regimazione idrica del suolo e la Profondità dello strato di lettiera. Viceversa, un grado maggiore di correlazione negativa è stato ottenuto tra la Copertura della briofite con la Capacità di regimazione idrica del suolo e la Copertura del piano di vegetazione arboreo superiore. Inoltre, una correlazione negativa significativa risulta anche tra la Copertura del piano di vegetazione arboreo superiore e Copertura del piano di vegetazione arboreo inferiore e arbustivo, in linea con l'Ecohydrological Equilibrium Theory (Macfarlane et al. 2010; Chianucci et al. 2014b), che prevede una relazione compensatoria inversa tra i due livelli, necessaria per mantenere un valore complessivo ottimale di copertura per bilanciare il rischio di deficit idrico con la riduzione di produttività (Eagleson 1982).

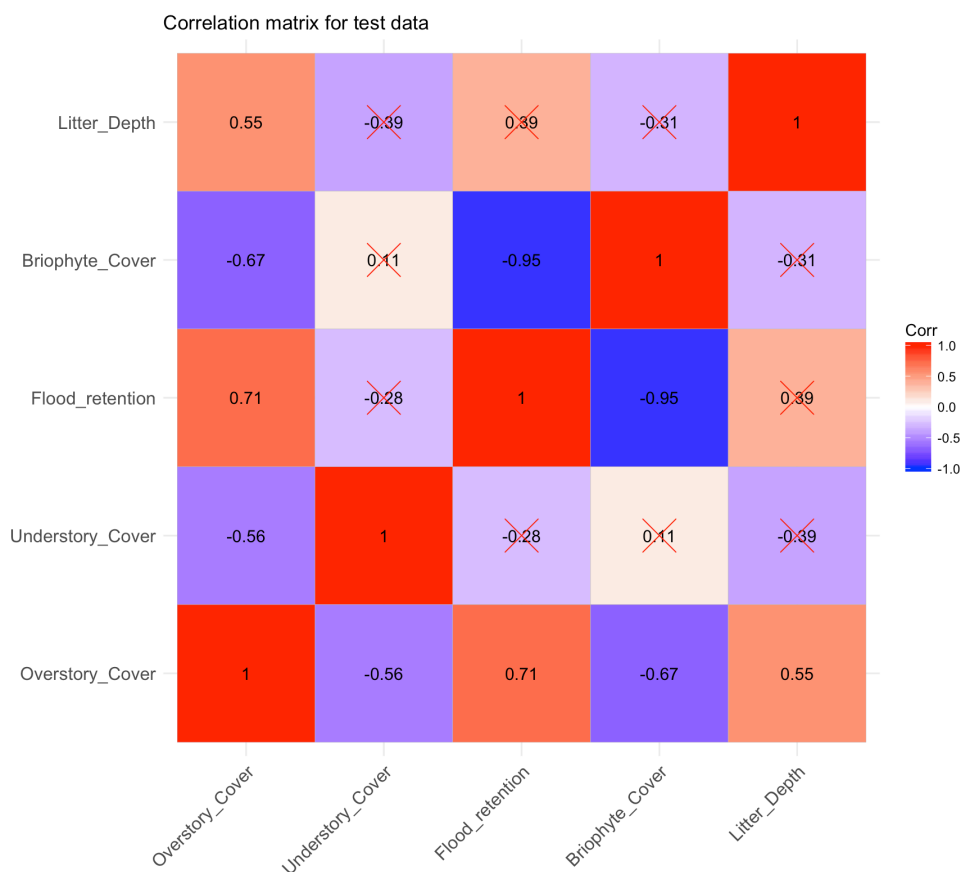


Fig. 6.26 – Correlazione tra gli indicatori innovativi testati nei siti plus di progetto. Le correlazioni non significative sono barrate con una croce rossa.

## 7. Conclusioni

Gli indicatori che mostrano differenze più marcate sono relativi alla copertura, sia del livello arboreo sia del livello erbaceo-arbustivo. Con riferimento alla copertura dello strato arboreo, si evidenzia una riduzione significativa della copertura in corrispondenza dei boschi cedui tradizionali all'evoluzione naturale e alla conversione ad altofusto. Non sono emerse differenze significative tra taglio di sementazione e ceduo tradizionale, entrambe ipotesi che prevedono interventi molto consistenti in termini di riduzione della copertura nei primi anni dal taglio, rispetto agli altri trattamenti gestionali. Di converso, l'analisi della copertura a livello erbaceo-arbustivo mostra valori molto bassi per le opzioni evoluzione naturale e conversione ad alto fusto, mentre i valori più alti sono rilevabili nelle opzioni taglio di sementazione e ceduo tradizionale. Si potrebbe nel caso di questo indicatore ipotizzare che i cambiamenti operati a livello dell'avviamento ad alto fusto, presumibilmente più marcati nel periodo successivo al taglio, si siano annullati col tempo, essendo trascorsi alcuni anni dall'intervento nei soprassuoli indagati; di conseguenza le variazioni operate sono risultate temporanee per tale indicatore in tale opzione colturale; un supporto a questa ipotesi è mostrato in Chianucci et al. (2016), dove l'analisi temporale in boschi cedui di faggio ha mostrato come le variazioni indotte dal taglio di avviamento sul microclima luminoso al suolo vengano pressoché annullate dopo 7 anni dal taglio.

In sintesi, l'analisi congiunta della copertura dei due livelli mostra come interventi più sostenuti nelle tesi taglio di sementazione e ceduo tradizionale abbiano creato drastiche variazioni nel regime luminoso a livello del suolo, favorendo di conseguenza l'insorgere di dinamiche di rinnovazione nello strato erbaceo-arbustivo, molto ridotte o pressoché assenti nelle altre opzioni colturali, dove l'elevata copertura dello strato arboreo rappresenta un fattore limitante per la rinnovazione. Questi cambiamenti influiscono a cascata su altri indicatori, quali ad esempio la capacità di regimazione delle acque. In questo caso, si può osservare come le opzioni evoluzione naturale e conversione ad alto fusto abbiano una maggiore capacità di trattenuta delle acque, mentre le opzioni taglio di sementazione e ceduo a regime hanno un maggior coefficiente di deflusso.

La profondità della lettiera è maggiore nell'evoluzione naturale, dal momento che il sottobosco non è mai 'scoperto' durante il ciclo vitale; tuttavia le differenze non sono marcate (pochi mm) e significative solo nei confronti della ceduzione, che comporta sì cambiamenti drastici a livello dello strato superficiale, ma temporanei.

## 8. Bibliografia ed ulteriori letture

- Barazzuoli, P., Izzo, S., Menicori, P., Micheluccini, M., Salleolini, M., 1989. A new practical aid to regional hydrogeologic planning: the runoff coefficient map. *Environmental Management*, 13(5), pp. 613-622.
- Chianucci F., Bertini G., Piovosi M., Marchino L., Fabbio G, Cutini A., Landi S., 2016. Campionamento per la stima della copertura del piano di vegetazione arboreo superiore, inferiore, arbustivo e delle briofite, dello spessore della lettiera e della regimazione idrica. Documento del progetto LIFE FutureForCoppiceS, pp. 19.

- Chianucci, F. 2016. A note on estimating canopy cover from digital cover and hemispherical photography. *Silva Fennica* vol. 50 no. 1 article id 1518. <http://dx.doi.org/10.14214/sf.1518>.
- Chianucci, F., Cutini, A., Corona, P. and Puletti, N., 2014a. Estimation of leaf area index in understory deciduous trees using digital photography. *Agricultural and Forest Meteorology*, 198, pp. 259-264.
- Chianucci, F., Puletti, N., Venturi, E., Cutini, A. and Chiavetta, U., 2014b. Photographic assessment of overstory and understory leaf area index in beech forests under different management regimes in Central Italy. *Forestry Studies*, 61(1), pp. 27-34.
- Chianucci, F., Salvati, L., Giannini, T., Chiavetta, U., Corona, P. and Cutini, A., 2016. Long-term response to thinning in a beech (*Fagus sylvatica* L.) coppice stand under conversion to high forest in Central Italy.
- Eagleson P.S., 1982. Ecological optimality in water-limited natural soil–vegetation systems, 1. Theory and hypothesis. *Water Resources Research*, 18, 325–340.
- Ferretti M., Cutini A., Gottardini E., 2016. Linee Guida per la preparazione coerente delle indagini e dei dati (V1 R0). Documento LIFE FutureForCoppiceS, pp.22.
- FOREST EUROPE, UNECE and FAO 2011. State of Europe's Forests 2011. Status and Trends in Sustainable Forest Management in Europe. Ministerial Conference on the Protection of Forests in Europe, 2011, ISBN 978-82-92980-05-7.
- FOREST EUROPE 2015. State of Europe's Forests 2015. Ministerial Conference on the Protection of Forests in Europe, FOREST EUROPE Liaison Unit Madrid, pp. 65-221.
- Macfarlane, C. and Ogden, G.N., 2012. Automated estimation of foliage cover in forest understorey from digital nadir images. *Methods in Ecology and Evolution*, 3(2), pp. 405-415.
- Macfarlane, C., Lardner, T., Patterson, K. and Grigg, A. H., 2010. A new model for predicting understorey leaf area from biomass in eucalypt forest to test the ecohydrological equilibrium theory. *Methods in Ecology and Evolution*, 1: 371–379. doi:10.1111/j.2041-210X.2010.00038.x
- Macfarlane, C., Hoffman, M., Eamus, D., Kerp, N., Higginson, S., McMurtrie, R., Adams, M.A. 2007. Estimation of leaf area index in eucalypt forest using digital photography. *Agricultural and Forest Meteorology* 143(3–4): 176–188. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agrformet.2006.10.013>.
- Ridler, T, Calvard, S., 1978. Picture thresholding using an iterative selection method. *IEEE Trans on Systems Man and Cybernetics*, SMC 8: 630-2.
- Tardi, A., and S. Vittorini. 1977. Il calcolo del coefficiente di deflusso su basi fisiografiche. *Bollettino degli Ingegneri* 4: 5–14.

