



**FutureFor  
Coppices**

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



LIFE14 ENV/IT/000514

## Criterion 2 – Mantenimento della salute e vitalità delle foreste

### Indicatori di Gestione Forestale Sostenibile

# Report on status and trend of SFM Criterion 2 at the project sites

Marzo 2018



La revisione editoriale del manuale è stata curata dal personale di TerraData environmetrics (Giorgio Brunialti, Luisa Frati, Marco Calderisi).

*Forma raccomandata di citazione:*

Gottardini E., Cristofolini F., Cristofori A., Roggero PP., Seddaiu G. 2018. Report on status and trend of SFM Criterion 2 at the project sites. Deliverable del progetto LIFE FutureForCoppiceS, Azione B.2, pp. 122.

## SOMMARIO

<b>Extended abstract</b> .....	6
<b>Riassunto esteso</b> .....	7
<b>1. Introduzione</b> .....	9
<b>2. Scopo del report</b> .....	10
<b>3. Obiettivi</b> .....	11
<b>4. Dati disponibili</b> .....	11
<b>4.1 Siti di indagine</b> .....	Errore. Il segnalibro non è definito.
<b>4.2 Dati pregressi</b> .....	15
<b>4.2 Dati rilevati nell'ambito del progetto</b> .....	16
4.2.1 Indicatori tradizionali .....	17
4.2.2 Indicatori innovativi .....	Errore. Il segnalibro non è definito.
<b>5. Elaborazione dei dati</b> .....	19
<b>6. Risultati</b> .....	21
<b>6.1 Indicatori tradizionali</b> .....	21
6.1.1 Alberese .....	25
6.1.1.1 Stato degli indicatori tradizionali nei diversi trattamenti .....	25
6.1.1.2 Serie storiche degli indicatori tradizionali .....	31
6.1.2 Buca Zamponi .....	32
6.1.2.1 Stato degli indicatori tradizionali nei diversi trattamenti .....	32
6.1.2.2 Serie storiche degli indicatori tradizionali .....	38
6.1.3 Buca Zamponi 1 .....	39
6.1.3.1 Stato degli indicatori tradizionali nei diversi trattamenti .....	39
6.1.3.2 Serie storiche degli indicatori tradizionali .....	44
6.1.4 Caselli .....	46
6.1.4.1 Stato degli indicatori tradizionali nei diversi trattamenti .....	46
6.1.4.2 Serie storiche degli indicatori tradizionali .....	52
6.1.5 Eremo della Casella .....	53
6.1.5.1 Stato degli indicatori tradizionali nei diversi trattamenti .....	53
6.1.5.2 Serie storiche degli indicatori tradizionali .....	59

6.1.6 Is Cannoneris.....	60
6.1.6.1 Stato degli indicatori tradizionali nei diversi trattamenti .....	60
6.1.6.2 Serie storiche degli indicatori tradizionali .....	66
6.1.7 Poggio Pievano.....	67
6.1.7.1 Stato degli indicatori tradizionali nei diversi trattamenti .....	67
6.1.7.2 Serie storiche degli indicatori tradizionali .....	73
6.1.8 Settefratelli .....	74
6.1.8.1 Stato degli indicatori tradizionali nei diversi trattamenti .....	74
6.1.8.2 Serie storiche degli indicatori tradizionali .....	80
6.1.9 Valsavignone.....	81
6.1.9.1 Stato degli indicatori tradizionali nei diversi trattamenti .....	81
6.1.9.2 Serie storiche degli indicatori tradizionali .....	87
<b>6.2 Indicatori innovativi .....</b>	<b>89</b>
6.2.1 Alberese.....	91
6.2.2 Buca Zamponi.....	94
6.2.3 Is Cannoneris.....	97
6.2.4 Poggio Pievano.....	101
<b>6.3 Confronto tra indicatori tradizionali e innovativi.....</b>	<b>105</b>
6.3.1 Alberese.....	106
6.3.2 Buca Zamponi.....	109
6.3.3 Is Cannoneris.....	112
6.3.4 Poggio Pievano.....	115
<b>7. Sintesi e conclusioni .....</b>	<b>118</b>
<b>7.1 Effetti delle diverse opzioni di gestione su salute e vitalità dell'ecosistema foresta.....</b>	<b>118</b>
7.1.1 Indicatori tradizionali.....	118
7.1.2 Indicatori innovativi.....	118
<b>7.2 Relazione tra indicatori tradizionali ed innovativi</b> Errore. Il segnalibro non è definito.	
<b>8. Bibliografia ed ulteriori letture .....</b>	<b>120</b>
<b>9. Annessi .....</b>	<b>120</b>



## Extended abstract

The Life FutureForCoppiceS project aims to assess the potential of different management options (*conversion to high forest, natural evolution, traditional coppice*) to support the sustainability and efficiency of the coppice forest. This assessment is based on the indicators of the six Sustainable Forest Management Criteria (SFM).

The purpose of this report is to present the status and trends of the data collected and processed within the Action B2 of the Life FutureForCoppiceS project, specifically related to Criterion 2 (C2) of SFM: maintenance of forest ecosystem health and vitality. The collected and presented data refer to: (i) consolidated indicators of SFM Criterion 2 and (ii) innovative indicators, tested within the project with the aim of evaluating the status of tree health and vitality under a functional concept. When possible, two types of data were considered at project site level: historical and current (2016) ones.

(i) The consolidated indicators considered within the project are: deposition of atmospheric pollutants (historical data); chemical soil properties (current data); crown condition (historical and current data). (ii) The innovative indicators tested within the project are: tree growth (historical data), chlorophyll content (current data), chlorophyll *a* fluorescence (current data), leaf morphology (current data).

Consistent with the objectives of the project, the results are presented to highlight: (a) the capacity of the different coppice management options tested in the project areas to support forest ecosystem health and vitality; (b) the relationship between consolidated and innovative indicators.

(a) As regards the crown condition, no univocal effect of the different management options was highlighted. In the 50% of the possible comparisons, tree defoliation was higher in *conversion to high forest* than in *natural evolution*, and vice versa; forest damages generally follow the same pattern as defoliation. Chemical soil properties (0-10 cm), turn out to the highest acidity and the lower carbon content in the *traditional coppice*, to an in-between situation in the case of *conversion to high forest*, and to the lowest acidity and the highest carbon content in the *natural evolution* option. Among the tested innovative indicators, the chlorophyll content generally retains higher values in *natural evolution* and in *traditional coppice* compared to *conversion to high forest*. The potential photosynthetic performance (chlorophyll *a* fluorescence: Fv/Fm, Plabs) shows higher values in the *conversion to high forest* compared to the *natural evolution* in the holm-oak site. As for leaf morphology, the thickness of the leaf lamina seems to be a good indicator of response to silvicultural treatment, even if the direction of response varies from species to species.

(b) Overall, in correspondence with higher tree defoliation values, a lower chlorophyll content, a lower potential photosynthetic performance (lower values of Fv/Fm and Plabs) and a lower thickness of the leaf lamina (LT) were observed, suggesting a general condition of reduced resistance to stress factors.

In conclusion, no univocal effects of the management options on forest ecosystem health and vitality were evident, evaluated with both traditional and innovative indicators. Some innovative indicators (Fv/Fm, Plabs, LT) prove to be useful in providing integrative functional information.

## Riassunto esteso

Il progetto Life FutureForCoppiceS mira a valutare la capacità di diverse opzioni di gestione (conversione ad alto fusto, evoluzione naturale, ceduo tradizionale) di supportare la sostenibilità e l'efficienza del bosco ceduo. Tale valutazione avviene attraverso l'uso di indicatori dei sei Criteri di Gestione Forestale Sostenibile (GFS).

Scopo di questo report è presentare stato e trend dei dati raccolti ed elaborati nell'ambito dell'Azione B2 del progetto Life FutureForCoppiceS, relativi specificatamente al Criterio 2 (C2) di GFS: *Mantenimento della salute e vitalità degli ecosistemi forestali*. I dati raccolti e qui presentati si riferiscono a: (i) indicatori consolidati del Criterio 2 di GFS e (ii) indicatori innovativi, testati nell'ambito del progetto con lo scopo di valutare lo stato di salute e vitalità degli alberi in chiave funzionale. Quando possibile, sono state considerate due tipologie di dati: storici ed attuali (2016), relativi ai siti di progetto. Gli indicatori consolidati (i) considerati sono: deposizione di inquinanti atmosferici (storici); condizioni del suolo (attuali); stato di salute delle chiome (storici e attuali). Gli indicatori innovativi (ii) testati sono: accrescimento del popolamento arboreo (storici), contenuto di clorofilla (attuali), fluorescenza della clorofilla *a* (attuali), morfologia fogliare (attuali).

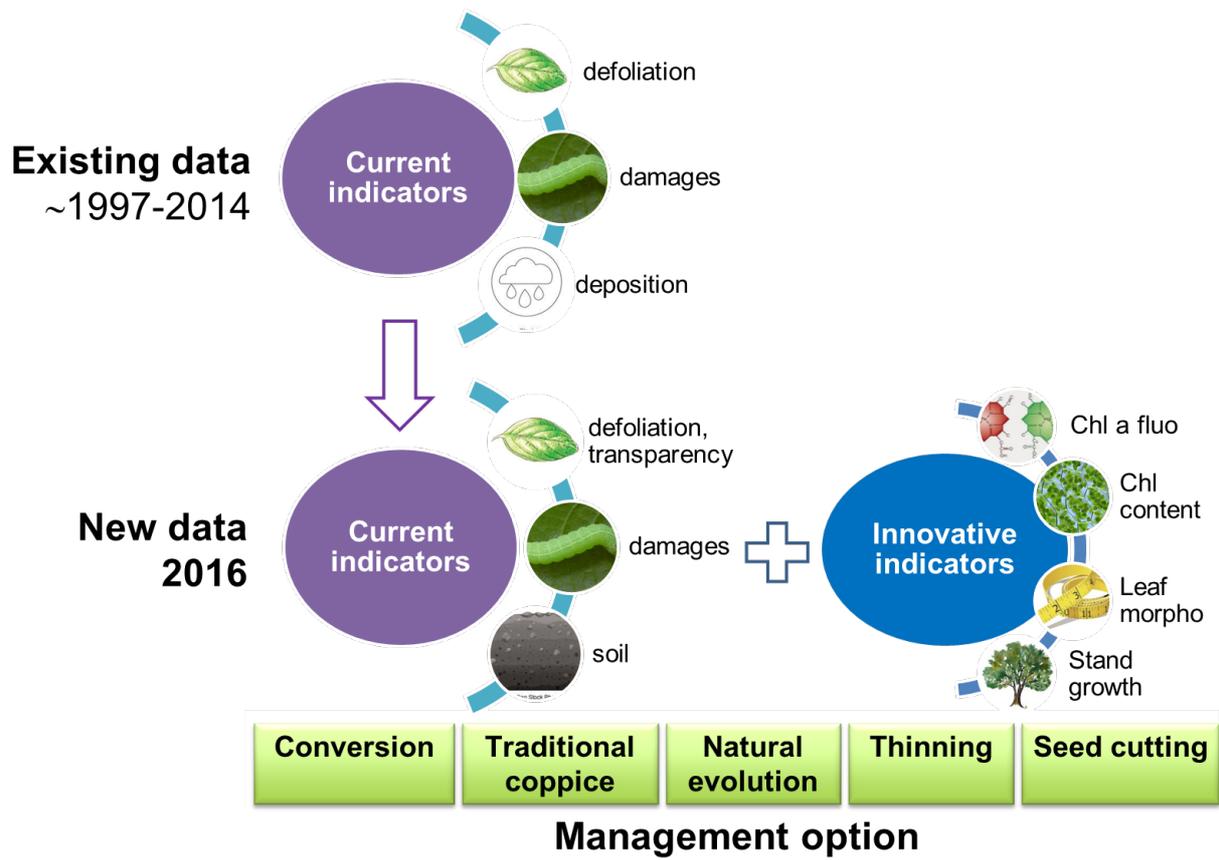
Coerentemente con gli obiettivi del progetto, i risultati sono presentati in modo da evidenziare: (a) la capacità delle diverse opzioni di gestione del bosco ceduo testate nelle aree di progetto di supportare la salute e vitalità dell'ecosistema foresta; (b) la relazione tra indicatori consolidati ed innovativi.

(a) Per quanto riguarda lo stato di salute delle chiome, non è stato possibile evidenziare un effetto univoco delle diverse opzioni di gestione. Nel 50% dei possibili confronti, la defogliazione è risultata più alta nella *conversione ad alto fusto* rispetto ad *evoluzione naturale*, e viceversa; i danni sembrano generalmente seguire il pattern della defogliazione. Attraverso la chimica del suolo (0-10 cm), si è complessivamente osservato che nel *ceduo tradizionale* si verifica la condizione di acidità più elevata ed il minor contenuto di carbonio, per passare ad una situazione intermedia nel caso di *conversione ad alto fusto* ed alla situazione opposta nell'opzione *evoluzione naturale*, con la minor acidità ed il maggior contenuto di carbonio. Tra gli indicatori innovativi testati, il contenuto di clorofilla presenta generalmente valori più elevati nell'*evoluzione naturale* e nel *ceduo tradizionale* rispetto alla *conversione ad alto fusto*. La performance fotosintetica potenziale (fluorescenza della clorofilla *a*: Fv/Fm, Plabs) è risultata chiaramente più elevata nella *conversione ad alto fusto* rispetto all'*evoluzione naturale* nel sito a leccio. Per quanto riguarda la morfologia fogliare, lo spessore della lamina fogliare sembra essere un buon indicatore di risposta al trattamento selvicolturale, anche se il tipo di risposta varia da specie a specie.

(b) Complessivamente, in corrispondenza di valori di defogliazione più elevati sono stati riscontrati un minor contenuto di clorofilla, una minor performance fotosintetica potenziale (valori più bassi di Fv/Fm e Plabs), un minor spessore della lamina fogliare (LT), suggerendo una generale condizione di ridotta resistenza a fattori di stress.

In conclusione, si sono riscontrate situazioni specie (sito)-specifiche tali da non poter chiaramente evidenziare un effetto univoco delle opzioni di gestione su salute e vitalità degli ecosistemi forestali considerati, sia valutato con indicatori tradizionali che innovativi. Alcuni indicatori innovativi (Fv/Fm, Plabs, LT) si sono rivelati utili nel fornire informazioni integrative di tipo funzionale.

# Graphical abstract



# 1. Introduzione

La gestione forestale sostenibile (GFS) mira a preservare la biodiversità, produttività, capacità di rinnovazione e vitalità dell'ecosistema foresta e le sue potenzialità nell'adempiere a importanti funzioni ecologiche, economiche e sociali. Tali caratteristiche vengono valutate attraverso sei Criteri di GFS (C1-C6) e relativi indicatori (Is); i dati che si ottengono sono funzionali, tra l'altro, nel supportare la valutazione dello stato delle foreste, nel monitorare variazioni ed evidenziare trend.

Dei sei Criteri di GFS, il Criterio 2 (C2) si riferisce al *Mantenimento della salute e vitalità degli ecosistemi forestali* (Forest Europe, UNECE e FAO 2011) e gli indicatori correntemente (C) utilizzati (C\_C2\_Is) sono: (i) deposizione di inquinanti atmosferici; (ii) condizioni del suolo; (iii) defogliazione; (iv) danni.

Questo criterio mira a quantificare l'effetto dei vari fattori biotici ed abiotici che influiscono sullo stato di salute e vitalità degli ecosistemi forestali e possono quindi rivestire un ruolo importante sulla capacità di adattamento ai disturbi ambientali delle foreste. (i) Attraverso le deposizioni atmosferiche, umide (pioggia, neve, grandine, ecc.) e secche (gas, aerosol, particelle), arrivano alle foreste una serie di sostanze che possono influire, in maniera positiva o negativa, su salute ed accrescimento delle piante, sulla vegetazione di sottobosco e sulle condizioni del suolo. Le deposizioni atmosferiche possono contenere sostanze acidificanti quali lo ione solfato ( $\text{SO}_4^-$ ) [derivante dall'ossidi di zolfo ( $\text{SO}_2$ ), la cui presenza in atmosfera è dovuta principalmente alla combustione di combustibili fossili], il nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) [che origina dalla trasformazione di ossidi di azoto ( $\text{NO}_x$ ) rilasciati durante la combustione] e l'ammonio ( $\text{NH}_4^+$ ) [che deriva principalmente dalle emissioni di ammoniaca ( $\text{NH}_3$ ) in agricoltura].  $\text{SO}_2$  e  $\text{NO}_x$  presenti in atmosfera portano alla formazione nel suolo rispettivamente di acido solforico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) e acido nitrico ( $\text{HNO}_3$ ), principali responsabili dell'acidificazione delle deposizioni atmosferiche. L'acidificazione del suolo può comportare un'alterazione degli equilibri microbici, dell'assimilabilità e mobilità di nutrienti e di elementi tossici quali l'alluminio (Lorenzini e Nali 1999). L'analisi delle deposizioni atmosferiche è dunque importante per comprendere il ciclo dei nutrienti e per studiare la qualità dell'aria, dell'acqua e del suolo (Hansen et al. 2013).

(ii) Le condizioni del suolo dipendono da molti fattori quali, tra l'altro, il clima, la composizione delle specie arboree e della vegetazione di sottobosco, i disturbi di origine naturale e i fattori antropogenici. Questi ultimi comprendono la gestione forestale e l'inquinamento atmosferico.

(iii) La defogliazione, definita come la ridotta densità di foglie su un albero in confronto ad uno standard di riferimento, è l'indicatore più frequentemente e diffusamente usato per valutare lo stato di salute e vitalità dell'ecosistema foresta e registrare le risposte a variazioni di diversi fattori quali condizioni climatiche, deposizioni di inquinanti, infestazioni di funghi e insetti (Eichhorn and Roskams 2013).

(iv) La valutazione dei danni consiste nel definire presenza, agente causale e intensità di sintomi visibili, dovuti sia a fattori biotici che abiotici; le informazioni che si ottengono consentono di stabilire le condizioni di salute di un albero. Danni biotici ed abiotici spesso si verificano prima che la defogliazione diventi visibile (Eichhorn and Roskams 2013).

Nell'ambito del progetto LIFE FutureForCoppices (<http://www.futureforcoppices.eu/en/>) è stato previsto di testare nuovi (N) indicatori (N\_C2\_Is), ad integrazione di quelli consolidati, con lo scopo di valutare lo stato di salute e vitalità degli alberi in chiave funzionale. Gli indicatori innovativi proposti, di tipo quantitativo e con

un potenziale informativo di tipo ecofisiologico, sono: (v) accrescimento del popolamento arboreo; (vi) tasso di mortalità; (vii) contenuto fogliare di clorofilla; (viii) fluorescenza della clorofilla *a*; (ix) tratti anatomici fogliari.

(v) L'accrescimento del popolamento arboreo è un parametro quantitativo che rappresenta un valido indicatore dello stato di salute e vitalità dell'ecosistema foresta. L'incremento è influenzato da variabili fisiche, chimiche e biologiche e rappresenta la massima espressione delle condizioni della foresta. L'incremento è calcolato come accrescimento delle piante in termini di volume (= m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> anno<sup>-1</sup>) o di biomassa (= Mg ha<sup>-1</sup> anno<sup>-1</sup>).