## 9. Annessi

Annesso 1. Schede informative.

Annesso 2. Information sheets.









**FutureFor  
Coppices**

Shaping future forestry for sustainable coppices in southern Europe:  
the legacy of past management trials



LIFE14 ENV/IT/000514



FONDAZIONE  
EDMUND  
MACH



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE



**Forestas**  
Agenzia forestale regionale pro silvicultura de  
su territoriu e de s'ambiente de sa Sardegna  
Agenzia forestale regionale per lo sviluppo  
del territorio e dell'ambiente della Sardegna



## Criterio 5 - Mantenimento e miglioramento delle funzioni protettive nella gestione forestale - Stato e andamento degli indicatori GFS

Sito	Tipologia indicatore	Indicatore	Stato e andamento nei diversi trattamenti
Buca Zamponi (faggeta montana)	Innovativo	Copertura del piano di vegetazione arboreo superiore	<div style="text-align: center;"> </div> <p>Distribuzione dei valori di Copertura del piano di vegetazione arboreo superiore nei diversi trattamenti. Sono presenti differenze significative tra i trattamenti considerati (<math>p &lt; 0,05</math>).</p>
Buca Zamponi (faggeta montana)	Innovativo	Copertura del piano di vegetazione arboreo inferiore e arbustivo	<div style="text-align: center;"> </div> <p>Distribuzione dei valori della Copertura del piano di vegetazione arboreo inferiore e arbustivo nei diversi trattamenti. Sono presenti differenze significative tra i trattamenti considerati (<math>p &lt; 0,05</math>).</p>



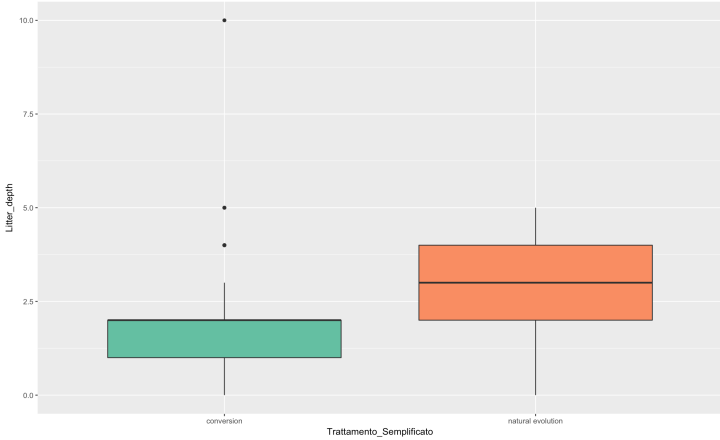
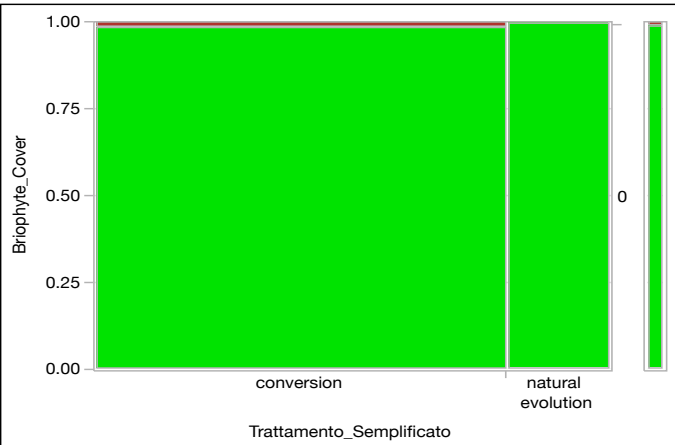
**LIFE FutureFor Coppices**

Shaping future forestry for sustainable coppices in southern Europe: the legacy of past management trials

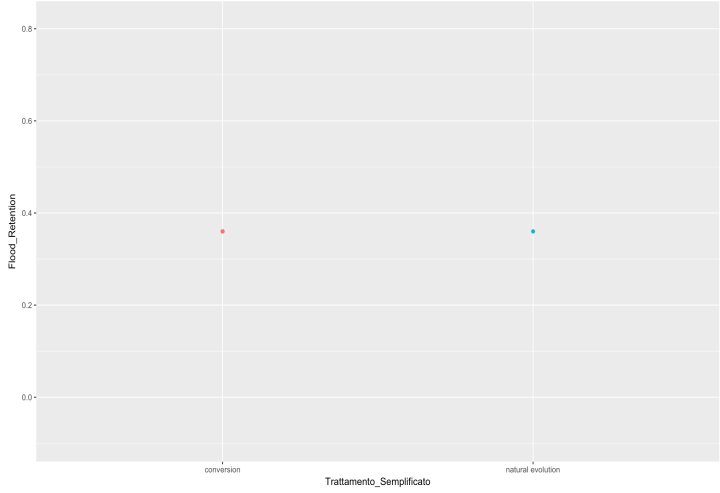


LIFE14 ENV/IT/000514

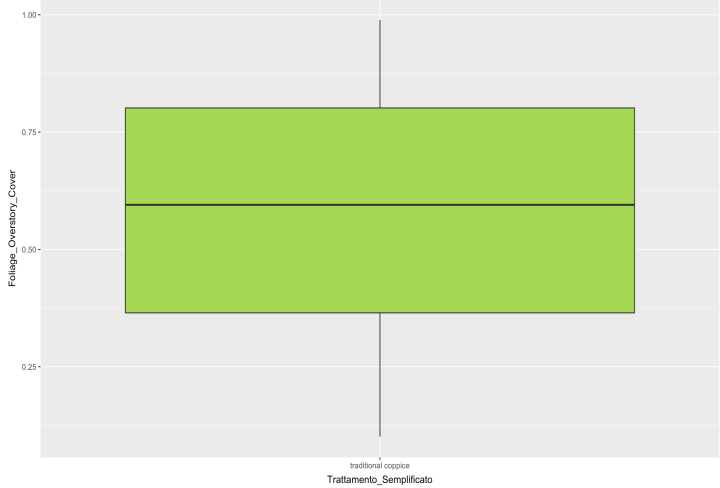
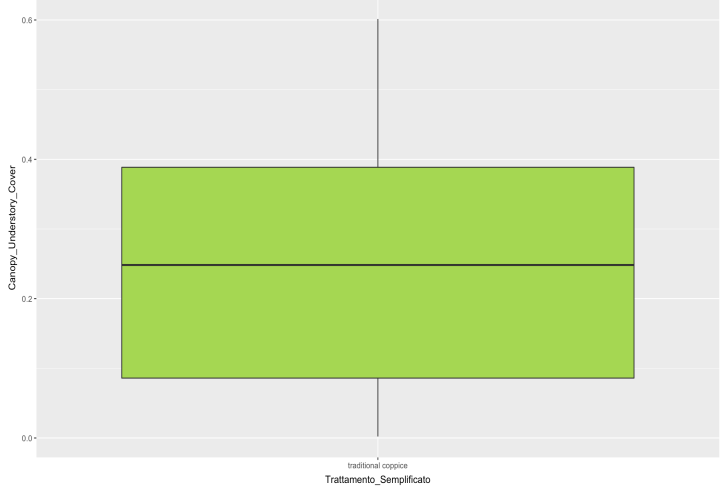
**Critero 5 - Mantenimento e miglioramento delle funzioni protettive nella gestione forestale - Stato e andamento degli indicatori GFS**