(vi) Il tasso di mortalità, riferito a popolamenti boschivi, è un indicatore importante per definire lo stato di salute di un bosco e rappresenta l'indicatore della "moria delle foreste". La mortalità naturale è un processo biologico connesso alla competizione per lo spazio e le risorse che realizza la progressiva selezione di alcuni individui, il loro accrescimento e progressiva differenziazione sociale e dimensionale. Il tasso di mortalità è influenzato dal tasso di utilizzazione, oltre che da eventi catastrofici come schianti da tempesta, rotture dovute ai carichi di neve o danni da incendio. Il tasso di mortalità è calcolato come la riduzione dei singoli individui tra inventari successivi, sia in termini numerici che di massa.

(vii) Il contenuto di pigmenti fotosintetici di una foglia può essere alterato da fattori biotici e abiotici di stress; la misura di questa variabile può quindi fornire informazioni sullo stato di vitalità della pianta (Brendel et al. 2008).

(viii) La fluorescenza della clorofilla *a* è la luce emessa da un organismo fotosintetico quando illuminato con radiazione compresa tra 400-700 nm in seguito all'eccitazione della clorofilla *a* contenuta nei fotosistemi. L'intensità con cui la fluorescenza è emessa è inversamente proporzionale alla quantità di radiazione solare utilizzata per la fotosintesi. Per questo motivo l'analisi della fluorescenza della clorofilla *a* è una delle tecniche ecofisiologiche largamente usata per stimare le variazioni indotte da fattori di stress nell'efficienza fotosintetica delle piante (Maxwell and Johnson 2000, Murchie and Lawson 2013, Guidi and Calatayud 2014; Kalaji et al. 2016).

(ix) La morfologia fogliare è descritta da una serie di attributi, i quali sono influenzati da particolari condizioni ambientali (ad es. temperatura, disponibilità idrica, intensità di luce), da fattori allometrici (ad es. dimensione della pianta, architettura della chioma), dalla fenologia (ad es. età della foglia) e da altri fattori di stress (Cornelissen et al. 2003). I parametri di morfologia fogliare sono indicatori ecologici importanti 'per sé', poiché molti fattori di stress riducono la crescita sia di singoli organi, sia dell'intera pianta e dunque la sua produttività (Gottardini et al. 2016).

La scelta di testare questi nuovi indicatori (v-ix) ha per obiettivo quello di supportare e rafforzare il collegamento tra lo stato delle chiome e la funzionalità e vitalità degli ecosistemi forestali.

## **2. Scopo del report**

Scopo del presente report è relazionare sui dati complessivamente raccolti nell'ambito del progetto LIFE FutureForCoppiceS, relativamente all'Azione B2 (*Mantenimento della salute e vitalità delle foreste – Criterio 2 di GFS*) e coerentemente con gli obiettivi del progetto (vedi Cap. 3.).

In particolare si intende valutare la presenza di trend temporali per i dati storici degli indicatori tradizionali disponibili per i siti di progetto e lo stato degli indicatori, tradizionali ed innovativi, i cui dati sono stati raccolti *ex novo* nel corso del progetto stesso.

### **3. Obiettivi**

Gli obiettivi specifici di questa indagine (*Mantenimento della salute e vitalità delle foreste*), svolta nell'ambito del progetto LIFE FutureForCoppiceS, sono di dimostrare:

- (i) la capacità delle diverse opzioni di gestione del bosco ceduo testate nelle aree di progetto di supportare la salute e vitalità dell'ecosistema foresta, attraverso l'applicazione di indicatori di GFS tradizionali (C\_C2\_Is) ed innovativi (N\_C2\_Is);
- (ii) la relazione tra indicatori tradizionali del Criterio 2 (C\_C2\_Is) ed indicatori ecofisiologici innovativi (N\_C2\_Is), in grado di fornire informazioni sulla salute e vitalità delle foreste attraverso attributi e processi misurabili.

### **4. Dati disponibili**

I dati disponibili nell'ambito dell'Azione B.2 del progetto consistono in:

1. dati storici pregressi (vedi cap. 4.2) relativi ad indicatori tradizionali (C\_C2\_Is: *defogliazione, danni, deposizione di inquinanti*; Tab. 4.2) e ad indicatori innovativi (N\_C2\_Is: *accrescimento del popolamento arboreo*; Tab. 4.3)
2. dati misurati nell'ambito del progetto (vedi cap. 4.3) relativi ad indicatori tradizionali (C\_C2\_Is: *defogliazione, danni, condizione del suolo*; Tab. 4.2) e ad indicatori innovativi (N\_C2\_Is: *fluorescenza della clorofilla a, contenuto di clorofilla, morfologia fogliare*; Tab. 4.3).

Per quanto riguarda gli indicatori innovativi, *tasso di mortalità e accrescimento del popolamento arboreo*, era previsto che venissero calcolati sulla base di dati raccolti nell'ambito dell'azione B1. Relativamente al *tasso di mortalità*, non è stato possibile calcolare questo indicatore per le aree di progetto in quanto i dati storici erano disponibili solo in forma aggregata (a livello di area) e pertanto esso non viene trattato nella presente relazione.

Tutti i dati disponibili sono stati archiviati in un database con interfaccia web accessibile a tutti gli enti partecipanti al progetto.

## 4.1 Siti di indagine

La localizzazione e le caratteristiche dendrostrutturali dei siti ed aree di progetto sono riportate in Tab. 4.1.

Tab. 4.1 – Lista delle aree considerate nel progetto Life FutureForCoppiceS. Con il simbolo \* sono evidenziati i siti “plus”.

ID_District	ID_Site	ID_Area	geographic coordinates	geographic coordinates	EFT	Simplified treatment	Age (yrs)	Stem Number per ha	Basal Area (m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> )	d_medio_cm	d_dom_cm	h_medio_m	h_dom_m	Vol_INFC_m2ha-1
Foresta di Settefratelli	Settefratelli	qiA1acq	39.275961	9.431475	Broadleaved evergreen forest (9.1)	Conversion	75	1188	51,73	23,55	38,78	16,12	18,09	447,68
	Settefratelli	qiA2acq	39.273881	9.429858	Broadleaved evergreen forest (9.1)	Conversion	75	1375	38,48	18,88	33,51	11,7	13,42	249,58
Alberese	Alberese	qiAalbLC	42.649457	11.102701	Broadleaved evergreen forest (9.1)	Conversion	85	525	27,15	25,66	42,97	16,07	17,96	236,71
	Alberese	qiT1albPL	42.641105	11.092765	Broadleaved evergreen forest (9.1)	Natural evolution	85	4125	38,69	10,93	24,87	9,25	12,95	213,28
	Alberese	qiT2albAB	42.648625	11.098003	Broadleaved evergreen forest (9.1)	Thinning	85	500	29,09	27,22	38,51	20,42	22,38	315,03
	Buca Zamponi*	fsDIR3cate	43.649521	11.913421	Beech forest (7.3)	Conversion	71	525	35,11	19,18	36,13	23,9	25,18	420,49
Alpe di Catenaia	Buca Zamponi*	fsDIR4cate	43.649547	11.912442	Beech forest (7.3)	Conversion	71	313	38,11	39,4	51	27,06	29,55	542,26
	Buca Zamponi*	fsDIR5cate	43.650340	11.912020	Beech forest (7.3)	Conversion	71	413	34,69	32,72	40,47	25,68	27,43	451,99
	Buca Zamponi*	fsDIRcate	43.650184	11.913350	Beech forest (7.3)	Conversion	71	338	26,7	31,74	38,81	23,86	25,72	321,89
	Buca Zamponi*	fsTESTcate	43.649729	11.914445	Beech forest (7.3)	Natural evolution	71	1900	48,11	17,96	38,86	19,88	27,95	545
	Buca Zamponi 1	fsCEDcoll1	43.655689	11.922279	Beech forest (7.3)	Traditionalcoppice	75	1888	13,56	9,56	18,42	12,27	16,47	90,36
	Buca Zamponi 1	fsCEDcoll2	43.655020	11.921228	Beech forest (7.3)	Traditionalcoppice	75	2563	16,04	8,93	18,26	11,83	16,42	104,79
	Buca Zamponi 1	fsCEDgeom1	43.655280	11.922414	Beech forest (7.3)	Traditionalcoppice	75	1525	19,34	12,71	23,72	14,09	18,09	147,73
	Buca Zamponi 1	fsCEDgeom2	43.655540	11.921057	Beech forest (7.3)	Traditionalcoppice	75	1863	19,07	11,42	23,77	13,41	18,11	141,25
	Eremo della Casella	fsCONTRcate	43.661512	11.919557	Beech forest (7.3)	Conversion	74	413	36,64	33,63	48,09	22,99	24,76	427,61
	Eremo della Casella	fsTScate	43.660999	11.919323	Beech forest (7.3)	Seed cutting	74	100	20,39	50,96	47,69	21,27	20,94	222,02
Alto Tevere	Valsavignone	qcD1vals	43.740160	12.039320	Thermophilous deciduous forest (8.2)	Conversion	64	850	35,93	23,2	36,27	24,14	28,54	463,59
	Valsavignone	qcD4vals	43.734020	12.031855	Thermophilous deciduous forest (8.2)	Conversion	64	475	26,43	26,62	32,49	25,09	27,64	327,84
	Valsavignone	qcDvals	43.734273	12.031505	Thermophilous deciduous forest (8.2)	Conversion	64	450	20,99	24,37	29,52	22,83	24,6	236,2
	Valsavignone	qcTvals	43.739290	12.035161	Thermophilous deciduous forest (8.2)	Natural evolution	64	1125	33,68	19,52	35,1	20,12	25,71	360,17
Colline Metallifere	Poggio Plevano*	qc112mass	43.146164	10.904461	Thermophilous deciduous forest (8.2)	Natural evolution	57	2388	33,17	13,3	24,15	14,05	19,25	251,56
	Poggio Plevano*	qc1324mass	43.145122	10.904622	Thermophilous deciduous forest (8.2)	Traditionalcoppice	57	5575	22,26	7,13	18,96	9,16	12,88	108,68
	Poggio Plevano*	qc2536mass	43.143726	10.903868	Thermophilous deciduous forest (8.2)	Conversion	57	775	30,22	22,28	30,24	19,21	21,87	295,12
	Poggio Plevano*	qcCEDmass	43.145495	10.904407	Thermophilous deciduous forest (8.2)	Traditionalcoppice	57	4188	22,86	8,34	23,4	9,49	13,29	117,65
Foresta di Caselli	Caselli	qcD1case	43.209923	10.704118	Thermophilous deciduous forest (8.2)	Conversion	66	2647	37,79	13,96	34,74	15,64	25,63	399,43
	Caselli	qcD2case	43.209648	10.704244	Thermophilous deciduous forest (8.2)	Conversion	66	1956	39,79	16,09	34,85	17,2	25,67	440,02
	Caselli	qcD3case	43.207690	10.700723	Thermophilous deciduous forest (8.2)	Conversion	66	1867	38,55	16,21	32,31	17,3	24,87	419,57
	Caselli	qcD4case	43.207546	10.701163	Thermophilous deciduous forest (8.2)	Conversion	66	1534	37,3	17,59	32,28	18,17	24,86	417,66
	Caselli	qcD1Acase	43.209870	10.703849	Thermophilous deciduous forest (8.2)	Conversion	66	1045	34,13	20,39	36,83	21,57	26,78	410,65
	Caselli	qcD2Acase	43.209549	10.703633	Thermophilous deciduous forest (8.2)	Conversion	66	2922	32,31	11,86	40,65	16,8	27,65	402,84
	Caselli	qcD3Acase	43.207755	10.701028	Thermophilous deciduous forest (8.2)	Conversion	66	1723	34,15	15,88	35,44	19,37	26,44	405,05
	Caselli	qcD4Acase	43.207500	10.700857	Thermophilous deciduous forest (8.2)	Conversion	66	2900	32,64	11,97	31,9	16,88	25,51	363,89
	Caselli	qcT1case	43.209831	10.703552	Thermophilous deciduous forest (8.2)	Natural evolution	66	1845	41,57	16,93	40,51	17	28,57	493,67
	Caselli	qcT2case	43.209595	10.703948	Thermophilous deciduous forest (8.2)	Natural evolution	66	1445	43,33	19,53	41,35	18,89	28,85	540,95
	Caselli	qcT3case	43.207821	10.701316	Thermophilous deciduous forest (8.2)	Natural evolution	66	1789	32,55	15,22	35,68	15,58	26,89	373,28
Caselli	qcT4case	43.207598	10.701423	Thermophilous deciduous forest (8.2)	Natural evolution	66	2311	38,84	14,62	34,62	15,5	26,49	436,91	
Foresta di Is Cannoneris	Is Cannoneris*	qiAisc	39.050745	8.840276	Broadleaved evergreen forest (9.1)	Conversion	67	963	24	17,82	26,59	12,77	14,68	167,75
	Is Cannoneris*	qiA2isc	39.051185	8.841291	Broadleaved evergreen forest (9.1)	Conversion	67	475	22,45	24,53	30,77	14,29	15,37	170,39
	Is Cannoneris*	qiA3isc	39.048987	8.838830	Broadleaved evergreen forest (9.1)	Conversion	67	850	26,01	19,74	29,35	13,26	15,15	187,25
	Is Cannoneris*	qiBisc	39.050417	8.840411	Broadleaved evergreen forest (9.1)	Conversion	67	650	22,47	20,98	29,4	12,69	13,94	153,75
	Is Cannoneris*	qiB2isc	39.050557	8.840914	Broadleaved evergreen forest (9.1)	Conversion	67	713	21,97	19,81	29,94	12,47	14,01	149,03
	Is Cannoneris*	qiB3isc	39.049713	8.838623	Broadleaved evergreen forest (9.1)	Conversion	67	800	21,72	18,59	25,42	12,24	13,4	143,8
	Is Cannoneris*	qiTisc	39.050613	8.839701	Broadleaved evergreen forest (9.1)	Natural evolution	67	4063	50,85	12,62	26,81	10,13	15,21	286,88
	Is Cannoneris*	qiT2isc	39.050899	8.840752	Broadleaved evergreen forest (9.1)	Natural evolution	67	3513	55,07	14,13	29,16	10,89	15,78	346,35
	Is Cannoneris*	qiT3isc	39.049476	8.838650	Broadleaved evergreen forest (9.1)	Natural evolution	67	3850	47,59	12,55	26,9	10,09	15,23	258,96

Di seguito si riportano brevemente i caratteri stazionali e strutturali, la descrizione del protocollo sperimentale e la storia selvicolturale di ciascun sito.

### **Buca Zamponi – sito plus**

Specie: faggio

Protocollo sperimentale installato nel 1972. Composizione: 5 aree (1 realizzata nel 1982). Superficie unitaria 5.000 m<sup>2</sup>. Opzioni gestionali a confronto: a) conversione ad alto fusto (*conversion*) tramite interventi di diradamento di tipo basso e misto eseguiti secondo varianti di intensità e intervallo di ripetizione (4 aree); b) evoluzione naturale (*natural evolution*) del ceduo (1 area). Intervallo di monitoraggio: 1972-2016, corrispondente alle età del popolamento da 27 a 71 anni.

### **Buca Zamponi 1**

Specie: faggio

Protocollo sperimentale installato nel 2011. Composizione: 4 aree. Superficie unitaria 2.500 m<sup>2</sup>. Opzione gestionale testata: ripristino del ceduo a sterzo (*traditional coppice*) di cedui invecchiati (oltre 60 anni) in fase di evoluzione naturale attraverso due varianti gestionali: a) taglio geometrico (taglio della metà dei polloni presenti sulla ceppaia); b) taglio colturale (eliminazione dei polloni più grossi e diradamento di quelli di medie e piccole dimensioni). Intervallo di monitoraggio: 2011-2016, corrispondente alle età del popolamento da 70 a 75 anni.

### **Eremo della Casella**

Specie: faggio

Protocollo sperimentale installato nel 2001. Composizione: 2 aree. Superficie unitaria di a) 10.000 m<sup>2</sup> e b) 5.000 m<sup>2</sup>. Opzioni gestionali a confronto: a) taglio di sementazione anticipato al 2002 e taglio di sgombero eseguito nel 2017 (*seed cutting*); b) conversione all'alto fusto (*conversion*) del soprassuolo di origine agamica tramite taglio di avviamento e diradamenti dal basso. Intervallo di monitoraggio: 2002-2017, corrispondente alle età del popolamento da 60 a 77 anni.

### **Valsavignone**

Specie: cerro

Protocollo sperimentale installato nel 1972. Composizione: 4 aree. Superficie unitaria 5.000 m<sup>2</sup>. Opzioni gestionali a confronto: a) conversione ad alto fusto (*conversion*) tramite interventi di diradamento di tipo basso e misto eseguiti secondo varianti di intensità e intervallo di ripetizione (3 aree); b) evoluzione naturale (*natural evolution*) del ceduo (1 area). Intervallo di monitoraggio: 1972-2016, corrispondente alle età del popolamento da 20 a 64 anni.

### **Poggio Pievano – sito plus**

Specie: cerro

Protocollo sperimentale installato nel 1995. Composizione: 4 aree. Superficie unitaria 5.000 m<sup>2</sup>. Opzioni gestionali a confronto: a) in 2 aree ceduzione (*traditional coppice*) con 2 diverse intensità di rilascio della matricinatura (50 e 180 soggetti per ettaro); b) in 1 area avviamento ad alto fusto (*conversion*); c) in 1 area

evoluzione naturale del ceduo (*natural evolution*). Intervallo di monitoraggio: 1995-2016, corrispondente alle età del popolamento da 35 a 56 anni (nell'area avviata all'alto fusto ed in quella ad evoluzione naturale); da 1 a 21 anni (nelle aree soggette a ceduzione).

### **Caselli**

Specie: cerro

Protocollo sperimentale installato nel 1969. Composizione: disegno a blocchi randomizzati (4). Superficie unitaria: 4 blocchi all'interno di ciascuno dei quali ci sono tre aree da 900 m<sup>2</sup> l'una. Opzioni gestionali a confronto all'interno di ciascuno dei 4 blocchi: a) conversione all'alto fusto (*conversion*) con diverse intensità di rilascio (1.100 – 1.500 soggetti ad ettaro nel piano principale); b) evoluzione naturale del soprassuolo (*natural evolution*). Intervallo di monitoraggio: 1969-2016, corrispondente alle età del popolamento da 20 a 67 anni.

### **Is Cannoneris – sito plus**

Specie: leccio

Protocollo sperimentale installato nel 1994. Composizione: disegno a blocchi randomizzati (3). Superficie unitaria: 3 blocchi all'interno di ciascuno dei quali ci sono tre aree da 1600 m<sup>2</sup> l'una. Opzioni gestionali a confronto in ciascuno dei 3 blocchi: a) conversione ad alto fusto (*conversion*) tramite diradamento di diversa intensità (media e forte); b) evoluzione naturale del soprassuolo (*natural evolution*). Intervallo di monitoraggio: 1995-2016, corrispondente alle età del popolamento da 45 a 66 anni.

### **Alberese**

Specie: leccio

Protocollo sperimentale installato nel 1991 in aree di macchia mediterranea a prevalenza di leccio. Composizione: 3 aree (Poggio Lecci, Albatraia e Leccetella). Superficie unitaria: Albatraia e Leccetella = 2.500 m<sup>2</sup>; Poggio Lecci = 800 m<sup>2</sup>. Opzioni gestionali a confronto: a) evoluzione naturale del ceduo (*natural evolution*) nell'area di Poggio Lecci; b) ceduo in evoluzione naturale sottoposto a diradamento tardivo (*thinning*) eseguito dopo il 2012 nell'area di Albatraia; c) conversione all'alto fusto (*conversion*) nell'area di Leccetella tramite taglio di avviamento eseguito nel 2006. Intervallo di monitoraggio: 1991-2016, corrispondete alle età dei popolamenti da 56 a 85 anni.

### **Settefratelli**

Specie: leccio

Protocollo sperimentale installato nel 1994. Composizione: 2 aree. Superficie unitaria 2.500 m<sup>2</sup>.

Opzione gestionale testata: conversione all'alto fusto (*conversion*) all'età di 45 anni (1985) in due aree differenziate per classe di fertilità. Intervallo di monitoraggio: 1995-2016, corrispondente alle età del popolamento da 55 a 76 anni.

## 4.2 Dati pregressi

Non essendo disponibili dati pregressi di indicatori tradizionali relativi al Criterio 2 (defogliazione, danni, deposizione inquinanti) misurati sui siti di progetto, tali dati sono stati stimati mediante downscaling di dati provenienti da reti di monitoraggio nazionale e internazionale (Tab. 4.2).

In particolare, i dati storici di defogliazione (1997-2014) e danni (2005-2015) sono stati ottenuti tramite interpolazione spaziale dei dati ICP Forests Livello I (media defogliazione per plot) e campionamento dei dati interpolati per i 45 plot del progetto, utilizzando il software QGIS v. 2.18. L'interpolazione spaziale è un processo di manipolazione di dati spaziali finalizzato all'estrazione di informazioni spaziali di tipo continuo; si tratta quindi di un processo con cui si usano dei punti aventi dei valori conosciuti, nel nostro caso i punti corrispondenti ai plot ICP Forests Livello I, per stimare i valori di altri punti sconosciuti. Nel metodo di interpolazione IDW (Distanza Inversa Ponderata), utilizzato nel presente studio, i punti campione vengono pesati durante l'interpolazione in modo che l'influenza di ogni punto rispetto agli altri diminuisca in base alla distanza dal punto sconosciuto che si vuole creare. Il peso è assegnato ai campioni attraverso un coefficiente che controlla come la sua influenza diminuisca man mano che la distanza dal nuovo punto aumenta. Maggiore è il coefficiente, minore è l'effetto che i punti distanti dal punto sconosciuto avranno durante il processo di interpolazione. All'aumentare del coefficiente, il valore del punto sconosciuto si avvicina al valore del punto osservato più vicino. I valori di defogliazione così interpolati, sono stati assegnati ai 45 plot del progetto tramite il plugin Point Sampling Tool del software QGIS v. 2.18, che permette di estrarre il valore di un pixel in cui ricade un punto da campionare.

I dati storici di deposizione di Azoto ridotto (Nred) e ossidato (Nox) e ossidi di zolfo (SOx) per il periodo 1997-2014, sono stati estratti dal database EMEP (European Monitoring and Evaluation Programme), un programma che, ai sensi della Convenzione sull'inquinamento atmosferico transfrontaliero (CLRTAP), si occupa di cooperazione internazionale per risolvere i problemi di inquinamento atmosferico transfrontaliero e fornisce dati su scala globale in forma di griglia vettoriale (punti), 50x50km. I dati di deposizione EMEP sono stati interpolati tramite il metodo della Distanza Inversa Pesata (IDW) e il dato continuo così ottenuto è stato assegnato ai 45 plot del progetto tramite il plugin Point Sampling Tool del software QGIS v. 2.18.

Non è stato possibile recuperare idonei dati storici sul suolo, pertanto questa parte non viene ulteriormente trattata nel presente report.

Tab. 4.2 – Indicatori tradizionali GFS considerati per i quali sono stati stimati i dati pregressi nell'ambito dell'Azione B.2 del progetto LIFE FutureForCoppiceS.

Siti di riferimento	Livello di riferimento del dato	Variabile	Abbreviazione	Unità di misura	Fonte
Tutti	Sito	Defogliazione		%	downscaling dei dati storici ICP Forests Livello I per gli anni 1997-2014
Tutti	Sito	Danni		n° danni; n° parti affette	downscaling dei dati storici ICP Forests Livello I per gli anni 2005-2015
Tutti	Sito	Deposizione azoto ridotto	redn	mg m <sup>-2</sup> y <sup>-1</sup>	Dati storici di deposizione per il periodo 1997-2014 estratti dal database EMEP

Siti di riferimento	Livello di riferimento del dato	Variabile	Abbreviazione	Unità di misura	Fonte
Tutti	Sito	Deposizione azoto ossidato	oxyn	mg m <sup>-2</sup> y <sup>-1</sup>	Dati storici di deposizione per il periodo 1997-2014 estratti dal database EMEP
Tutti	Sito	Deposizione solfati	sul	mg m <sup>-2</sup> y <sup>-1</sup>	Dati storici di deposizione per il periodo 1997-2014 estratti dal database EMEP

L'indicatore innovativo *accrescimento del popolamento arboreo* è stato calcolato sulla base di dati storici, raccolti a livello di area, come incremento corrente di volume (per differenza tra inventari successivi).

## 4.2 Dati rilevati nell'ambito del progetto

Per la raccolta dei nuovi dati, in ciascuna delle 45 aree di progetto (Tab. 4.1) è stato selezionato un macroplot rettangolare con superficie di 800 m<sup>2</sup>, pari a quella minima tra tutte le aree forestali. Ciascun macroplot è stato organizzato in una zona tampone (*buffer zone*) larga 2,5 m posizionata nella parte distale (corona esterna del macroplot) ed una zona interna (*core area*) di 15x35 m (Fig. 4.1) (Ferretti et al. 2016).

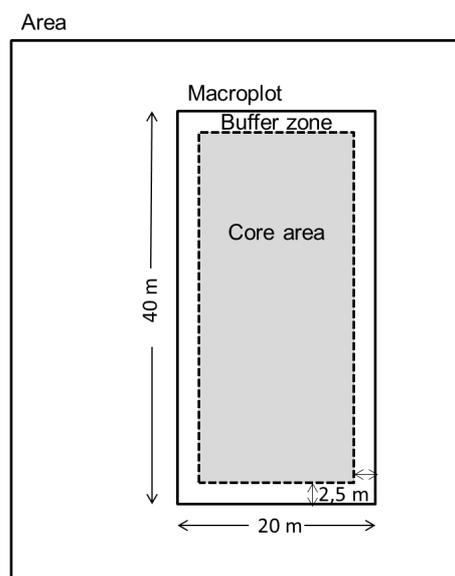


Figura 4.1. Schema della struttura del macroplot definita per il progetto *Life FutureForCoppiceS*

I punti di campionamento del suolo sono stati concentrati nella *buffer zone*, in modo da evitare interferenze con le altre indagini (ad es. vegetazione). Sull'intero macroplot sono invece stati svolti i rilevamenti relativi alla condizione degli alberi ed i campionamenti di foglie per la misura dei nuovi indicatori.

## 4.2.1 Indicatori tradizionali

Gli indicatori tradizionali rilevati nell'ambito dell'Azione B.2 del progetto LIFE FutureForCoppiceS sono elencati nella Tabella 4.3. Gli indicatori tradizionali sono stati misurati in tutti i siti (=9) ed aree (=45) di progetto (vedi Tab. 4.1).

La condizione della chioma degli alberi è stata valutata seguendo il metodo riportato nel capitolo IV del manuale ICP Forests (Eichhorn et al 2016). Sono stati considerati tutti gli alberi della specie principale con DBH>10 cm presenti nella *core area* e quelli con DBH>40 presenti nella *buffer zone* (vedi Fig. 4.1).

Per il campionamento del suolo ci si riferisce a quanto riportato in Ferretti et al. (2016).

Tab. 4.3 – Indicatori tradizionali GFS rilevati nell'ambito dell'Azione B.2 del progetto LIFE FutureForCoppiceS.

Siti di riferimento	Livello di riferimento del dato	Variabile	Abbreviazione	Unità di misura
Condizione della chioma degli alberi				
Tutti	Albero	Trasparenza		%
Tutti	Albero	Defogliazione		%
Tutti	Albero	Fruttificazione		codici ICP forests
Tutti	Albero	Danni		codici ICP forests
Tutti	Albero	Parte dell'albero danneggiata		codici ICP forests
Tutti	Albero	Età del danno		codici ICP forests
Tutti	Albero	Tipologia agente causale del danno		codici ICP forests
Tutti	Albero	Nome agente causale del danno		codici ICP forests
Tutti	Albero	Estensione del danno		%
Condizione del suolo				
Tutti	Area_profilo	Grado di acidità della matrice	pH	unità arbitraria
Tutti	Area_profilo	Capacità di scambio cationico	Cation_Exchange_Capacity	millequivalenti per 100g di suolo
Tutti	Area_profilo	Tasso di saturazione in basi	Base_Saturation	%
Tutti	Area_profilo	Contenuto di carbonio nel suolo	organic_C	g kg <sup>-1</sup>
Tutti	Area_profilo	Contenuto azoto nel suolo	total_N	g kg <sup>-1</sup>
Tutti	Area_profilo	Rapporto carbonio:azoto	C_to_N_ratio	g kg <sup>-1</sup>
Tutti	Area_profilo	Grammi di sabbia per kg di suolo	Sand	g kg <sup>-1</sup>
Tutti	Area_profilo	Grammi di limo per kg di suolo	Silt	g kg <sup>-1</sup>
Tutti	Area_profilo	Grammi di argilla per kg di suolo	Clay	g kg <sup>-1</sup>
Tutti	Area_profilo	Limite di saturazione per il C nel suolo	Cx_sc	g kg <sup>-1</sup>
Tutti	Area_profilo	Grado di saturazione in carbonio	C_sat	g kg <sup>-1</sup>

## 4.2.2 Indicatori innovativi

Gli indicatori innovativi considerati nell’Azione B.2 del progetto LIFE FutureForCoppiceS sono elencati nella Tabella 4.4. Gli indicatori innovativi sono stati misurati nei siti plus (=3) di progetto e ad Alberese (vedi Tab. 4.1).

Per quanto riguarda la misura dei nuovi indicatori relativi a contenuto di clorofilla, fluorescenza della clorofilla a e morfologia fogliare, i metodi applicati sono descritti nel relativo manuale prodotto nell’ambito di questo progetto (Gottardini et al 2016).

Tab. 4.4 – Indicatori innovativi GFS rilevati e/o calcolati nell’ambito dell’Azione B.2 del progetto LIFE FutureForCoppiceS.

Siti di riferimento	Livello di riferimento del dato	Variabile	Abbreviazione	Unità di misura
Plus	Foglia	Contenuto di clorofilla	Chl <sub>SPAD</sub>	unità arbitraria
Plus	Foglia	Fluorescenza iniziale di un campione adattato al buio	F <sub>0</sub>	unità arbitrarie
Plus	Foglia	Fluorescenza massima di un campione adattato al buio	F <sub>M</sub>	unità arbitrarie
Plus	Foglia	Massima resa della fotochimica primaria del PSII	F <sub>V</sub> /F <sub>M</sub>	adimensionale
Plus	Foglia	Fluorescenza variabile relativa al tempo t=2 ms (punto J) $V_J = (F_J - F_0) / (F_M - F_0)$ .	V <sub>J</sub>	unità arbitrarie
Plus	Foglia	Fluorescenza variabile relativa al tempo t=30 ms (punto I) $V_I = (F_I - F_0) / (F_M - F_0)$ .	V <sub>I</sub>	unità arbitrarie
Plus	Foglia	Performance index $PI_{abs} = [1 - (F_0/F_M)] / [M_0/V_J] * [(F_M - F_0)/F_0] * [(1 - V_J)/V_J]$ .	PI <sub>abs</sub>	unità arbitrarie
Plus	Foglia	Area foglia	LA	mm <sup>2</sup>
Plus	Foglia	Lunghezza foglia	LL	mm
Plus	Foglia	Lunghezza lamina	LaL	mm
Plus	Foglia	Larghezza lamina foglia	LW	mm
Plus	Foglia	Larghezza max. parte destra lamina	WR	mm
Plus	Foglia	Larghezza max. parte sinistra lamina	WL	mm
Plus	Foglia	Spessore lamina	LT	mm
Plus	Foglia	Asimmetria fluttuante	FA	adimensionale
Plus	Albero	Area foglia media	LA <sub>tree</sub>	mm <sup>2</sup>
Plus	Albero	Peso secco medio per foglia	DW	mg
Plus	Albero	Area specifica fogliare	SLA	mm <sup>2</sup> mg <sup>-1</sup>
Plus	Area	Accrescimento del popolamento arboreo		m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> anno <sup>-1</sup> (volume)

## 5. Elaborazione dei dati

L'elaborazione dei dati è stata sviluppata in una sequenza atta, ove possibile, a effettuare una iniziale analisi esplorativa, una parte di confronto tra trattamenti ed una parte di comparazione tra indicatori tradizionali e innovativi. Ovviamente, data la natura dei dati raccolti in termini di frequenza, tipologia, unità campionaria minima, non è possibile stratificare un protocollo di analisi unico su tutto il dataset. Alcuni dati sono stati raccolti, ad esempio, una volta sola, ma in modo molto dettagliato, magari per albero o per foglia, altri possono essere stati raccolti più volte nel tempo, a formare una serie storica, ma solo a livello di sito, e così via.

Per questa ragione, talvolta le statistiche descrittive, quelle di tipo grafico, sono state usate anche per la parte di confronto tra trattamenti.

Per dare un taglio uniforme al lavoro è stato deciso di lavorare a livello di sito, aggregando eventualmente l'informazione disponibile a livello inferiore.

- (i) Per la parte di statistiche descrittive, di base sono state calcolate le statistiche di sintesi: media, mediana, intervallo interquartile, minimo e massimo, sia a livello di dataset completo, che di sito.
- (ii) I confronti tra trattamenti sono stati fatti sempre per via grafica. Se il numero di campioni era sufficiente, mediante boxplot, altrimenti riportando i singoli campioni (dotplot). Sempre quando il numero dei campioni si è dimostrato essere sufficiente, sono state adottate analisi quantitative, come l'analisi della varianza.
- (iii) Il confronto tra indicatori tradizionali ed innovativi è stato eseguito calcolando le matrici di correlazione, in modo classico, esponendo i coefficienti di correlazione e i p-value, anche in modo grafico. Nei grafici, il colore riportato nelle varie caselle è blu se la correlazione è diretta e rosso se è inversa. La dimensione e l'intensità del colore sono proporzionali alla forza della correlazione. Inoltre, nel grafico sono riportati dei riquadri che mostrano i cluster di variabili maggiormente correlate tra loro. A supporto delle matrici di correlazione è stata poi utilizzata la PCA (Principal Components Analysis), altra tecnica di analisi dati multivariata che permette di sintetizzare molto bene, in uno spazio dimensionale decisamente ridotto rispetto a quello di partenza, l'informazione disponibile. Il modo in cui l'informazione è restituito è poi molto semplice, in quanto consiste in due grafici: il grafico degli scores che mostra le correlazioni tra campioni, raggruppando i campioni simili, ed il grafico dei loadings, che invece mostra le correlazioni tra le variabili. In questo caso le variabili vicine sono direttamente correlate e quindi simili, mentre quelle opposte sono inversamente correlate. Negli altri casi le variabili non sono invece correlate.

La Tabella 5.1 riporta la numerosità di alberi per sito considerati per il rilievo degli indicatori tradizionali, degli indicatori innovativi e per il confronto tra gli indicatori tradizionali ed innovativi.

Tab. 5.1 – Numerosità di alberi per ciascun sito analizzato per i confronti.

Sito	Specie	N° alberi	N° alberi	N° alberi
		Indicatori tradizionali	Indicatori innovativi	Confronto tradizionali-innovativi
plus Alberese	<i>Quercus ilex</i>	88	11	9
plus Buca Zamponi	<i>Fagus sylvatica</i>	105	19	15
Buca Zamponi 1	<i>Fagus sylvatica</i>	70		
Caselli	<i>Quercus cerris</i>	298		
Eremo della Casella	<i>Fagus sylvatica</i>	23		
plus Is Cannoneris	<i>Quercus ilex</i>	340	29	27
plus Poggio Pievano	<i>Quercus cerris</i>	132	14	12
Settefratelli	<i>Quercus ilex</i>	79		
Valsavignone	<i>Quercus cerris</i>	76		
	<b>TOT</b>	<b>1211</b>	<b>73</b>	<b>63</b>

## 6. Risultati

### 6.1 Indicatori tradizionali

In questa sezione sono riportati i risultati relativi agli indicatori tradizionali. Nella prima parte vengono riportate le statistiche descrittive e le analisi esplorative per l'intero set (i) dei dati misurati nell'ambito del progetto (dati nuovi) e (ii) dei dati pregressi.

Nei paragrafi successivi (6.1.1 – 6.1.9) sono riportati, per ciascun sito, (i) i dati misurati nell'ambito del progetto (dati nuovi) e (ii) l'andamento dei dati pregressi.

#### i) Dati misurati nell'ambito del progetto

*Condizione della chioma degli alberi (trasparenza, defogliazione, danni)*

La Tabella 6.1 riporta le statistiche descrittive della condizione della chioma degli alberi relative all'intero set di dati.

*Tab. 6.1 – Statistiche descrittive della condizione della chioma degli alberi per l'intero dataset (1211 alberi).*

	<b>Trasparenza,</b> %	<b>Defogliazione,</b> %	<b>N</b> <b>danni</b>	<b>N parti</b> <b>danneggiate</b>	<b>Estensione mediana del</b> <b>danno, %</b>
min	0,00	0,00	0	0	0
1° quartile	10,00	5,00	0	0	0
mediana	15,00	10,00	1	1	5
media	19,15	15,28	1,35	1,01	6,54
3° quartile	25,00	20,00	2	2	10
max	100,00	100,00	5	4	80

Complessivamente, solo il 13,5% delle piante osservate ha presentato valori di defogliazione maggiori del 25% (valore di riferimento europeo nel 2016 = 25,2%; Timmermann et al. 2017) evidenziando una situazione sensibilmente migliore rispetto a quella di riferimento europea. Solo una pianta di cerro è risultata morta (100% di defogliazione). Per quanto riguarda i danni, in media sono state riscontrate 1,35 tipologie di danno diverse per pianta. Questo valore è leggermente superiore al riferimento europeo (Timmermann et al. 2016) ove si riporta per il 2016 un valore pari 0,77 tipi di danno per pianta di faggio e querce (sub)-mediterranee (comprendenti *Q. cerris*) ed un valore pari a 1 per querce sempreverdi (comprendenti *Q. ilex*).

La Tabella 6.2 riporta i risultati del test ANOVA utilizzato per il confronto dei valori riferiti alla condizione delle chiome [trasparenza, defogliazione, danni forestali (numero di danni, numero di parti danneggiate, estensione mediana del danno)] per i siti in cui erano disponibili dati di più trattamenti.