<p>Buca Zamponi (faggeta montana)</p>	<p>Innovativo</p>	<p>Profondità dello strato di lettiera</p>	 <p>Distribuzione dei valori della Profondità di lettiera nei diversi trattamenti. Sono presenti differenze significative tra i diversi trattamenti considerati (<math>p &lt; 0,05</math>).</p>
<p>Buca Zamponi (faggeta montana)</p>	<p>Innovativo</p>	<p>Copertura della briofite</p>	 <p>Mosaic plot dei valori della Copertura della briofite per i diversi trattamento considerati. Non si riscontrano differenze significative tra i trattamenti considerati (<math>p &gt; 0,05</math>).</p>

## Criterio 5 - Mantenimento e miglioramento delle funzioni protettive nella gestione forestale - Stato e andamento degli indicatori GFS

Buca Zamponi (faggeta montana)	Innovativo	Capacità di regimazione idrica del suolo	
			<p>Distribuzione dei valori di Capacità di regimazione idrica del suolo nei diversi trattamenti. Non si riscontrano differenze significative tra i trattamenti considerati, non essendoci però sufficienti dati a disposizione.</p>

**Critero 5 - Mantenimento e miglioramento delle funzioni protettive nella gestione forestale - Stato e andamento degli indicatori GFS**

<p>Buca Zamponi 1 (faggeta montana)</p>	<p>Innovativo</p>	<p>Copertura del piano di vegetazione arboreo superiore</p>	 <p>Nel caso di Buca Zamponi 1 si hanno a disposizione dati solo per il ceduo tradizionale. Il grafico box plot riporta la distribuzione dell'indicatore considerato.</p>
<p>Buca Zamponi 1 (faggeta montana)</p>	<p>Innovativo</p>	<p>Copertura del piano di vegetazione arboreo inferiore e arbustivo</p>	 <p>Nel caso di Buca Zamponi 1 si hanno a disposizione dati solo per il ceduo tradizionale. Il grafico box plot riporta la distribuzione dell'indicatore considerato.</p>



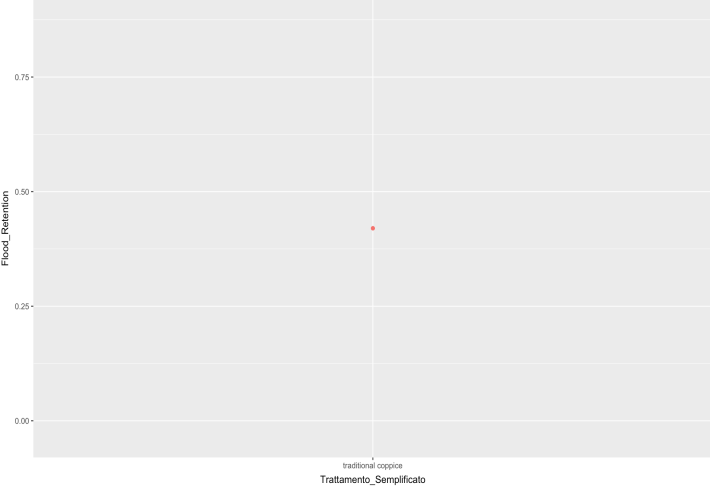
**LIFE FutureFor Coppices**

Shaping future forestry for sustainable coppices in southern Europe: the legacy of past management trials

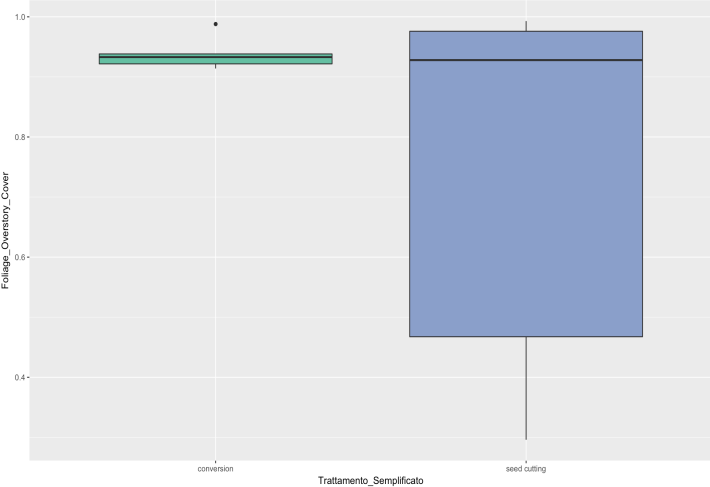
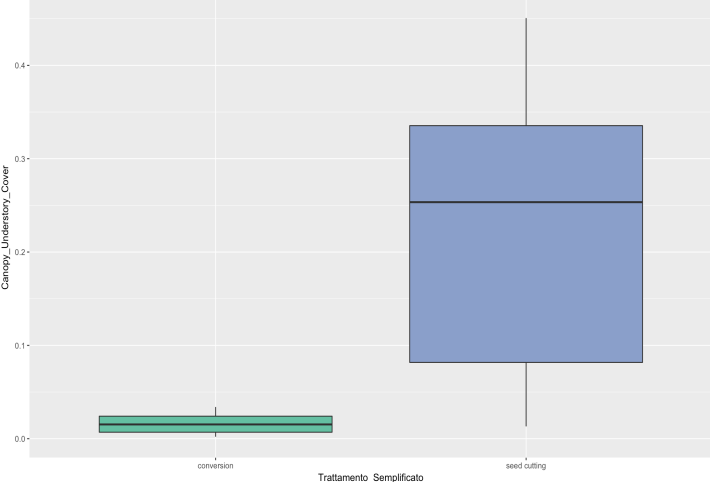


LIFE14 ENV/IT/000514

**Critero 5 - Mantenimento e miglioramento delle funzioni protettive nella gestione forestale - Stato e andamento degli indicatori GFS**

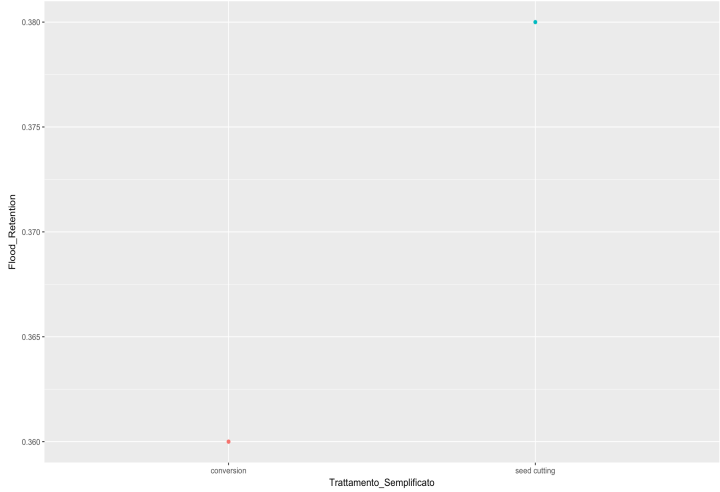
Buca Zamponi 1 (faggeta montana)	Innovativo	Capacità di regimazione idrica del suolo	 <p>Nel caso di Buca Zamponi 1 si hanno a disposizione dati solo per il ceduo tradizionale. Il grafico riporta il valore dell'indicatore considerato, relativo alle misure a disposizione.</p>
----------------------------------	------------	--	--

**Critero 5 - Mantenimento e miglioramento delle funzioni protettive nella gestione forestale - Stato e andamento degli indicatori GFS**

Eremo della Casella (faggeta montana)	Innovativo	Copertura del piano di vegetazione arboreo superiore	
Distribuzione dei valori di Copertura del piano di vegetazione arboreo superiore nei diversi trattamenti. Non sono state rilevate differenze significative tra i diversi trattamenti ( $p > 0,05$ ).			
Eremo della Casella (faggeta montana)	Innovativo	Copertura del piano di vegetazione arboreo inferiore e arbustivo	
Distribuzione dei valori di Copertura del piano di vegetazione arboreo inferiore e arbustivo nei diversi trattamenti. Si riscontrano differenze significative tra i diversi trattamenti ( $p > 0,05$ ).			