Tab. 6.2 – Risultati del test ANOVA di confronto tra trattamenti per ciascun sito. I valori p significativi ( $p < 0,05$ ) sono riportati in grassetto.

Sito	Trasparenza	Defogliazione	N danni	N parti danneggiate	Estensione mediana del danno
Alberese	<b>0,00001</b>	<b>0,00008</b>	<b>0,00325</b>	<b>0,01351</b>	0,65091
Buca Zamponi	0,52569	0,08777	<b>0,02807</b>	<b>0,01256</b>	0,10918
Buca Zamponi 1	NA	NA	NA	NA	NA
Caselli	0,07198	0,12833	0,86827	0,54201	0,66685
Eremo della Casella	0,16043	0,69686	<b>0,03213</b>	0,08325	0,15211
Is Cannoneris	<b>0,00000</b>	<b>0,00000</b>	<b>0,00000</b>	<b>0,0000</b>	<b>0,00248</b>
Poggio Pievano	<b>0,00000</b>	<b>0,00629</b>	<b>0,04388</b>	0,64206	0,05776
Settefratelli	NA	NA	NA	NA	NA
Valsavignone	0,59140	0,59140	0,75622	0,85549	0,70772

Per Is Cannoneris (leccio), le differenze tra trattamenti (conversione ed evoluzione naturale) sono risultate statisticamente significative per tutti gli indicatori tradizionali.

Trasparenza, defogliazione e numero di danni differiscono significativamente tra trattamenti anche per i siti di Alberese (leccio) e Poggio Pievano (cerro).

#### Condizione del suolo

La Tabella 6.3 riporta le statistiche descrittive relative alla chimica dei suoli per l'intero set di dati (tre orizzonti del suolo accorpati): pH, Capacità di scambio cationico (Cation Exchange Capacity, meq/100 g), Tasso di saturazione in basi (Base Saturation), C organico (Organic C), N totale (Total N), rapporto C/N (C to N ratio), Sabbia (Sand), Limo (Silt), Argilla (Clay), Limite di saturazione per il C (Cx sc), Grado di saturazione per il C (C sat).

Tab. 6.3 – Statistiche descrittive dei parametri legati alla chimica dei suoli per l'intero dataset.

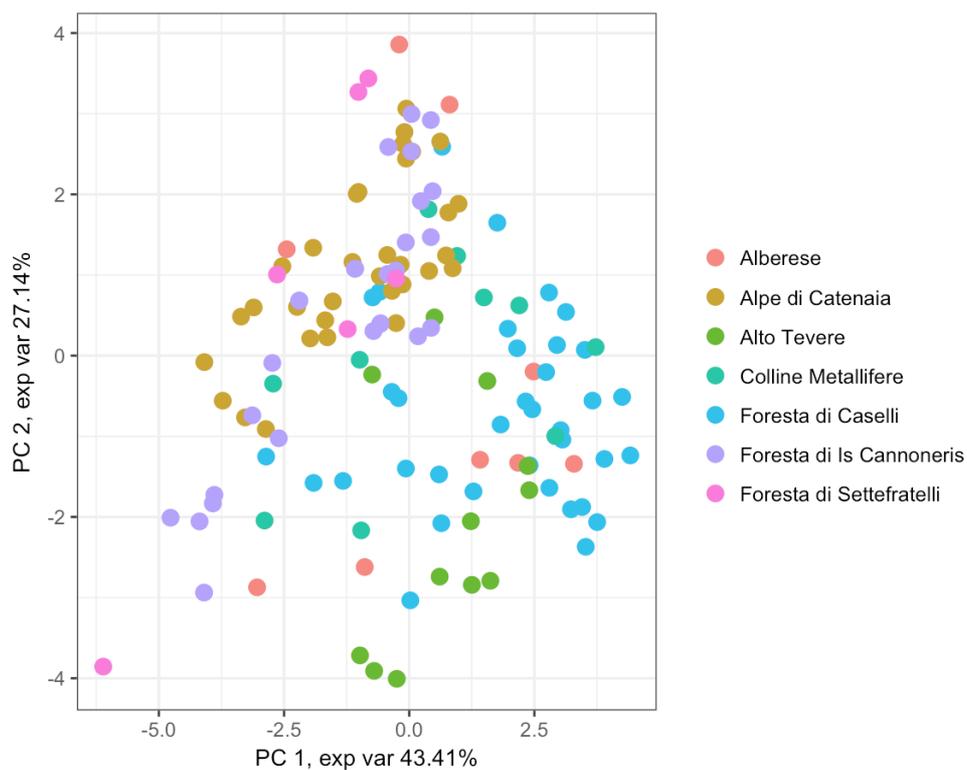
	pH	Cation Exchange Capacity	Base Saturation	Organic C	Total N	C to N ratio	Sand	Silt	Clay	Cx sc	C sat
min	4,030	7,44	2	5,62	0,367	5,894	12	1,43	35,8	22,4	0,14
1° quartile	5,027	20,77	18	13,18	1,117	11,737	246,5	338,55	125	25,8	0,42
mediana	5,447	24,47	41	22,76	1,652	14,432	391,4	386,2	181	27,9	0,80
media	5,588	25,26	43	29,78	2,03	14,448	383,1	380,41	227,6	29,6	1,08
3° quartile	5,958	29,99	65	42,82	2,763	16,981	493,9	437,5	324,5	33,3	1,58
max	7,719	58,04	104	89,99	5,66	30,759	787,6	597,2	583	43,0	3,67

I suoli analizzati sono risultati mediamente caratterizzati da una reazione da acida a sub-acida con la sola eccezione di un sito (Valsavignone) che ha mostrato valori di pH intorno alla neutralità. La capacità di scambio cationico ha variato da 7 a 58 meq/100 g con una media superiore a 20 meq/100 g, valori rappresentativi di suoli con fertilità medio-alta. Il grado di saturazione in basi è risultato molto variabile tra i

siti di studio, così come il contenuto di C organico e di N totale, che riflettono però anche il diverso accumulo di C e N tra le tre profondità di suolo. I suoli sono risultati mediamente saturi o sovrasaturi per il carbonio nella profondità di suolo 0-10 cm, mentre alle due profondità inferiori il grado di saturazione in C ha mostrato valori mediamente inferiori all'unità in particolare nello strato 20-40 cm. Ciò evidenzia che i suoli della maggior parte dei siti possono accumulare ulteriore carbonio principalmente negli strati sotto i 10 cm.

Dalle analisi multivariate emerge che i trattamenti a confronto non hanno mostrato differenze rilevanti in termini di variabili del suolo, mentre la variabilità di queste caratteristiche sembra inferiore entro sito che tra siti.

Le Figg. 6.1 e 6.2 riportano i risultati dell'analisi multivariata (PCA). L'Asse 1 dell'ordinamento spiega il 43% della varianza, mentre l'Asse 2 ne spiega il 27%.



*Fig. 6.1 – Ordinamento PCA. Dati categorizzati per distretto.*

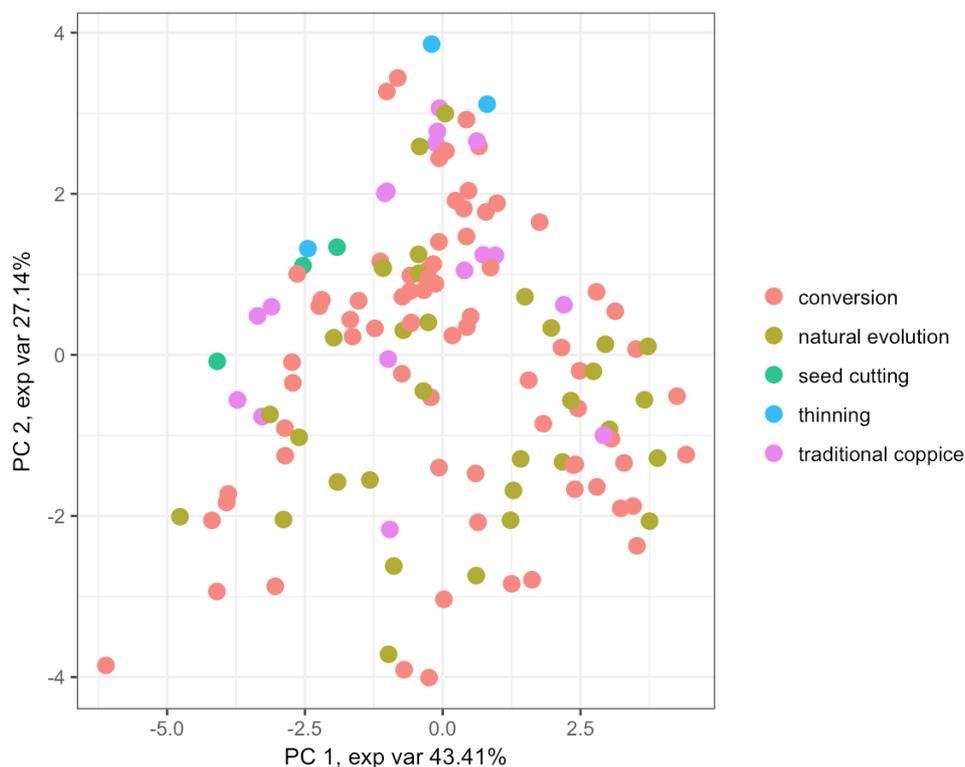


Fig. 6.2 – Ordinamento PCA. Dati categorizzati per trattamento.

ii) Dati pregressi

*Condizione della chioma degli alberi (defogliazione, danni)*

La Tabella 6.4 riporta le statistiche descrittive relative alla condizione della chioma degli alberi per l'intero dataset dei dati storici (defogliazione: 1997-2014; danni: 2005-2015) ottenuti per downscaling di dati storici della rete ICP Forests.

Rispetto ai dati misurati nel 2016 (Tab. 6.1), i dati storici mostrano valori medi di defogliazione più elevati, ma valori analoghi per il numero di danni e di parti danneggiate.

Tab. 6.4 – Statistiche descrittive di defogliazione e danni per l'intero dataset dei dati storici.

	<b>Defogliazione, %</b>	<b>N danni</b>	<b>N parti danneggiate</b>
min	8,36	0,46	0,41
1° quartile	17,83	1,27	1,14
mediana	23,06	1,50	1,31
media	21,72	1,41	1,23
3° quartile	25,14	1,62	1,39
max	35,22	2,08	1,72

*Deposizioni*

La Tabella 6.5 riporta le statistiche descrittive relative alle deposizioni di azoto ossidato, azoto ridotto e ossidi di zolfo per l'intero set di dati storici ottenuti per downscaling di dati EMEP per il periodo 1997-2014. Non sono presenti i dati di deposizioni di ossidi di zolfo per gli anni 2002 e 2003.

Tab. 6.5 – Statistiche descrittive delle deposizioni per l'intero dataset dei dati storici. I dati sono espressi in  $mg\ m^{-2}$ .

	Azoto ossidato	Azoto ridotto	Ossidi di zolfo
min	121,4	151,7	287,0
1° quartile	460,0	341,6	428,1
mediana	513,2	501,9	517,5
media	512,1	492,3	568,7
3° quartile	602,0	650,3	682,3
max	811,1	885,1	1130,4

Per i dati di deposizione non vi sono i corrispettivi dati misurati nel 2016 sui siti di progetto poiché la misura di tali variabili non era contemplata nel progetto. Come termine di confronto ci si riferisce ai dati riportati in *Forest Condition in Europe, 2017 Technical Report of ICP Forests* (Schmitz et al. 2017), relativi al 2015. I valori medi storici di deposizione di azoto ossidato riferiti ai siti di progetto ( $NO_x=5,1\ kg\ ha^{-1}$ ) rientrano nel range di valori medi ( $> 4 - 8\ kg\ ha^{-1}$ ) in cui ricade il 35% dei plot a livello europeo. Anche i dati di azoto ridotto ( $N_{red}=4,9\ kg\ ha^{-1}$ ) rientrano nel range di valori medi ( $> 4 - 8\ kg\ ha^{-1}$ ) in cui ricade il 33,7% dei plot a livello europeo. A livello europeo, sia per azoto ossidato che ridotto, oltre il 50% dei plot presenta valori che ricadono nel range da 0 a  $4\ kg\ ha^{-1}$ . Anche per gli ossidi di zolfo i valori medi riferiti ai siti di progetto ( $SO_x=5,7\ kg\ ha^{-1}$ ) sono risultati superiori a quelli più frequenti a livello europeo: il 65% dei plot europei ricade infatti nel range di valori bassi compresi tra 0 e  $4\ kg\ ha^{-1}$ .

## 6.1.1 Alberese

### 6.1.1.1 Stato degli indicatori tradizionali nei diversi trattamenti

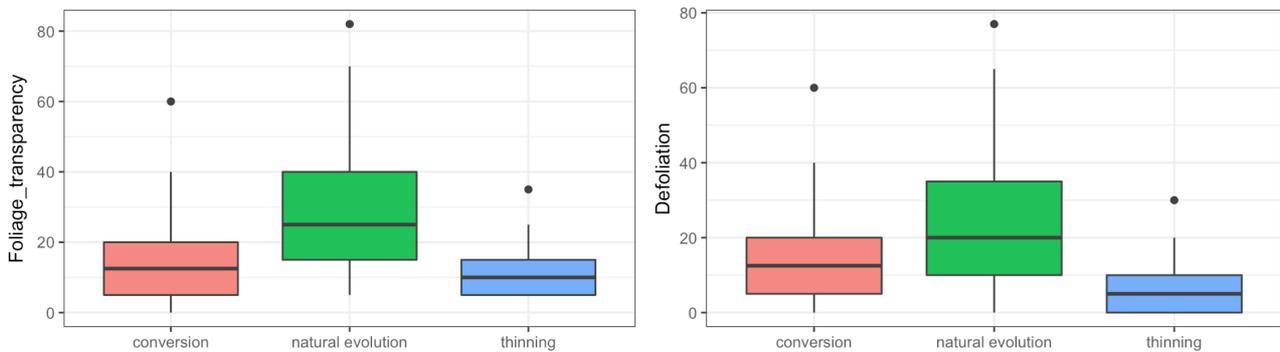
#### *Condizione della chioma degli alberi*

La Tabella 6.6 riporta le statistiche descrittive relative alla condizione delle chiome degli alberi rilevata nel sito di Alberese (leccio). Qui il 19,3% delle piante valutate ( $n=88$ ) ha presentato valori di defogliazione superiori al 25% (valore di riferimento per il 2016 a scala europea = 25,2%; in: Timmerman et al. 2017). La defogliazione media (17,4%) è risultata decisamente inferiore rispetto a quella riscontrata nel 2016 a livello europeo su querce sempreverdi (25,0%; Timmerman et al. 2017). A parte l'estensione mediana del danno che non si discosta dai valori riscontrati analizzando l'intero dataset di progetto (6,54%), le altre variabili hanno mostrato valori lievementi superiori.

Tab. 6.6 – Statistiche descrittive degli indicatori tradizionali per l'intero dataset del sito di Alberese.

	Trasparenza	Defogliazione	N danni	N parti danneggiate	Estensione mediana del danno, %
min	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1° quartile	10,00	5,00	1,00	1,00	5,00
mediana	15,00	15,00	1,50	1,00	5,00
media	20,82	17,41	1,61	1,39	6,53
3° quartile	30,00	25,00	2,00	2,00	5,50
max	82,00	77,00	5,00	4,00	60,00

La Figura 6.3 riporta la distribuzione dei valori di trasparenza e defogliazione nel sito di Alberese nei tre trattamenti (conversione ad alto fusto, evoluzione naturale e diradamento). I risultati dell'ANOVA mostrano una differenza significativa tra i diversi trattamenti (Tab. 6.2,  $p < 0,05$ ) per entrambi gli indicatori, con valori più elevati nei boschi in evoluzione naturale.



*Fig. 6.3 – Distribuzione dei valori di trasparenza e defogliazione nei tre trattamenti. Boxplot: mediana, intervallo interquartile, range 1,5 intervallo interquartile, outliers. Test ANOVA:  $p < 0,05$  per entrambi gli indicatori.*

La Figura 6.4 riporta la distribuzione dei danni forestali nei tre trattamenti (conversione ad alto fusto, evoluzione naturale e diradamento). I risultati dell'ANOVA mostrano una differenza significativa tra i diversi trattamenti (Tab. 6.2,  $p < 0,05$ ) per due dei tre indicatori (numero danni e numero di parti danneggiate), con valori più elevati nei boschi in evoluzione naturale.

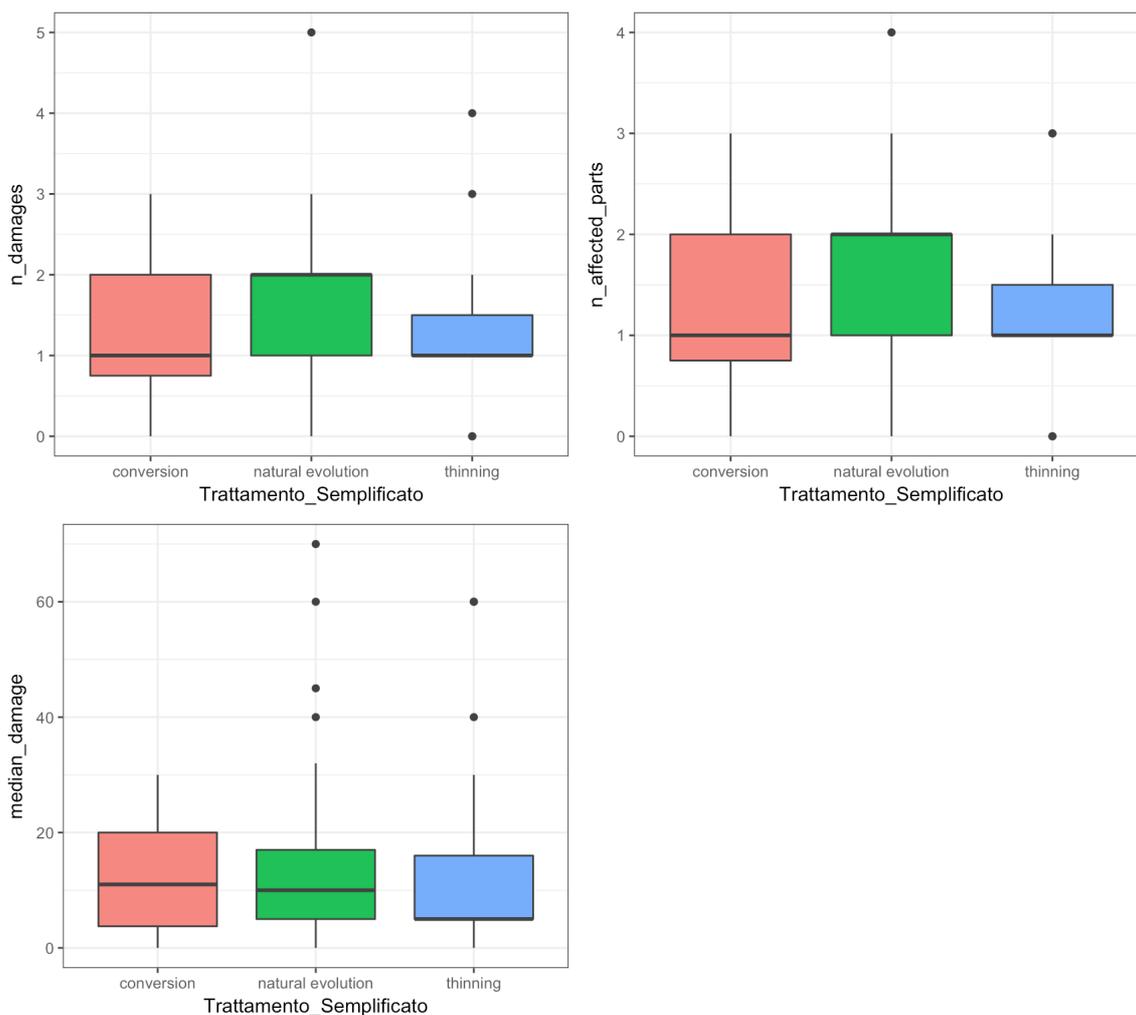


Fig. 6.4 – Distribuzione dei valori dei danni forestali (N danni, N parti danneggiate, mediana danni) nei tre trattamenti. Boxplot: mediana, intervallo interquartile, range 1,5 intervallo interquartile, outliers. Test ANOVA: N danni e N parti danneggiate,  $p < 0,05$ ; mediana danni,  $p > 0,05$ .