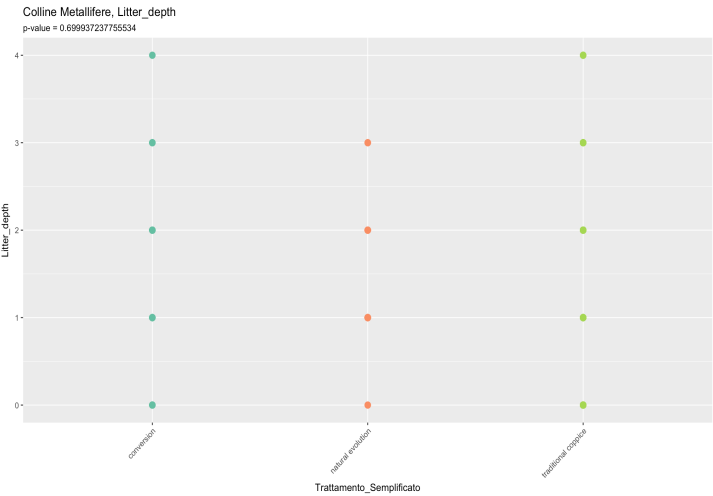
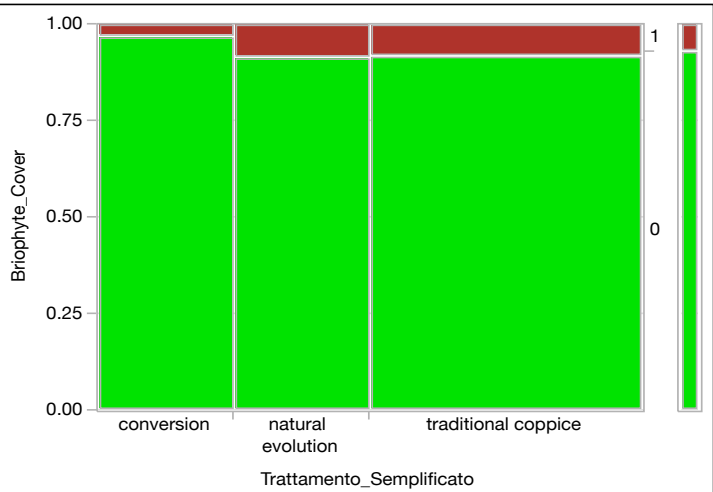
**Critero 5 - Mantenimento e miglioramento delle funzioni protettive nella gestione forestale - Stato e andamento degli indicatori GFS**

Eremo della Casella (faggeta montana)	Innovativo	Capacità di regimazione idrica del suolo	<div style="text-align: center;">  <table border="1" style="margin: 10px auto;"> <caption>Data from Flood Retention Plot</caption> <thead> <tr> <th>Treatment</th> <th>Flood Retention (approx.)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>conversion</td> <td>0.360</td> </tr> <tr> <td>Trattamento_Semplificato</td> <td>0.365</td> </tr> <tr> <td>seed cutting</td> <td>0.380</td> </tr> </tbody> </table> </div> <p>Distribuzione dei valori di Capacità di regimazione idrica del suolo nei diversi trattamenti. Non sono state rilevate differenze significative tra i diversi trattamenti (<math>p &gt; 0,05</math>), non essendoci però sufficienti dati a disposizione.</p>	Treatment	Flood Retention (approx.)	conversion	0.360	Trattamento_Semplificato	0.365	seed cutting	0.380
Treatment	Flood Retention (approx.)										
conversion	0.360										
Trattamento_Semplificato	0.365										
seed cutting	0.380										

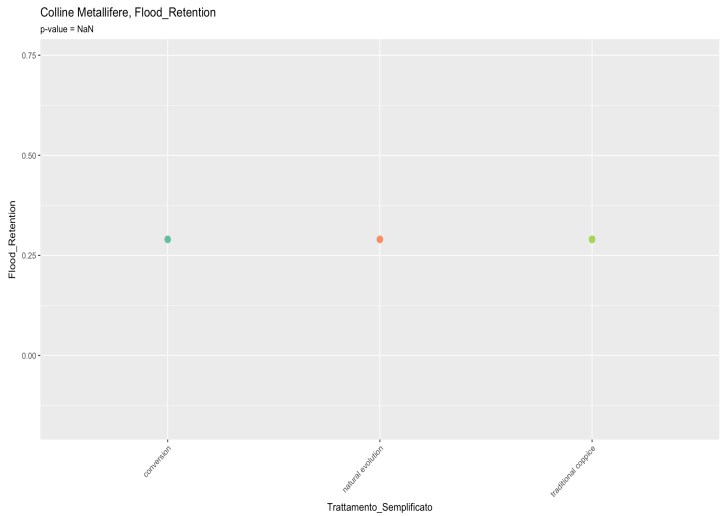
**Critero 5 - Mantenimento e miglioramento delle funzioni protettive nella gestione forestale - Stato e andamento degli indicatori GFS**

<p>Poggio Pievano (foresta di latifoglie decidue termofile)</p>	<p>Innovativo</p>	<p>Copertura del piano di vegetazione arboreo superiore</p>	<div data-bbox="981 156 1693 654"> <p>Colline Metallifere, Foliage_Overstory_Cover p-value = 0.812901234317345</p> </div> <p>Distribuzione dei valori di Copertura del piano di vegetazione arboreo superiore nei diversi trattamenti. Non sono state rilevate differenze significative tra i diversi trattamenti (<math>p &gt; 0,05</math>).</p>
<p>Poggio Pievano (foresta di latifoglie decidue termofile)</p>	<p>Innovativo</p>	<p>Copertura del piano di vegetazione arboreo inferiore e arbustivo</p>	<div data-bbox="981 766 1693 1264"> <p>Colline Metallifere, Canopy_Understory_Cover p-value = 0.0798252015947736</p> </div> <p>Distribuzione dei valori di Copertura del piano di vegetazione arboreo inferiore e arbustivo nei diversi trattamenti. Non sono state rilevate differenze significative tra i diversi trattamenti (<math>p &gt; 0,05</math>).</p>

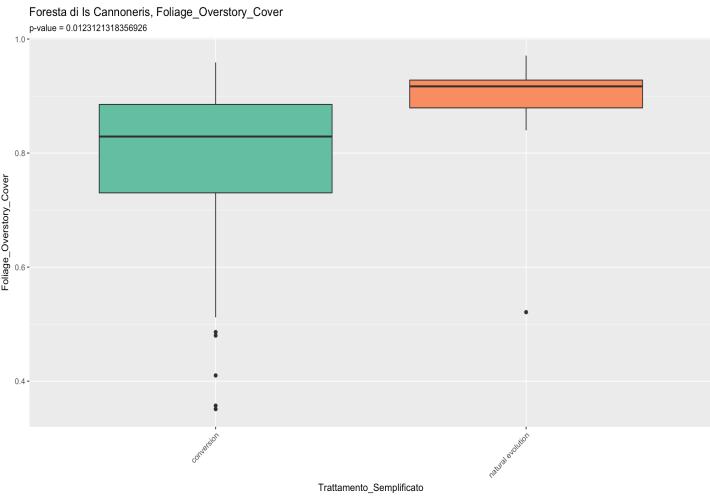
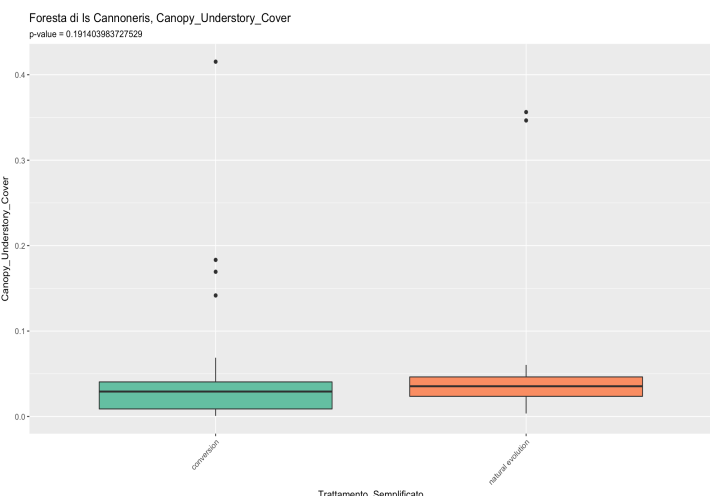
## Criterio 5 - Mantenimento e miglioramento delle funzioni protettive nella gestione forestale - Stato e andamento degli indicatori GFS

Poggio Pievano (foresta di latifoglie decidue termofile)	Innovativo	Profondità dello strato di lettiera	<div style="text-align: center;">  <p style="font-size: small;">Colline Metallifere, Litter_depth p-value = 0.699937237755534</p> </div> <p>Distribuzione dei valori di Profondità di lettiera nei diversi trattamenti. Non sono state rilevate differenze significative tra i diversi trattamenti (<math>p &gt; 0,05</math>), non essendoci però sufficienti dati a disposizione.</p>
Poggio Pievano (foresta di latifoglie decidue termofile)	Innovativo	Copertura della briofite	<div style="text-align: center;">  <p style="font-size: small;">Briophyte_Cover</p> <p style="font-size: small;">Trattamento_Semplificato</p> </div> <p>Mosaic plot dei valori della Copertura della briofite nei diversi trattamenti. Si riscontrano differenze significative tra tipi di trattamento (<math>p &lt; 0,05</math>).</p>

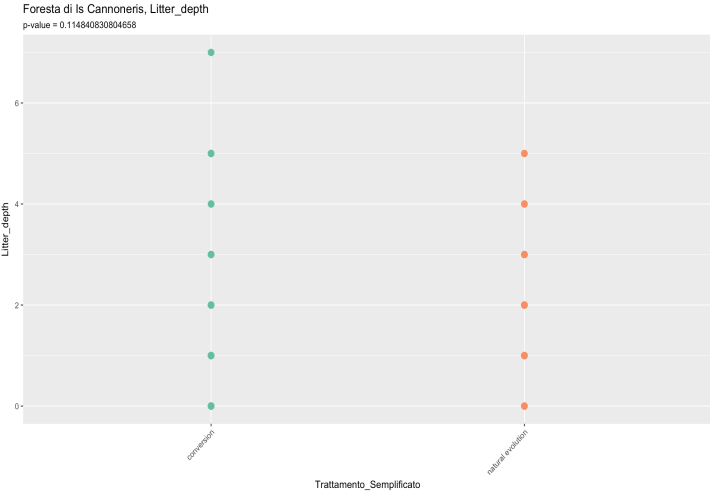
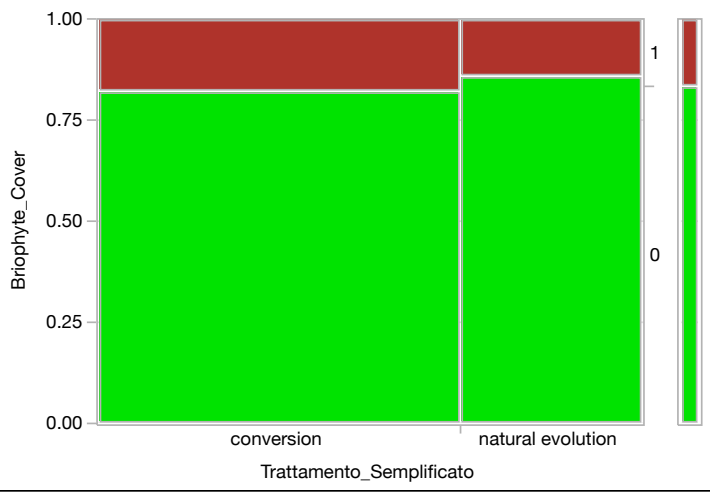
## Criterio 5 - Mantenimento e miglioramento delle funzioni protettive nella gestione forestale - Stato e andamento degli indicatori GFS

Poggio Pievano (foresta di latifoglie decidue termofile)	Innovativo	Capacità di regimazione idrica del suolo	<div style="text-align: center;">  <p>Colline Metallifere, Flood_Retention p-value = NaN</p> <table border="1"> <caption>Data points from the scatter plot</caption> <thead> <tr> <th>Treatment</th> <th>Flood_Retention (approx.)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>controllo</td> <td>0.30</td> </tr> <tr> <td>riduzione emissioni</td> <td>0.30</td> </tr> <tr> <td>trattamenti cospicui</td> <td>0.30</td> </tr> </tbody> </table> </div> <p>Distribuzione dei valori di Capacità di regimazione idrica del suolo nei diversi trattamenti. Non sono state rilevate differenze significative tra i diversi trattamenti (<math>p &gt; 0,05</math>), non essendoci però sufficienti dati a disposizione.</p>	Treatment	Flood_Retention (approx.)	controllo	0.30	riduzione emissioni	0.30	trattamenti cospicui	0.30
Treatment	Flood_Retention (approx.)										
controllo	0.30										
riduzione emissioni	0.30										
trattamenti cospicui	0.30										

## Criterio 5 - Mantenimento e miglioramento delle funzioni protettive nella gestione forestale - Stato e andamento degli indicatori GFS

Is Cannoneris (foresta di latifoglie sempreverdi)	Innovativo	Copertura del piano di vegetazione arboreo superiore	<div style="text-align: center;">  <p style="font-size: small;">Foresta di Is Cannoneris, Foliage_Overstory_Cover p-value = 0.0123121318356926</p> </div> <p>Distribuzione dei valori di Copertura del piano di vegetazione arboreo superiore nei diversi trattamenti. Sono presenti differenze significative tra i diversi trattamenti (<math>p &lt; 0,05</math>).</p>
Is Cannoneris (foresta di latifoglie sempreverdi)	Innovativo	Copertura del piano di vegetazione arboreo inferiore e arbustivo	<div style="text-align: center;">  <p style="font-size: small;">Foresta di Is Cannoneris, Canopy_Understory_Cover p-value = 0.191403983727529</p> </div> <p>Distribuzione dei valori di Copertura del piano di vegetazione arboreo inferiore e arbustivo nei diversi trattamenti. Non si riscontrano differenze significative tra i diversi trattamenti (<math>p &gt; 0,05</math>).</p>

**Critero 5 - Mantenimento e miglioramento delle funzioni protettive nella gestione forestale - Stato e andamento degli indicatori GFS**

Is Cannoneris (foresta di latifoglie sempreverdi)	Innovativo	Profondità dello strato di lettiera	 <p>Distribuzione dei valori di Profondità di lettiera nei diversi trattamenti. Non sono presenti differenze significative tra i diversi trattamenti (<math>p &gt; 0,05</math>), non essendoci però sufficienti dati a disposizione.</p>
Is Cannoneris (foresta di latifoglie sempreverdi)	Innovativo	Copertura della briofite	 <p>Mosaic plot dei valori della Copertura della briofite nei diversi trattamenti. Sono presenti differenze significative tra i diversi trattamenti (<math>p &lt; 0,05</math>).</p>

## Criterio 5 - Mantenimento e miglioramento delle funzioni protettive nella gestione forestale - Stato e andamento degli indicatori GFS

Is Cannoneris (foresta di latifoglie sempreverdi)	Innovativo	Capacità di regimazione idrica del suolo	<div style="text-align: center;"> <p>Foresta di Is Cannoneris, Flood_Retention p-value = 0.225359422041553</p> <table border="1" style="margin: 10px auto;"> <caption>Data points from Flood_Retention plot</caption> <thead> <tr> <th>Treatment</th> <th>Flood_Retention Values</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>cannoneris</td> <td>0.22, 0.24, 0.28</td> </tr> <tr> <td>naturale evolution</td> <td>0.22, 0.24</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;">Trattamento_Semplificato</p> </div> <p>Distribuzione dei valori di Capacità di regimazione idrica del suolo nei diversi trattamenti. Non si rilevano differenze significative tra i diversi trattamenti (<math>p &gt; 0,05</math>), non essendoci però sufficienti dati a disposizione.</p>	Treatment	Flood_Retention Values	cannoneris	0.22, 0.24, 0.28	naturale evolution	0.22, 0.24
Treatment	Flood_Retention Values								
cannoneris	0.22, 0.24, 0.28								
naturale evolution	0.22, 0.24								

## Criterion 5 - Maintenance and improvement of protective functions in forest management - Status and trends of indicators GFS



Shaping future forestry for sustainable coppices in southern Europe:  
the legacy of past management trials





## Criterion 5 - Maintenance and appropriate enhancement of protective functions in forest management - Status and trend of SFM indicators

Site	Indicator type	Indicator	Indicator status by silvicultural treatment
Buca Zamponi (mountainous beech forests)	Innovative	Overstorey Cover	<p>Distribution of Overstorey Cover values for each silvicultural treatment. There are statistically significant differences between the considered treatments (<math>p &lt; 0,05</math>).</p>
Buca Zamponi (mountainous beech forests)	Innovative	Understorey Cover	<p>Distribution of Understorey Cover values for each silvicultural treatment. There are statistically significant differences between the considered treatments (<math>p &lt; 0,05</math>).</p>