#### Condizione del suolo

Le Figg. 6.5 – 6.7 mostrano i valori dei diversi indicatori delle caratteristiche chimico-fisiche del suolo misurati in corrispondenza dei tre orizzonti del suolo (0-10 cm, 10-20 cm, 20-40 cm) nei tre trattamenti (conversione ad alto fusto, evoluzione naturale e diradamento).

La tessitura è di tipo franco-sabbioso in tutti le tre aree corrispondenti ai trattamenti a confronto. Nell'area corrispondente al trattamento "diradamento" i valori di pH, capacità di scambio cationico e somma i basi in tutti e tre gli orizzonti sono risultati molto differenti rispetto alle aree in cui ricadano i trattamenti "conversione ad alto fusto" e "evoluzione naturale". Nei primi 10 cm di suolo, il contenuto di C organico e di N totale hanno mostrato valori superiori nel trattamento "conversione ad alto fusto", mentre nessuna differenza è stata osservata nello strato 10-20 cm. In tutti gli orizzonti, il suolo è risultato sovrassaturo di C organico.

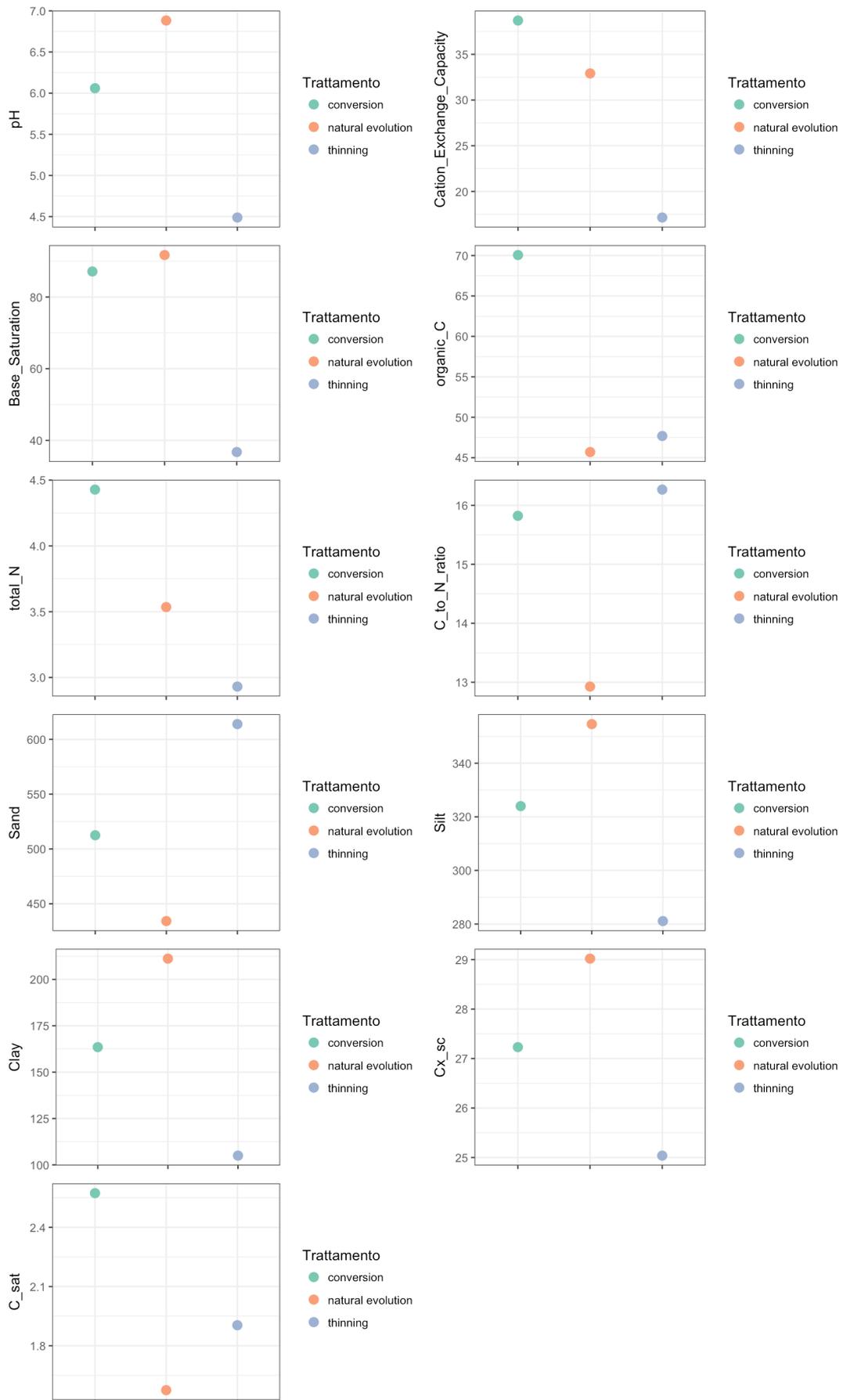


Fig. 6.5 – Distribuzione dei valori di chimica dei suoli nei tre trattamenti. Orizzonte 0-10 cm.

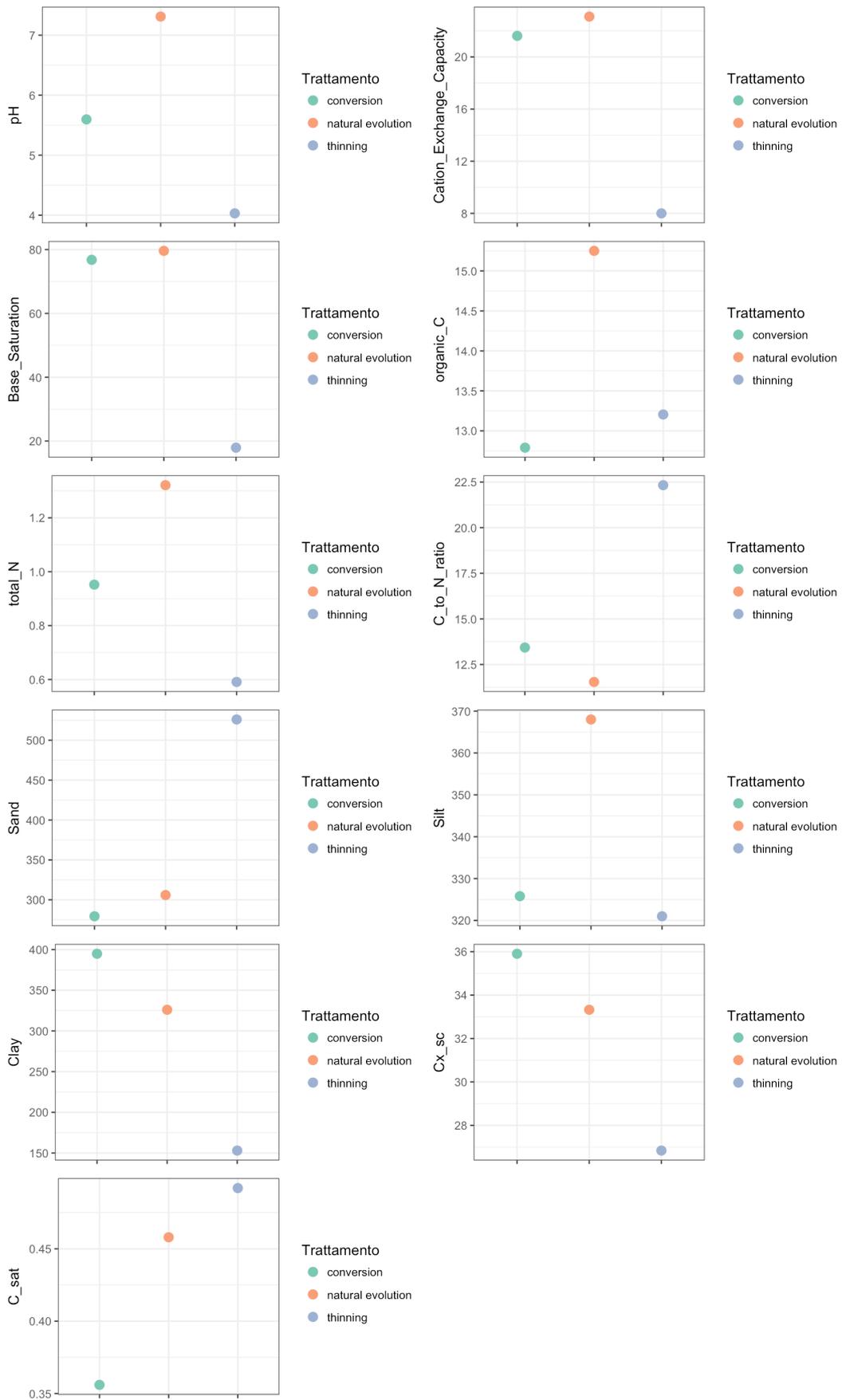


Fig. 6.6 – Distribuzione dei valori di chimica dei suoli nei tre trattamenti. Orizzonte 10-20 cm.

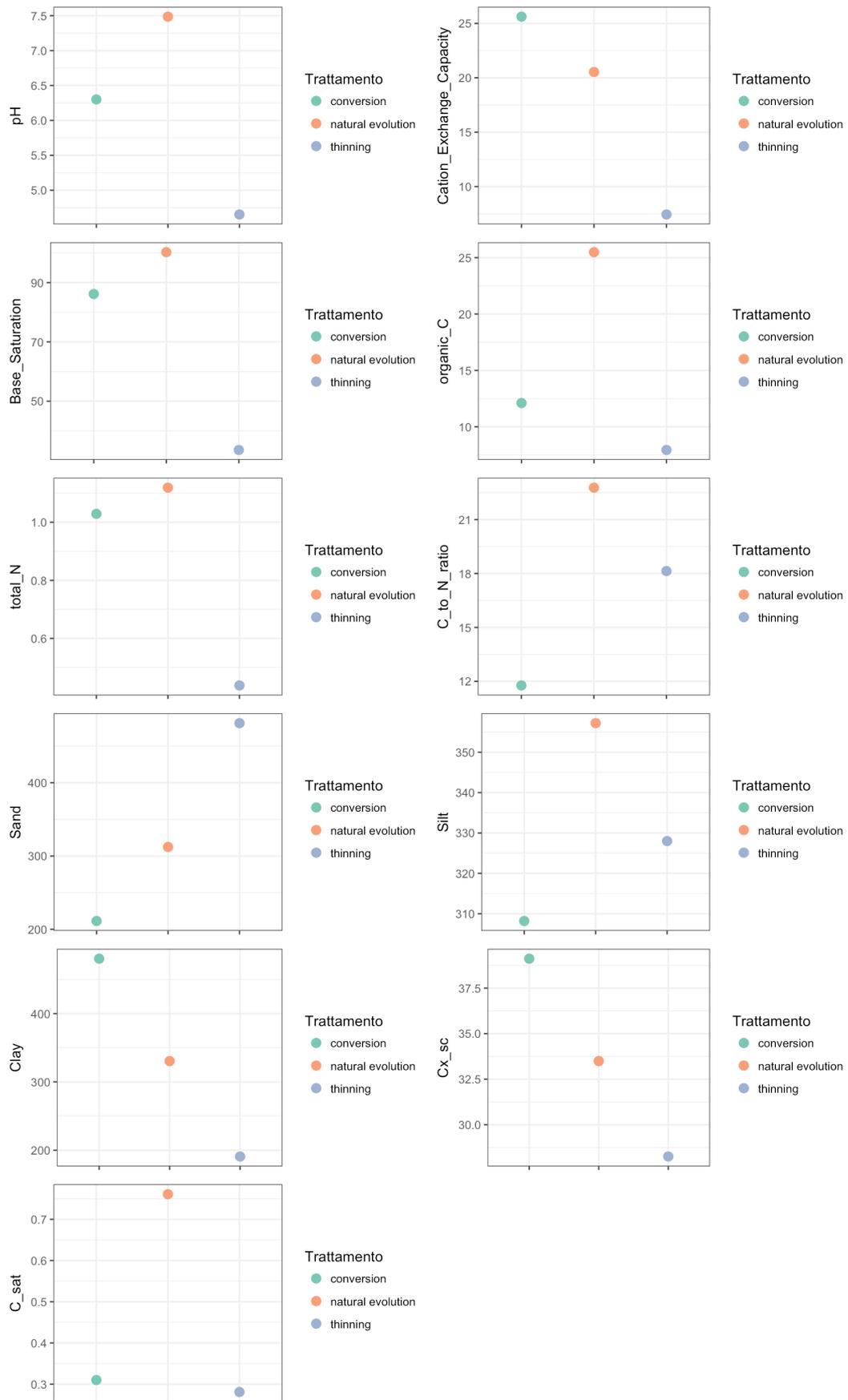


Fig. 6.7 – Distribuzione dei valori delle caratteristiche chimico-fisiche dei suoli nei tre trattamenti. Orizzonte 20-40 cm.

### 6.1.1.2 Serie storiche degli indicatori tradizionali

#### Condizione della chioma degli alberi

La Figura 6.8 riporta la serie storica dei dati stimati di defogliazione per il sito di Alberese dal 1997 al 2014. I valori risultano tendenzialmente in aumento nel tempo e sono compresi tra 15 e 35%, relativi rispettivamente agli anni 2007 e 2013. Il valore medio stimato della serie storica (25,6%) è superiore a quello misurato nel 2016 nelle are di progetto (17,4%).

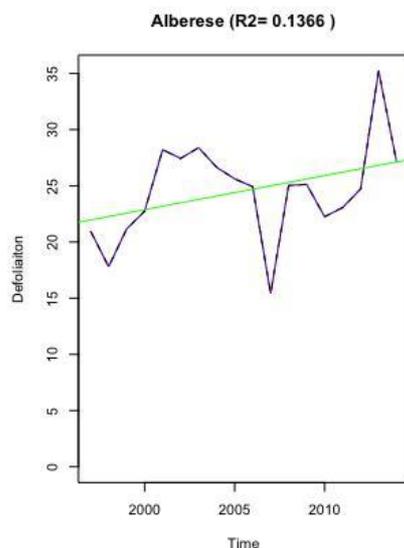


Fig. 6.8 – Serie storica dei dati stimati di defogliazione. Ogni linea di colore diverso rappresenta un diverso trattamento selvicolturale. La linea di tendenza è indicata con il colore verde.

La Figura 6.9 riporta la serie storica dei dati stimati di danni forestali (numero di danni e numero di parti danneggiate) per il sito di Alberese dal 2005 al 2014. Il numero di danni è compreso tra 1,56 e 2,08, valori relativi rispettivamente agli anni 2007 e 2014. Il numero di parti affette è compreso tra 1,31 e 1,72, relativi rispettivamente agli anni 2007 e 2008.

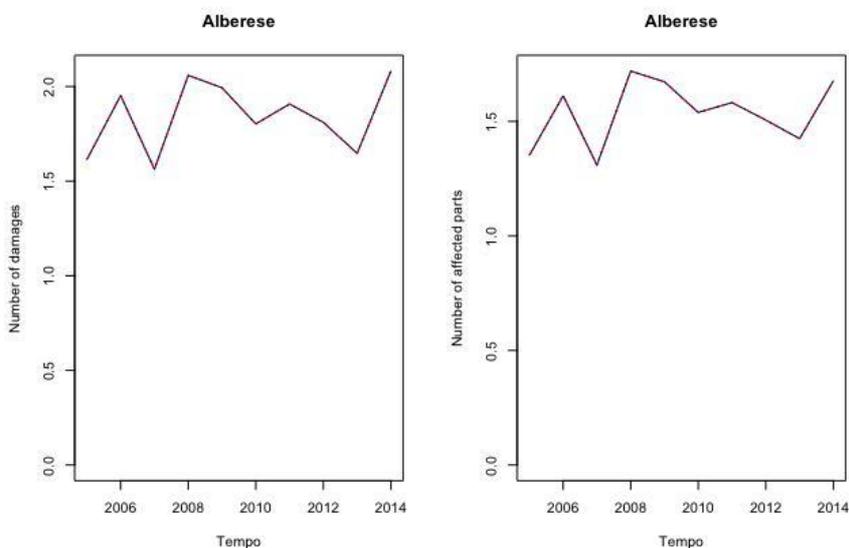


Fig. 6.9 – Serie storica dei danni forestali stimati ( $N$  danni,  $N$  parti danneggiate). Ogni linea di colore diverso rappresenta un diverso trattamento selvicolturale.

## Deposizioni

La Figura 6.10 riporta la serie storica dei dati stimati di deposizione (azoto ossidato e ridotto e ossidi di zolfo) per il sito di Alberese. Le deposizioni di azoto ossidato sono comprese tra 161 e 619 mg(N)/m<sup>2</sup>, relativi rispettivamente agli anni 2000 e 1997. Le deposizioni di azoto ridotto sono comprese tra 316 e 462 mg(N)/m<sup>2</sup>, valori relativi rispettivamente agli anni 2000 e 2014. Le deposizioni di ossidi di zolfo sono comprese tra 351 e 742 mg/m<sup>2</sup>, valori relativi rispettivamente agli anni 2000 e 2014. I valori di ossidi di zolfo risultano tendenzialmente in diminuzione nel tempo, come riportato anche a scala europea (Forest Europe 2015); analogo andamento si osserva per l'azoto ossidato, mentre l'azoto ridotto mostra un trend in leggero aumento.

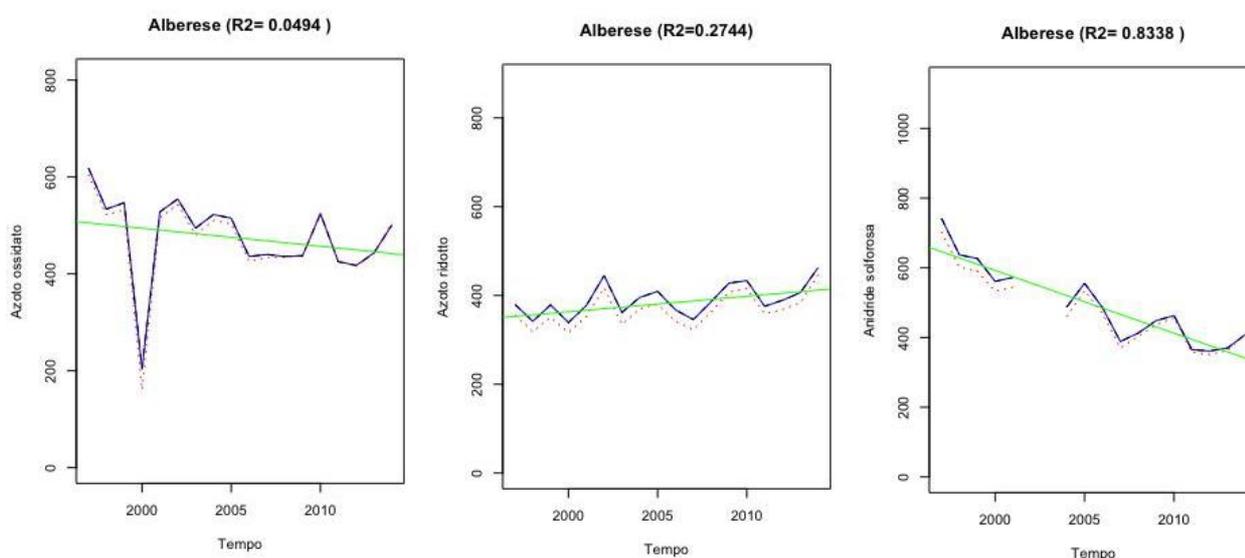


Fig. 6.10 – Serie storica dei dati di deposizione (azoto ossidato e ridotto e ossidi di zolfo). Ogni linea di colore diverso rappresenta un diverso trattamento selvicolturale. La linea di tendenza è indicata con il colore verde.

## 6.1.2 Buca Zamponi

### 6.1.2.1 Stato degli indicatori tradizionali nei diversi trattamenti

#### Condizione della chioma degli alberi

La Tabella 6.7 riporta le statistiche descrittive relative alla condizione delle chiome degli alberi rilevata nel sito di Buca Zamponi (faggio). Qui il 35,2% delle piante valutate (n=105) ha presentato valori di defogliazione superiori al 25% (valore di riferimento per il 2016 a scala europea = 25,2%; in: Timmerman et al. 2017).

La defogliazione media (21,8%) è risultata di poco inferiore a quella riscontrata nel 2016 a livello europeo su faggio (22,7%; Timmerman et al. 2017).

Tutte le variabili che descrivono la condizione delle chiome presentano valori superiori a quelli riscontrati considerando l'intero dataset di progetto.

Tab. 6.7 – Statistiche descrittive degli indicatori tradizionali per l'intero dataset del sito di Buca Zamponi.

	Trasparenza	Defogliazione	N danni	N parti danneggiate	Estensione mediana del danno, %
min	10,00	0,00	0,000	0,000	0,00
1° quartile	25,00	10,00	1,000	1,000	5,00
mediana	35,00	20,00	2,000	1,000	5,00
media	34,05	21,81	1,771	1,552	7,41
3° quartile	40,00	30,00	2,000	2,000	10,00
max	75,00	60,00	5,000	4,000	32,00

La Figura 6.11 riporta la distribuzione dei valori di trasparenza e defogliazione nel sito di Buca Zamponi. Per entrambi gli indicatori non sono state osservate differenze significative tra i due trattamenti (conversione ad alto fusto ed evoluzione naturale; Tab. 6.2,  $p > 0,05$ ).

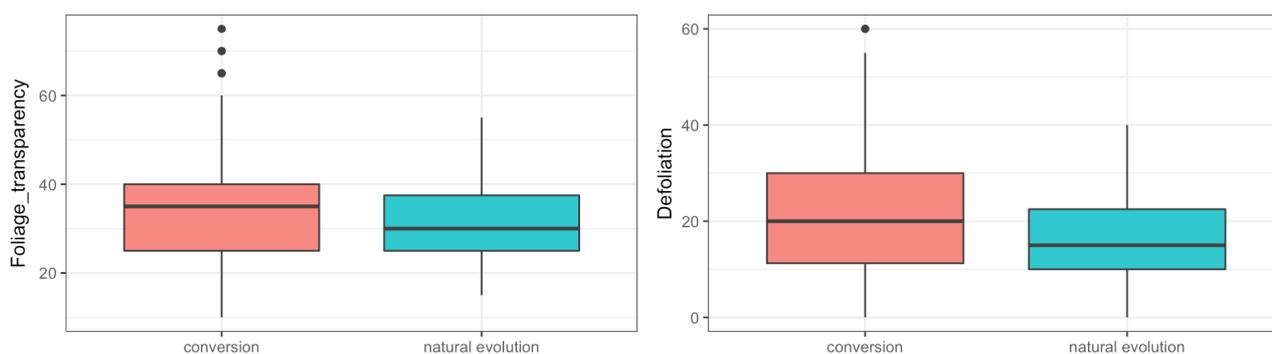


Fig. 6.11 – Distribuzione dei valori di trasparenza e defogliazione nei due trattamenti. Boxplot: mediana, intervallo interquartile, range, 1,5 intervallo interquartile, outliers. Test ANOVA:  $p > 0,05$  per entrambi gli indicatori.

La Figura 6.12 riporta la distribuzione dei danni forestali nei due trattamenti (conversione ad alto fusto ed evoluzione naturale). I risultati dell'ANOVA mostrano una differenza significativa tra i diversi trattamenti (Tab. 6.4,  $p < 0,05$ ) per due dei tre indicatori (numero danni e numero di parti danneggiate), con valori più elevati nei boschi in conversione ad alto fusto.

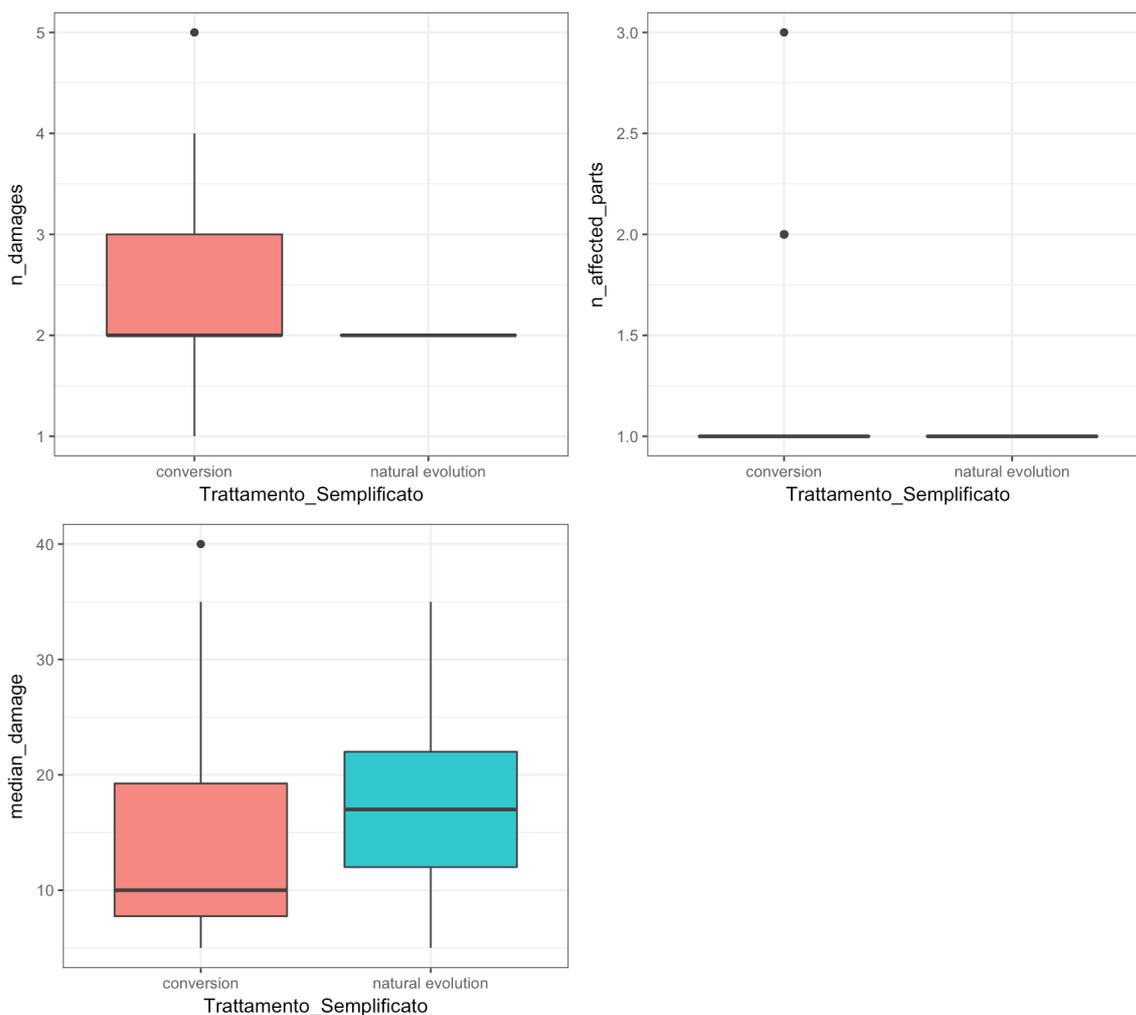


Fig. 6.12 – Distribuzione dei valori dei danni forestali (N danni, N parti danneggiate, mediana danni) nei due trattamenti. Boxplot: mediana, intervallo interquartile, range 1,5 intervallo interquartile, outliers. Test ANOVA: N danni e N parti danneggiate,  $p < 0,05$ ; mediana danni,  $p > 0,05$ .

#### Condizione del suolo

Le Figg. 6.13 – 6.15 mostrano i valori delle caratteristiche chimico-fisiche del suolo misurati in corrispondenza dei tre orizzonti del suolo (0-10 cm, 10-20 cm, 20-40 cm) nei due trattamenti (conversione ad alto fusto, evoluzione naturale).

La tessitura è generalmente di tipo franco o franco-sabbioso in entrambe le aree corrispondenti ai trattamenti a confronto. Il pH mediamente è molto acido o acido. Il contenuto di C organico e di N totale sono risultati mediamente alti in entrambi i trattamenti per tutti i tre orizzonti di suolo. Nei primi due orizzonti, il suolo è risultato sovrassaturo di C organico.

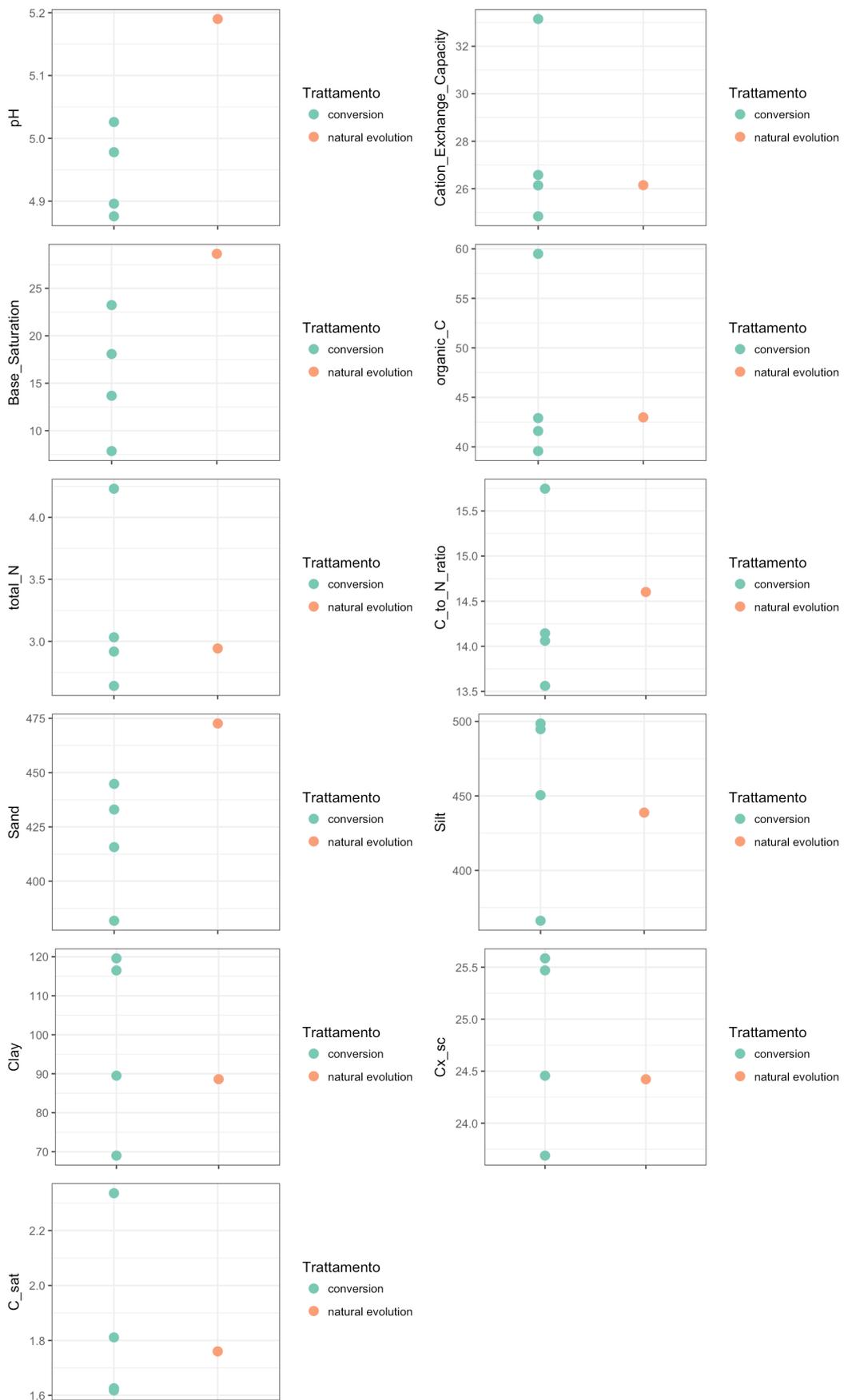


Fig. 6.13– Distribuzione dei valori delle caratteristiche chimico-fisiche dei suoli nei due trattamenti. Orizzonte 0-10 cm.

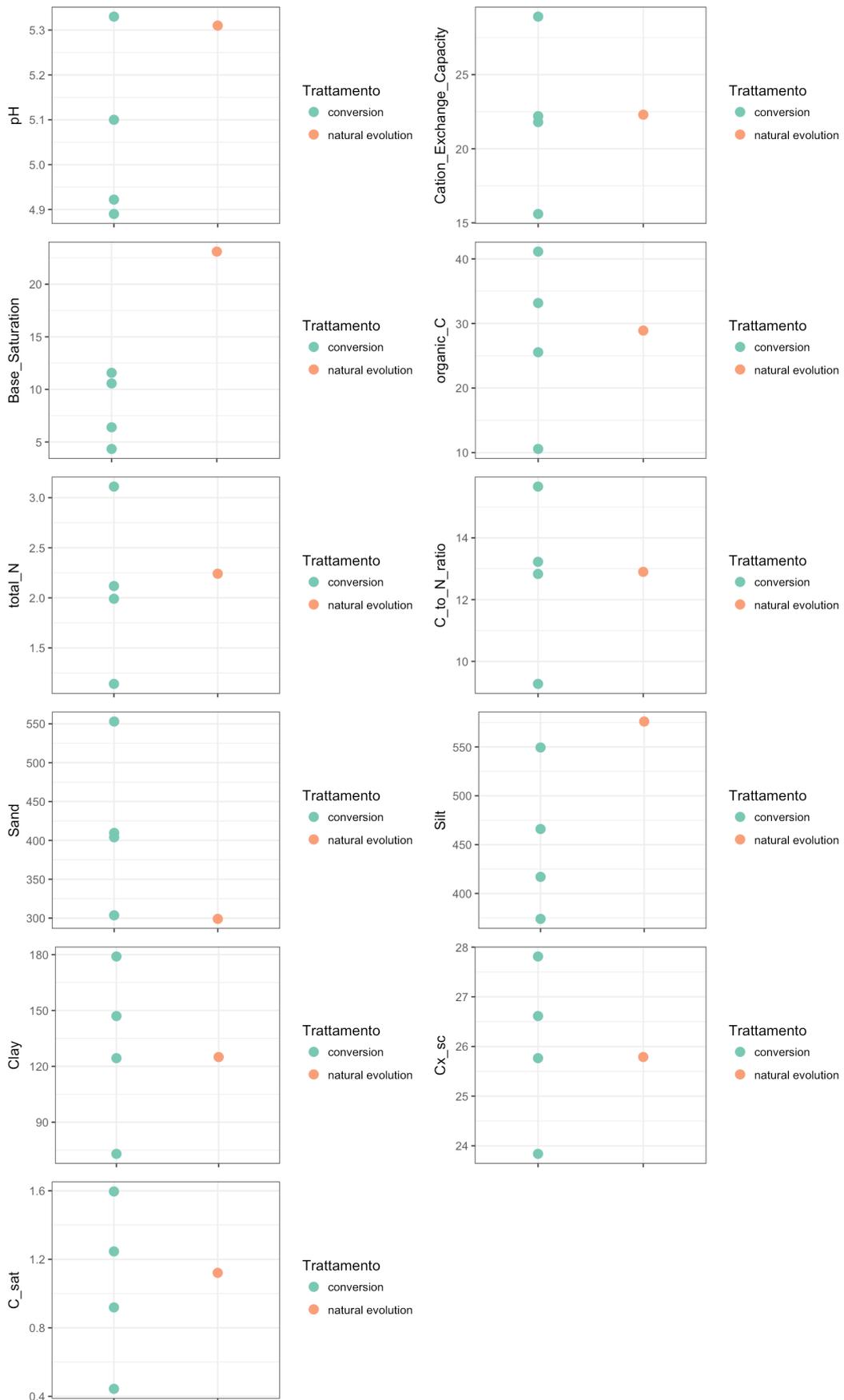


Fig. 6.14 – Distribuzione dei valori delle caratteristiche chimico-fisiche dei suoli nei due trattamenti. Orizzonte 10-20 cm.