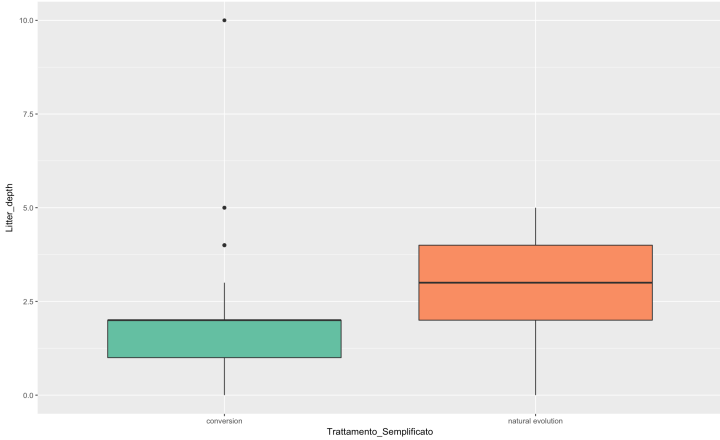
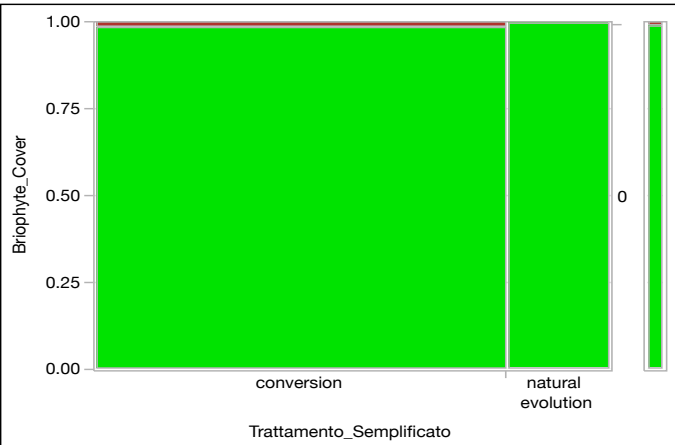
**FutureFor  
Coppices**

Shaping future forestry for sustainable coppices in southern Europe:  
the legacy of past management trials

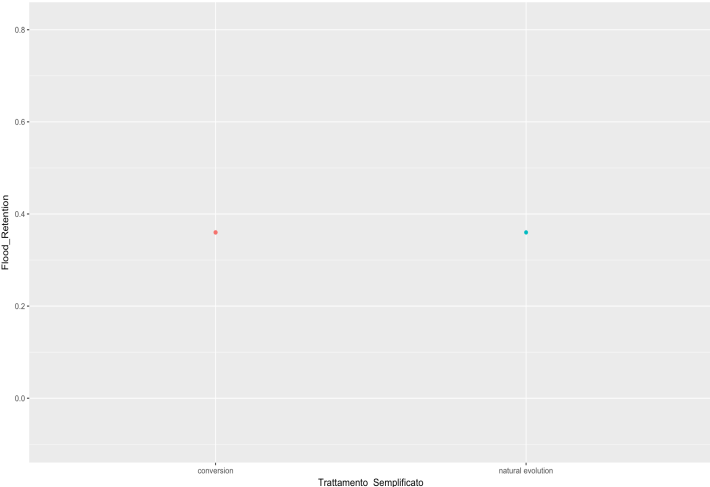


LIFE14 ENV/IT/000514

**Criterion 5 - Maintenance and appropriate enhancement of protective functions in forest management - Status and trend of SFM indicators**

Buca Zamponi (mountainous beech forests)	Innovative	Ground litter depth	 <p>Distribution of Ground litter depth values for each silvicultural treatment. There are statistically significant differences between the considered treatments (<math>p &lt; 0,05</math>).</p>
Buca Zamponi (mountainous beech forests)	Innovative	Bryophyte ground cover	 <p>Mosaic plot Bryophyte ground cover values for each silvicultural treatment. There are no statistically significant differences between the considered treatments (<math>p &gt; 0,05</math>).</p>

## Criterion 5 - Maintenance and appropriate enhancement of protective functions in forest management - Status and trend of SFM indicators

Buca Zamponi (mountainous beech forests)	Innovative	Flood retention	 <p>Distribution of Flood retention values for each silvicultural treatment. There are no statistically significant differences between the considered treatments, having not enough available data.</p>
--	------------	-----------------	--



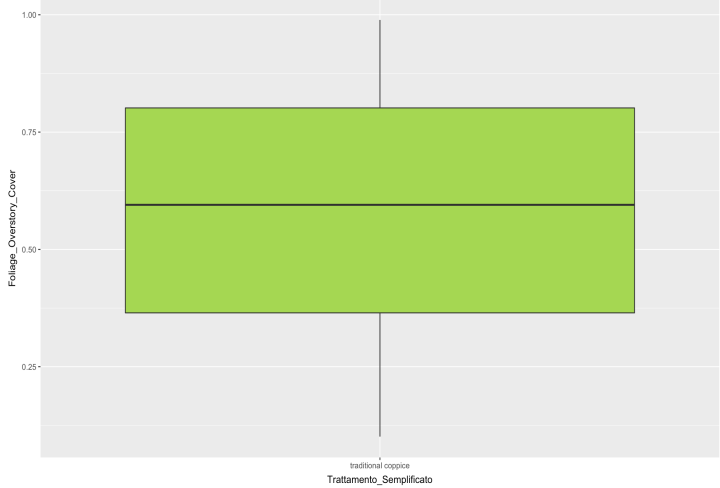
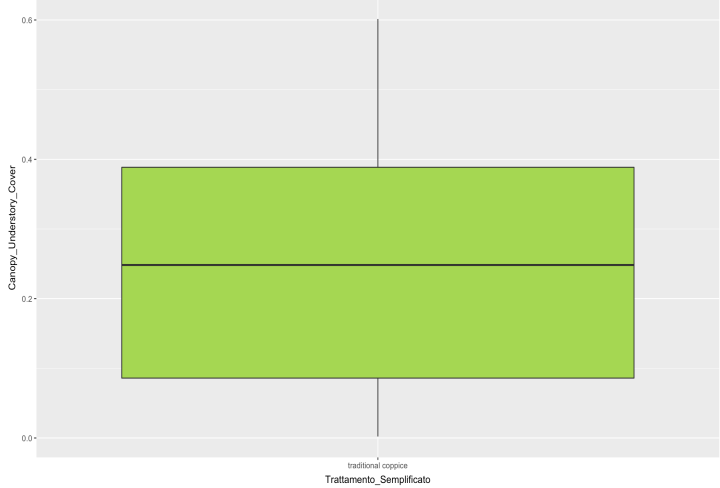
**LIFE FutureFor Coppices**

Shaping future forestry for sustainable coppices in southern Europe:  
the legacy of past management trials



LIFE14 ENV/IT/000514

**Criterion 5 - Maintenance and appropriate enhancement of protective functions in forest management - Status and trend of SFM indicators**

Buca Zamponi 1 (mountainous beech forests)	Innovative	Overstorey Cover	 <p>In the Buca Zamponi 1 site there are available data for traditional coppice only. The box plot depicts the distribution of the considered indicator.</p>
Buca Zamponi 1 (mountainous beech forests)	Innovative	Understorey Cover	 <p>In the Buca Zamponi 1 site there are available data for traditional coppice only. The box plot depicts the distribution of the considered indicator.</p>



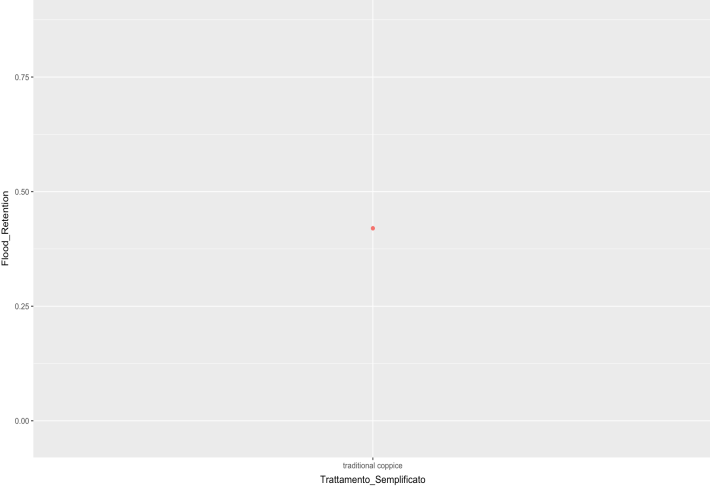
**FutureFor Coppices**

Shaping future forestry for sustainable coppices in southern Europe: the legacy of past management trials



LIFE14 ENV/IT/000514

## Criterion 5 - Maintenance and appropriate enhancement of protective functions in forest management - Status and trend of SFM indicators