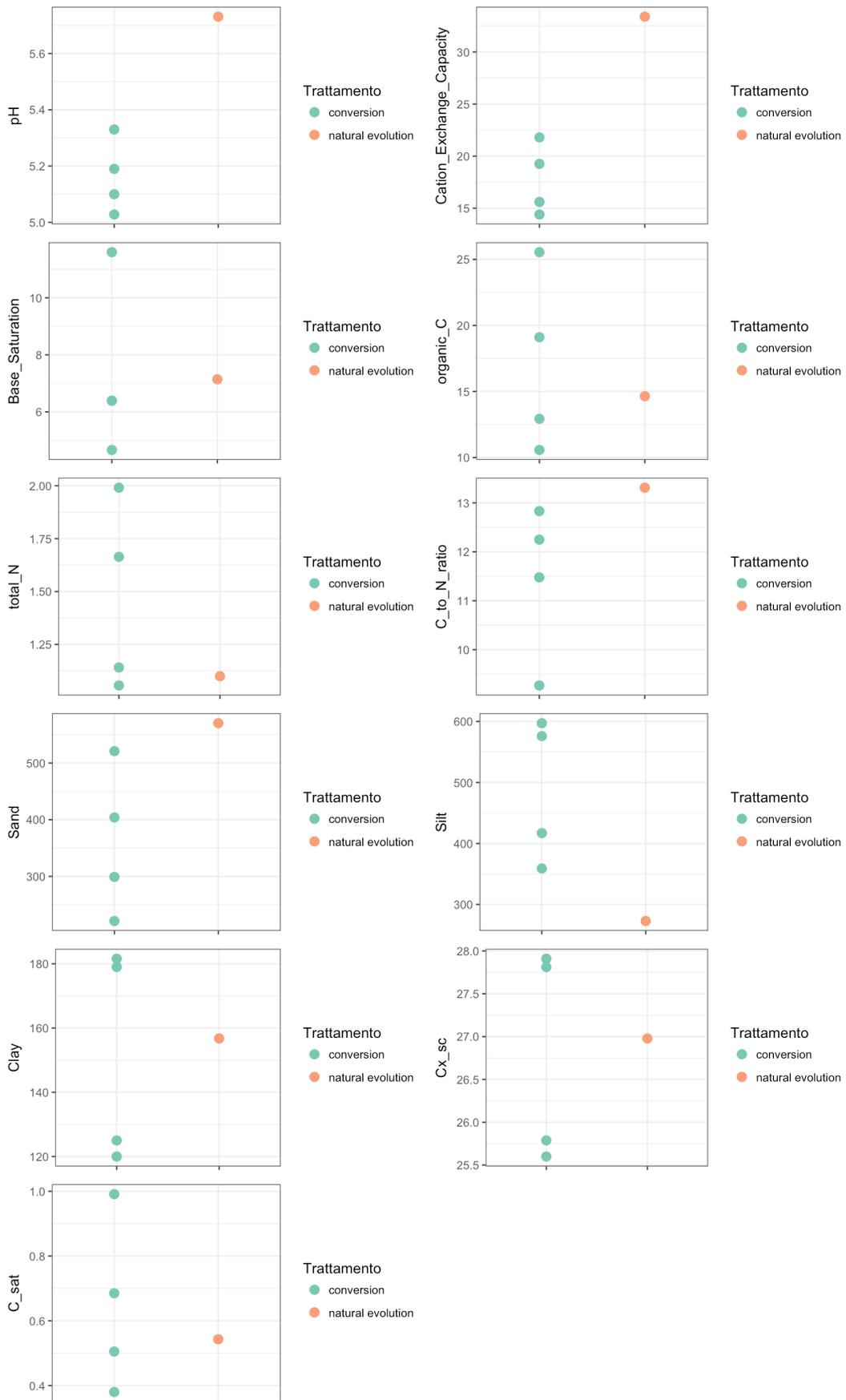


Fig. 6.15 – Distribuzione dei valori delle caratteristiche chimico-fisiche dei suoli nei due trattamenti. Orizzonte 20-40 cm.

### 6.1.2.2 Serie storiche degli indicatori tradizionali

#### Condizione della chioma degli alberi

La Figura 6.16 riporta la serie storica dei dati stimati di defogliazione per il sito di Buca Zamponi. I valori sono compresi tra 19 e 27%, relativi rispettivamente agli anni 1998 e 2003. L'andamento temporale dei valori risulta tendenzialmente in aumento. Il valore medio stimato della serie storica (23,8%) è leggermente superiore a quello misurato nel 2016 (21,8%).

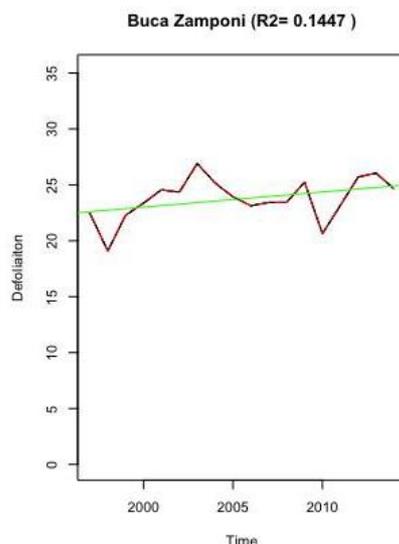


Fig. 6.16 – Serie storica dei dati stimati di defogliazione. Ogni linea di colore diverso rappresenta un diverso trattamento selvicolturale. La linea di tendenza è indicata con il colore verde.

La Figura 6.17 riporta la serie storica dei dati stimati di danni forestali (numero di danni, numero di parti danneggiate) di Buca Zamponi. Il numero di danni è compreso tra 1,46 e 1,77, valori relativi rispettivamente agli anni 2009 e 2014. Il numero di parti affette è compreso tra 1,25 e 1,52, valori relativi rispettivamente agli anni 2009 e 2014.

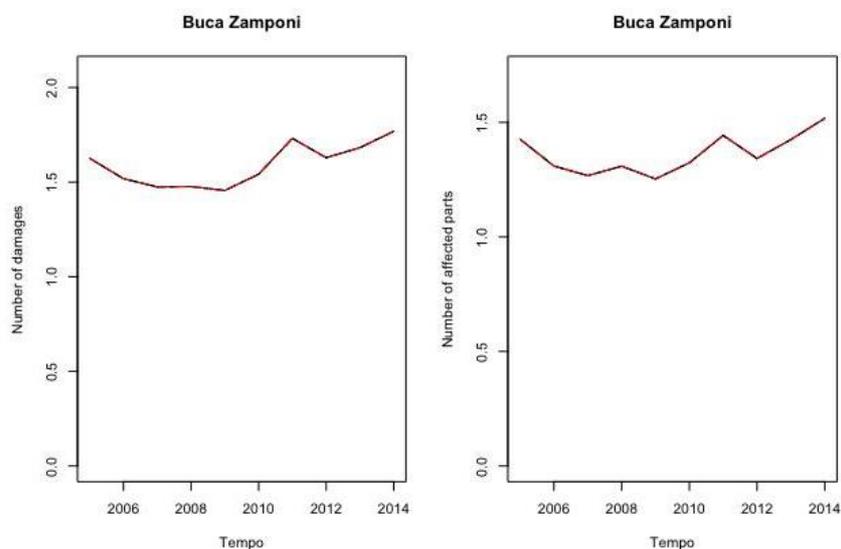


Fig. 6.17 – Serie storica dei danni forestali stimati (N danni, N parti danneggiate). Ogni linea di colore diverso rappresenta un diverso trattamento selvicolturale.

## Deposizioni

La Figura 6.18 riporta la serie storica dei dati di deposizione (azoto ossidato e ridotto e ossidi di zolfo) per il sito di Buca Zamponi. Le deposizioni di azoto ossidato sono comprese tra 196 e 804 mg/m<sup>2</sup>, relativi rispettivamente agli anni 2000 e 1997. Le deposizioni di azoto ridotto sono comprese tra 582 e 858 mg/m<sup>2</sup>, relativi rispettivamente agli anni 2011 e 2002. Le deposizioni di ossidi di zolfo sono comprese tra 357 e 1111 mg/m<sup>2</sup>, relativi rispettivamente agli anni 2014 e 1997. I valori di tutti e tre le serie temporali sono tendenzialmente in diminuzione; tale diminuzione è particolarmente marcata per gli ossidi di zolfo.

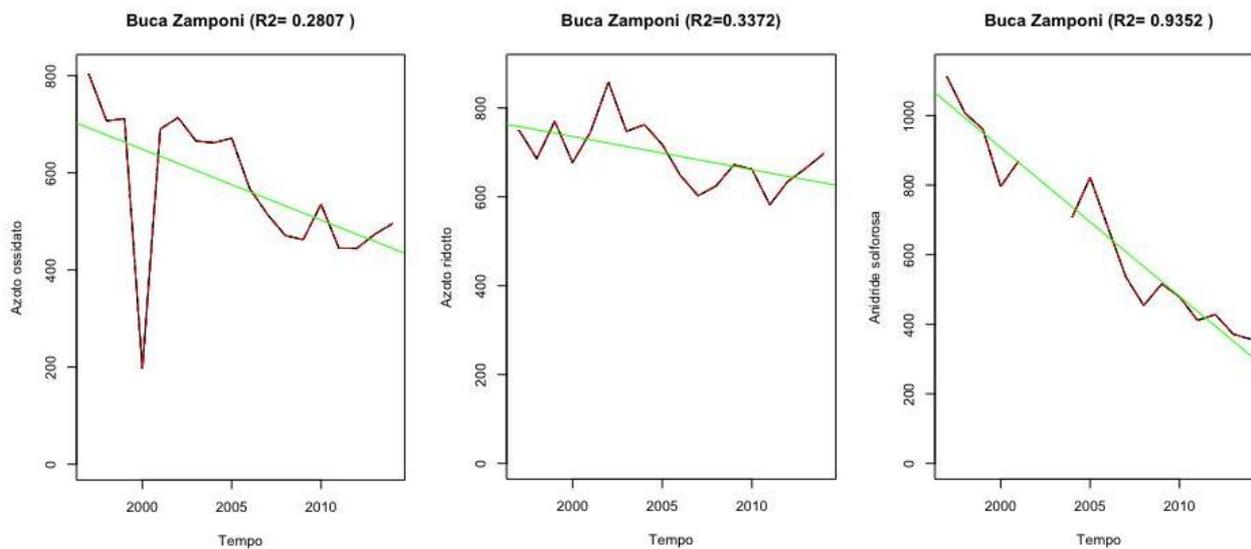


Fig. 6.18 – Serie storica dei dati di deposizione (azoto ossidato e ridotto e ossidi di zolfo). Ogni linea di colore diverso rappresenta un diverso trattamento selvicolturale. La linea di tendenza è indicata con il colore verde.

### 6.1.3 Buca Zamponi 1

#### 6.1.3.1 Stato degli indicatori tradizionali nei diversi trattamenti

##### Condizione della chioma degli alberi

La Tabella 6.8 riporta le statistiche descrittive relative alla condizione delle chiome degli alberi rilevata nel sito di Buca Zamponi 1 (faggio). Qui il 67,1% delle piante valutate (n=70) ha presentato valori di defogliazione superiori al 25%, decisamente superiore al valore di riferimento (25,2%) delle foreste europee nel 2016 (Timmerman et al. 2017).

La defogliazione media (36,4%) è risultata decisamente superiore a quella riscontrata nel 2016 a livello europeo su faggio (22,7%; Timmerman et al. 2017).

Sebbene i valori di defogliazione percentuale siano oltre il doppio di quelli riscontrati considerando l'intero dataset di progetto, il numero di danni e di parti affette è solo lievemente superiore ai valori medi di riferimento; l'estensione mediana dei danni risulta addirittura inferiore.

Tab. 6.8 – Statistiche descrittive degli indicatori tradizionali per l'intero dataset del sito di Buca Zamponi 1.

	Trasparenza	Defogliazione	N danni	N parti danneggiate	Estensione mediana del danno, %
min	30,00	15,00	0,00	0,0	0,00
1° quartile	40,00	25,00	1,00	1,0	0,00
mediana	50,00	35,00	1,00	1,0	5,00
media	51,41	36,41	1,44	1,4	4,93
3° quartile	60,00	45,00	2,00	2,0	5,00
max	99,00	85,00	4,00	4,0	30,00

La Figura 6.19 riporta la distribuzione dei valori di trasparenza e defogliazione nel sito di Buca Zamponi 1 in cui si ha un solo trattamento (ceduo tradizionale). I valori dell'intervallo interquartile sono compresi tra 40 e 60% per la trasparenza e tra 25 e 45% per la defogliazione.

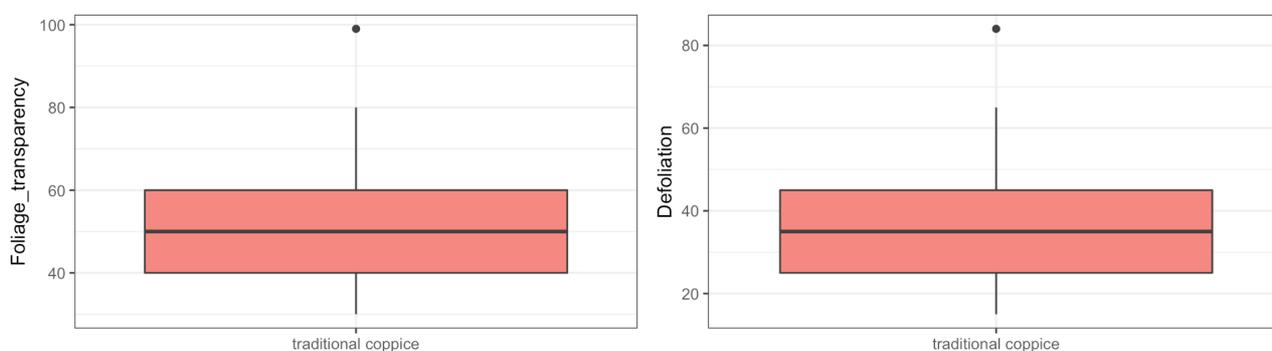


Fig. 6.19 – Distribuzione dei valori di trasparenza e defogliazione. Boxplot: mediana, intervallo interquartile, range 1,5 intervallo interquartile, outliers.

La Figura 6.20 riporta la distribuzione dei danni forestali (un solo trattamento: ceduo tradizionale).

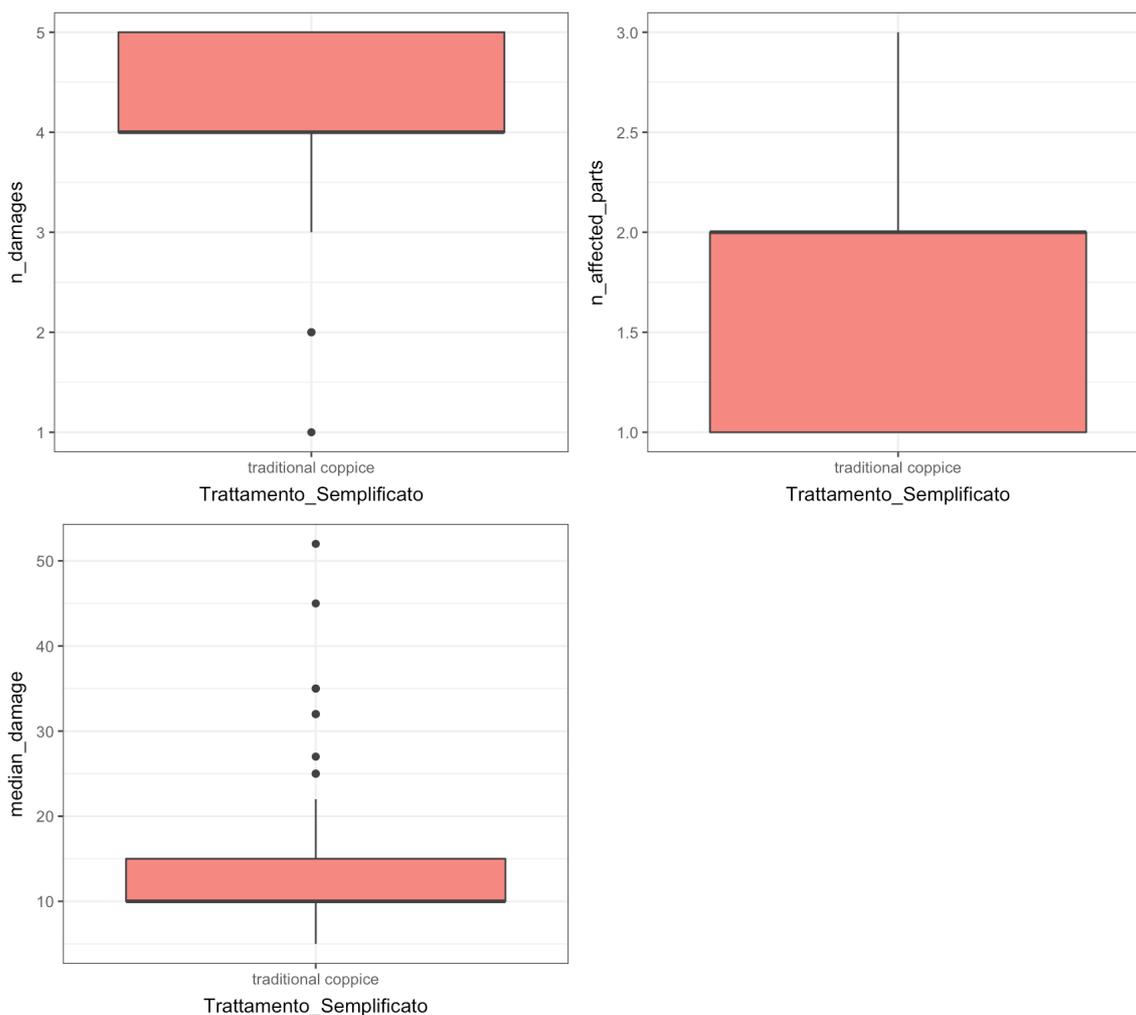


Fig. 6.20 – Distribuzione dei valori dei danni forestali (N danni, N parti danneggiate, mediana danni).  
 Boxplot: mediana, intervallo interquartile, range 1,5 intervallo interquartile, outliers.

#### Condizione del suolo

Le Figg. 6.21 – 6.23 mostrano i valori dei diversi indicatori delle caratteristiche chimico-fisiche del suolo misurati in corrispondenza dei tre orizzonti del suolo (0-10 cm, 10-20 cm, 20-40 cm).

La tessitura è generalmente di tipo franco-sabbioso. Il pH mediamente è molto acido. Il contenuto di C organico e di N totale sono risultati medio-alti in tutti i tre orizzonti di suolo. Nel primo orizzonte, il suolo è risultato sovrassaturo di C organico.