Buca Zamponi 1 (mountainous beech forests)	Innovative	Flood retention	
<p>In the Buca Zamponi 1 site there are available data for traditional coppice only. The plot depicts the value of the considered indicator measurements.</p>			



futureforcoppices.eu

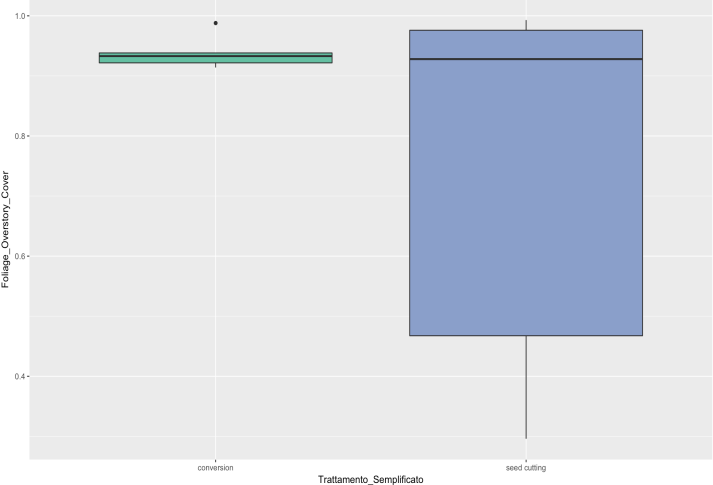
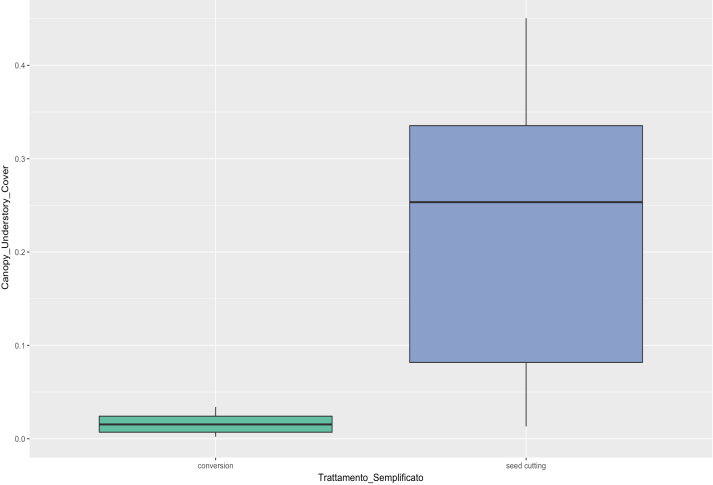
**LIFE FutureFor Coppices**

Shaping future forestry for sustainable coppices in southern Europe:  
the legacy of past management trials



LIFE14 ENV/IT/000514

## Criterion 5 - Maintenance and appropriate enhancement of protective functions in forest management - Status and trend of SFM indicators

Eremo della Casella (mountainous beech forests)	Innovative	Overstorey Cover	
Distribution of Overstorey Cover values for each silvicultural treatment. There are no statistically significant differences between the considered treatments ( $p > 0,05$ ).			
Eremo della Casella (mountainous beech forests)	Innovative	Understorey Cover	
Distribution of Understorey Cover values for each silvicultural treatment. There are statistically significant differences between the considered treatments ( $p < 0,05$ ).			



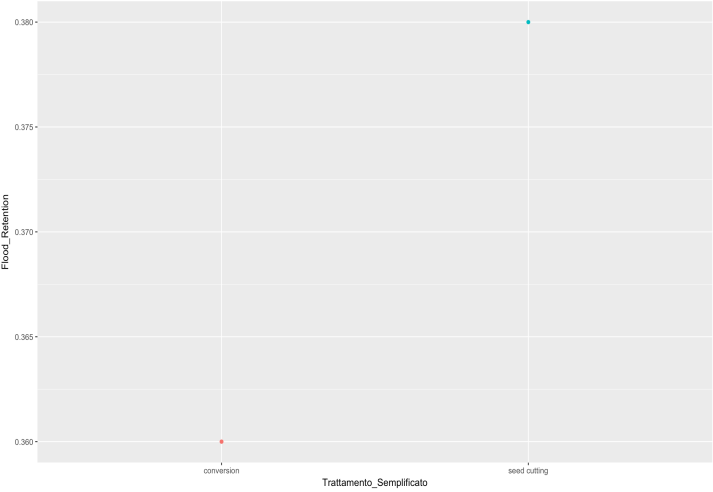
**FutureFor  
Coppices**

Shaping future forestry for sustainable coppices in southern Europe:  
the legacy of past management trials

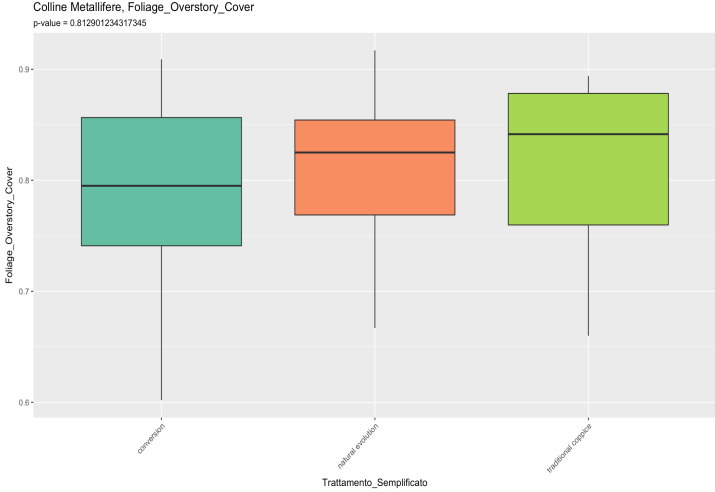
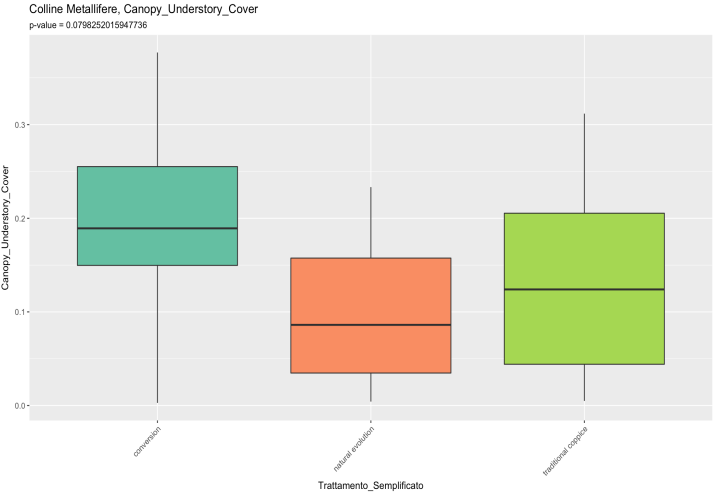


LIFE14 ENV/IT/000514

## Criterion 5 - Maintenance and appropriate enhancement of protective functions in forest management - Status and trend of SFM indicators

Eremo della Casella (mountainous beech forests)	Innovative	Flood retention	 <p>Distribution of Flood retention values for each silvicultural treatment. There are no statistically significant differences between the considered treatments (<math>p &gt; 0,05</math>), having not enough available data.</p>
---	------------	-----------------	---

## Criterion 5 - Maintenance and appropriate enhancement of protective functions in forest management - Status and trend of SFM indicators

Poggio Piovano (deciduous thermophilous forests)	Innovative	Overstorey Cover	 <p>Colline Metallifere, Foliage_Overstorey_Cover p-value = 0.812901234317345</p>
Distribution of Overstorey Cover values for each silvicultural treatment. There are no statistically significant differences between the considered treatments ( $p > 0,05$ ).			
Poggio Piovano (deciduous thermophilous forests)	Innovative	Understorey Cover	 <p>Colline Metallifere, Canopy_Understorey_Cover p-value = 0.0798252015947736</p>
Distribution of Understorey Cover values for each silvicultural treatment. There are no statistically significant differences between the considered treatments ( $p > 0,05$ ).			



**LIFE FutureFor Coppices**

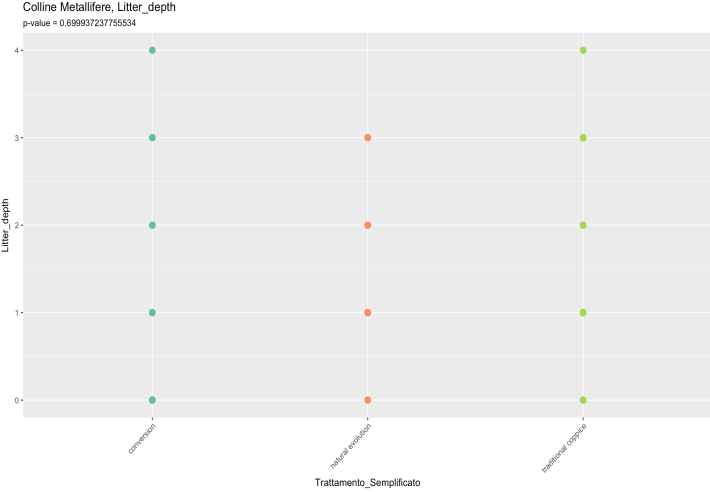
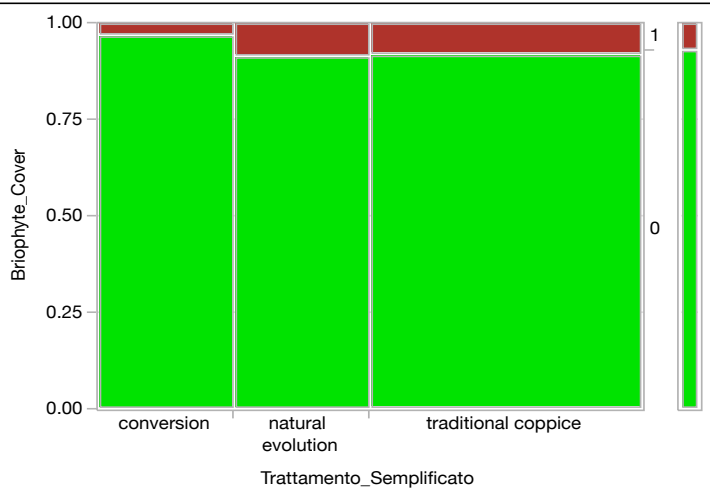
Shaping future forestry for sustainable coppices in southern Europe:  
the legacy of past management trials



LIFE14 ENV/IT/000514



**Criterion 5 - Maintenance and appropriate enhancement of protective functions in forest management - Status and trend of SFM indicators**

Poggio Pievano (deciduous thermophilous forests)	Innovative	Ground litter depth	 <p>Distribution of Ground litter depth values for each silvicultural treatment. There are no statistically significant differences between the considered treatments (<math>p &gt; 0,05</math>), having not enough available data.</p>
Poggio Pievano (deciduous thermophilous forests)	Innovative	Bryophyte ground cover	 <p>Mosaic plot Bryophyte ground cover values for each silvicultural treatment. There are statistically significant differences between the considered treatments (<math>p &lt; 0,05</math>).</p>



**FutureFor Coppices**

Shaping future forestry for sustainable coppices in southern Europe: the legacy of past management trials



LIFE14 ENV/IT/000514

## Criterion 5 - Maintenance and appropriate enhancement of protective functions in forest management - Status and trend of SFM indicators

Poggio Piervano (deciduous thermophilous forests)	Innovative	Flood retention	<div data-bbox="981 145 1688 662" data-label="Figure"> <p>Colline Metallifere, Flood_Retention p-value = NaN</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Treatment</th> <th>Flood_Retention</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>conservazione</td> <td>~0.30</td> </tr> <tr> <td>naturale eradicazione</td> <td>~0.30</td> </tr> <tr> <td>trattamento semplificato</td> <td>~0.30</td> </tr> </tbody> </table> </div> <div data-bbox="680 699 2056 762" data-label="Text"> <p>Distribution of Flood retention values for each silvicultural treatment. There are no statistically significant differences between the considered treatments (<math>p &gt; 0,05</math>), having not enough available data.</p> </div>	Treatment	Flood_Retention	conservazione	~0.30	naturale eradicazione	~0.30	trattamento semplificato	~0.30
Treatment	Flood_Retention										
conservazione	~0.30										
naturale eradicazione	~0.30										
trattamento semplificato	~0.30										



futureforcoppices.eu

**LIFE FutureFor Coppices**

Shaping future forestry for sustainable coppices in southern Europe: the legacy of past management trials



LIFE14 ENV/IT/000514

**Criterion 5 - Maintenance and appropriate enhancement of protective functions in forest management - Status and trend of SFM indicators**

Is Cannoneris (evergreen broadleaved forests)	Innovative	Overstorey Cover	
Distribution of Overstorey Cover values for each silvicultural treatment. There are statistically significant differences between the considered treatments ( $p > 0,05$ ).			
Is Cannoneris (evergreen broadleaved forests)	Innovative	Understorey Cover	
Distribution of Understorey Cover values for each silvicultural treatment. There are no statistically significant differences between the considered treatments ( $p > 0,05$ ).			



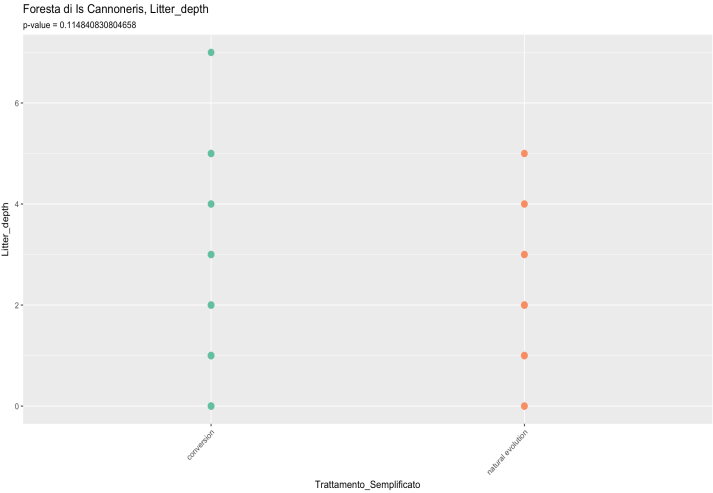
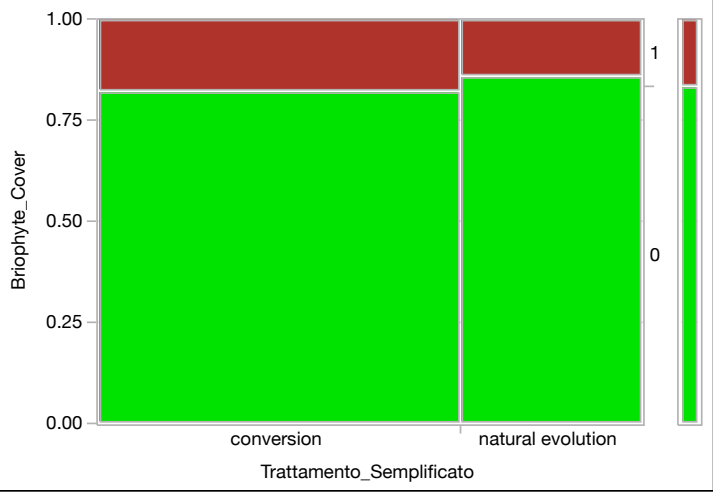
**FutureFor Coppices**

Shaping future forestry for sustainable coppices in southern Europe: the legacy of past management trials



LIFE14 ENV/IT/000514

**Criterion 5 - Maintenance and appropriate enhancement of protective functions in forest management - Status and trend of SFM indicators**

Is Cannoneris (evergreen broadleaved forests)	Innovative	Ground litter depth	 <p>Foresta di Is Cannoneris, Litter_depth p-value = 0.114940830804658</p> <p>Distribution of Ground litter depth values for each silvicultural treatment. There are no statistically significant differences between the considered treatments (<math>p &gt; 0,05</math>), having not enough available data.</p>
Is Cannoneris (evergreen broadleaved forests)	Innovative	Bryophyte ground cover	 <p>Mosaic plot Bryophyte ground cover values for each silvicultural treatment. There are statistically significant differences between the considered treatments (<math>p &lt; 0,05</math>).</p>

## Criterion 5 - Maintenance and appropriate enhancement of protective functions in forest management - Status and trend of SFM indicators

Is Cannoneris (evergreen broadleaved forests)	Innovative	Flood retention	<div data-bbox="974 151 1691 662" data-label="Figure"> <p>Foresta di Is Cannoneris, Flood_Retention p-value = 0.225359422041553</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Treatment</th> <th>Flood_Retention Values</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>cannoneris</td> <td>0.22, 0.24, 0.28</td> </tr> <tr> <td>naturale evolution</td> <td>0.22, 0.24</td> </tr> </tbody> </table> </div> <p data-bbox="683 694 2049 758">Distribution of Flood retention values for each silvicultural treatment. There are no statistically significant differences between the considered treatments (<math>p &gt; 0,05</math>), having not enough available data.</p>	Treatment	Flood_Retention Values	cannoneris	0.22, 0.24, 0.28	naturale evolution	0.22, 0.24
Treatment	Flood_Retention Values								
cannoneris	0.22, 0.24, 0.28								
naturale evolution	0.22, 0.24								



futureforcoppices.eu

**LIFE FutureFor Coppices**

Shaping future forestry for sustainable coppices in southern Europe:  
the legacy of past management trials



LIFE14 ENV/IT/000514

## Criterion 5 - Maintenance and appropriate enhancement of protective functions in forest management - Status and trend of SFM indicators



Shaping future forestry for sustainable coppices in southern Europe:  
the legacy of past management trials