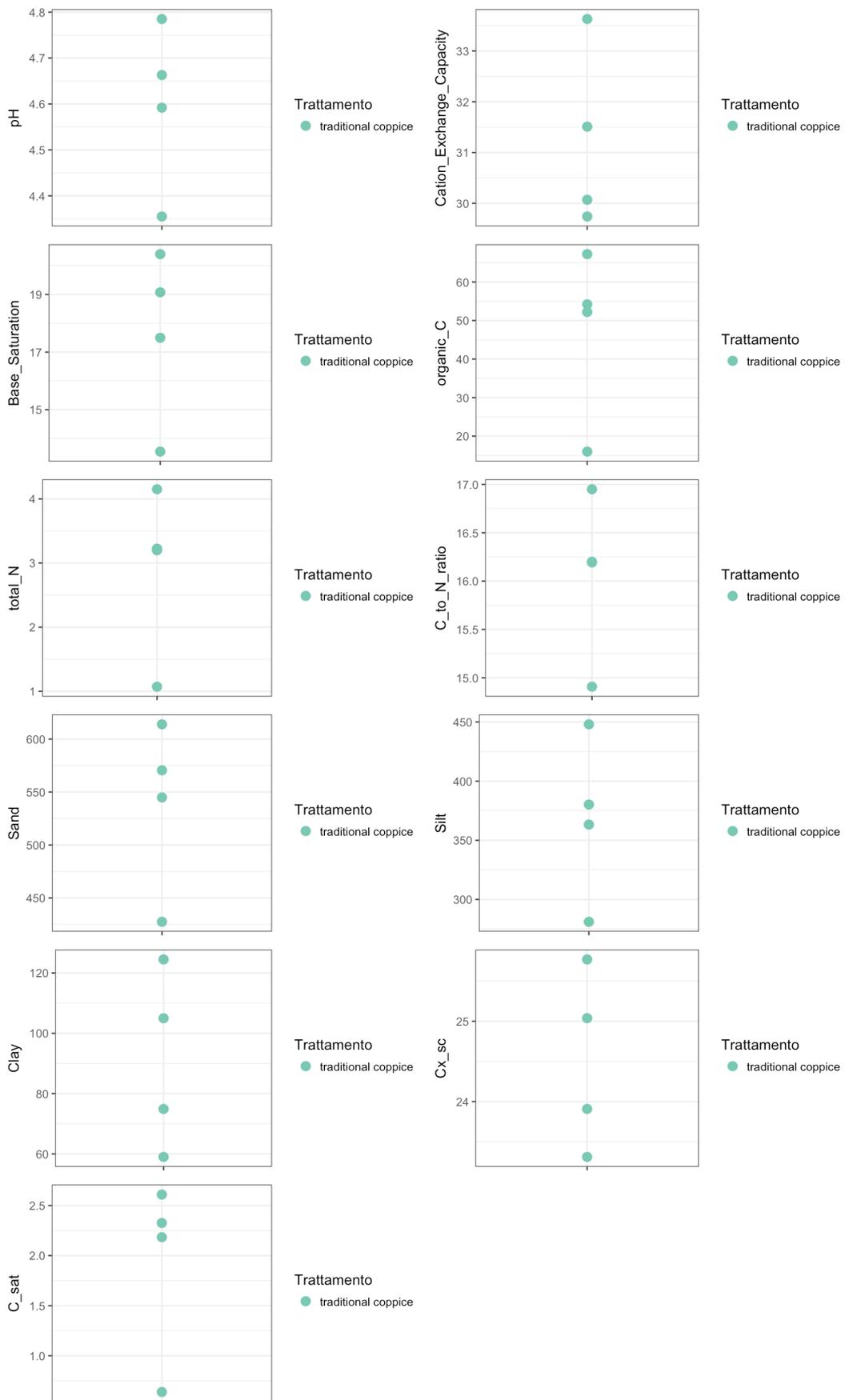


Fig. 6.21 – Distribuzione dei valori delle caratteristiche chimico-fisiche dei suoli. Orizzonte 0-10 cm.

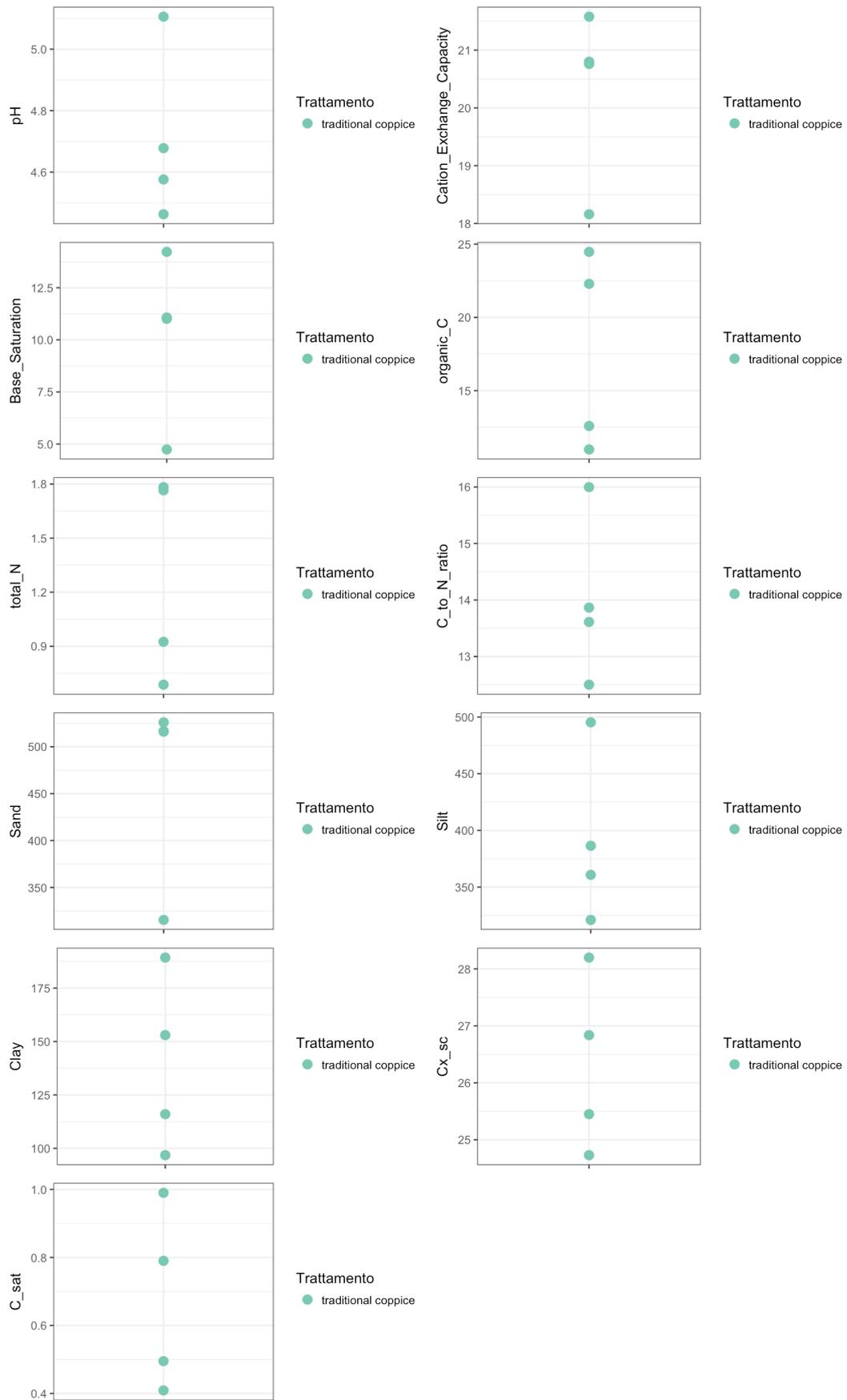


Fig. 6.22 – Distribuzione dei valori delle caratteristiche chimico-fisiche dei suoli. Orizzonte 10-20 cm.

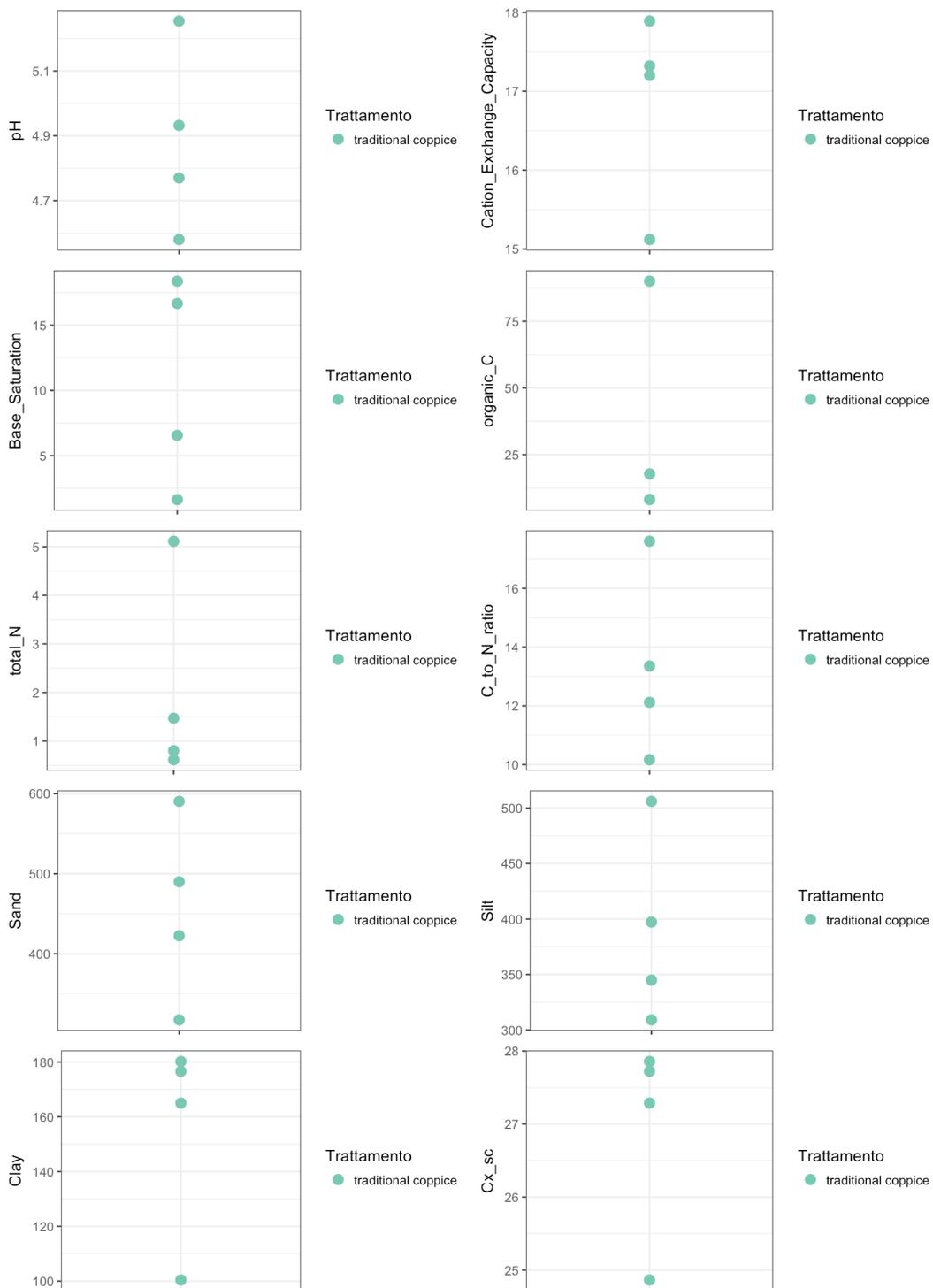


Fig. 6.23 – Distribuzione dei valori delle caratteristiche chimico-fisiche dei suoli. Orizzonte 20-40 cm.

### 6.1.3.2 Serie storiche degli indicatori tradizionali

#### Condizione della chioma degli alberi

La Figura 6.24 riporta la serie storica dei dati stimati di defogliazione per il sito di Buca Zamponi 1. I valori sono compresi tra 19 e 27%, relativi rispettivamente agli anni 1998 e 2003. L'andamento temporale dei valori

risulta tendenzialmente in aumento. Il valore medio stimato della serie storica (23,8%) è inferiore a quello misurato nel 2016 (36,4%).

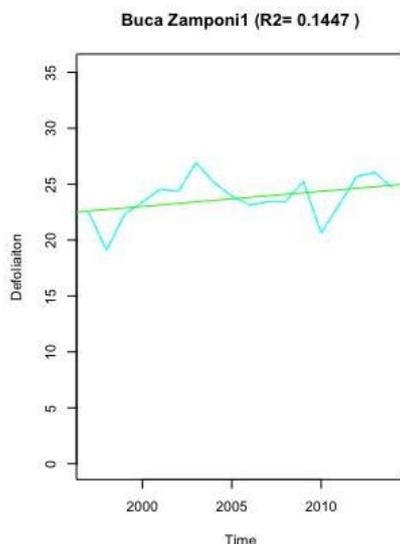


Fig. 6.24 – Serie storica dei dati stimati di defogliazione. Ogni linea di colore diverso rappresenta un diverso trattamento selvicolturale. La linea di tendenza è indicata con il colore verde.

La Figura 6.25 riporta la serie storica dei dati di danni forestali (numero di danni, numero di parti danneggiate) di Buca Zamponi 1. Il numero di danni è compreso tra 1,46 e 1,77, relativi rispettivamente agli anni 2009 e 2014. Il numero di parti affette è compreso tra 1,25 e 1,52, relativi rispettivamente agli anni 2009 e 2014. Tali valori risultano analoghi a quelli misurati nel 2016.

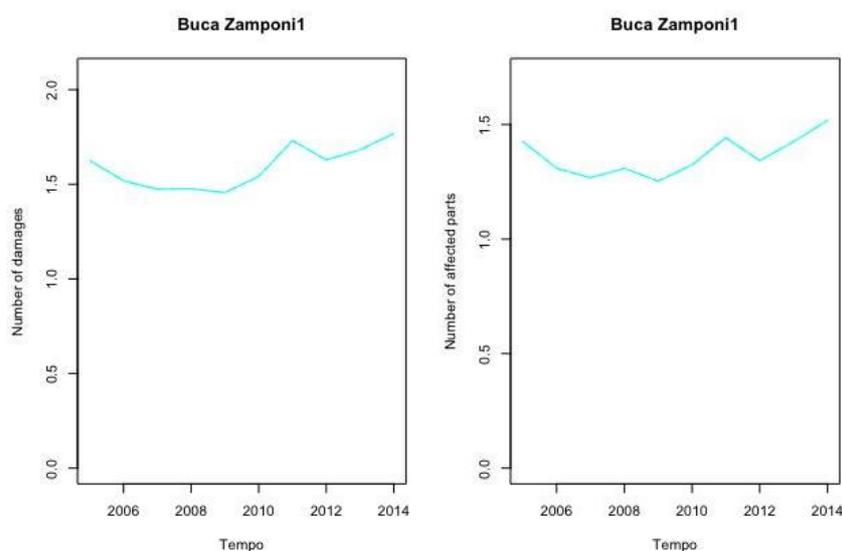


Fig. 6.25 – Serie storica dei danni forestali stimati (N danni, N parti danneggiate). Ogni linea di colore diverso rappresenta un diverso trattamento selvicolturale.

## Deposizioni

La Figura 6.26 riporta la serie storica dei dati stimati di deposizione (azoto ossidato e ridotto e ossidi di zolfo) per il sito di Buca Zamponi 1. Le deposizioni di azoto ossidato sono comprese tra 196 e 804 mg(N)/m<sup>2</sup>, relativi rispettivamente agli anni 2000 e 1997. Le deposizioni di azoto ridotto sono comprese tra 582 e 858 mg(N)/m<sup>2</sup>, relativi rispettivamente agli anni 2011 e 2002. Le deposizioni di ossidi di zolfo sono comprese tra 357 e 1111 mg(S)/m<sup>2</sup>, relativi rispettivamente agli anni 2011 e 2002.

I valori di tutte e tre le serie temporali sono tendenzialmente in diminuzione; tale diminuzione è particolarmente marcata per gli ossidi di zolfo.

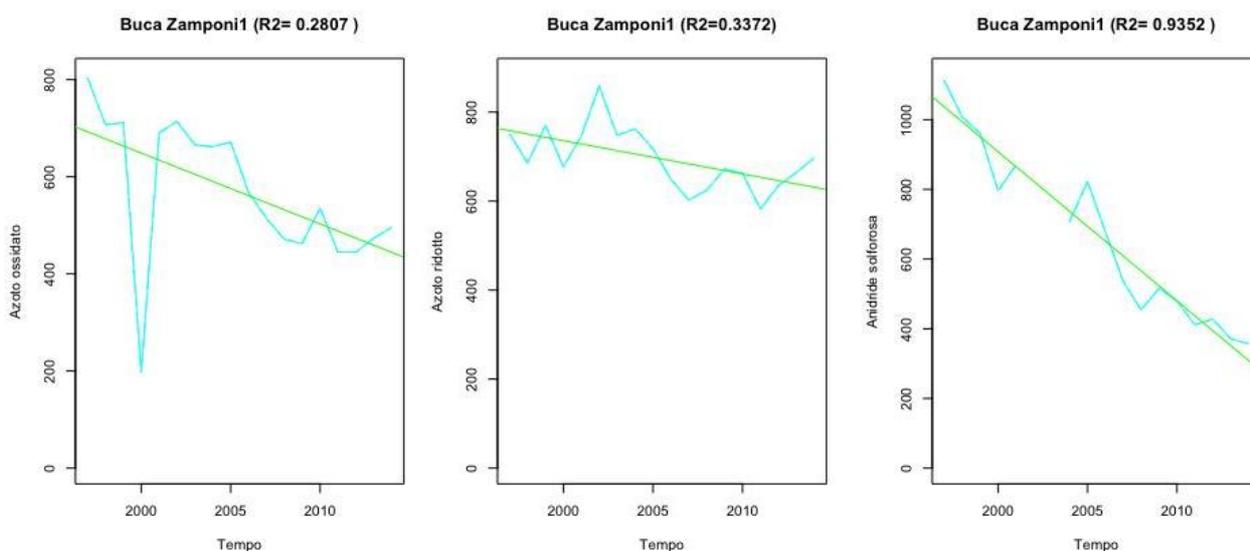


Fig. 6.26 – Serie storica dei dati stimati di deposizione (azoto ossidato e ridotto e ossidi di zolfo). Ogni linea di colore diverso rappresenta un diverso trattamento selvicolturale. La linea di tendenza è indicata con il colore verde.

## 6.1.4 Caselli

### 6.1.4.1 Stato degli indicatori tradizionali nei diversi trattamenti

#### Condizione della chioma degli alberi

La Tabella 6.9 riporta le statistiche descrittive relative alla condizione delle chiome degli alberi rilevata nel sito di Caselli (cerro). Qui solo il 5,4% delle piante valutate (n=298) ha presentato valori di defogliazione superiori al 25% (valore di riferimento per il 2016 a scala europea = 25,2%; in: Timmerman et al. 2017). La defogliazione media (12%) è risultata decisamente inferiore rispetto a quella riscontrata nel 2016 a livello europeo su querce decidue (sub-)mediterranee (20,2%; Timmerman et al. 2017). Una pianta è risultata morta (l'unica di tutte le 1211 piante considerate nei rilievi 2016). Sebbene i valori medi di defogliazione percentuale siano leggermente inferiori rispetto a quelli riscontrati considerando l'intero dataset di progetto (15%), il numero di danni e l'estensione sono risultati circa il doppio dei valori di riferimento.

Tab. 6.9 – Statistiche descrittive degli indicatori tradizionali per l'intero dataset del sito di Caselli.

	Trasparenza	Defogliazione	N danni	N parti danneggiate	Estensione mediana del danno, %
min	0,00	0,00	0,000	0,000	0,00
1° quartile	10,00	5,00	2,000	1,000	7,00
mediana	15,00	10,00	2,000	1,000	10,00
media	15,69	11,96	2,386	1,346	13,86
3° quartile	20,00	15,00	3,000	2,000	20,00
max	100,00	100,00	5,000	4,000	70,00

La Figura 6.27 riporta la distribuzione dei valori di trasparenza e defogliazione nel sito di Caselli. Per entrambi gli indicatori non sono state osservate differenze significative tra i due trattamenti (conversione ad alto fusto ed evoluzione naturale; Tab. 6.2,  $p > 0,05$ ). I valori dei due indicatori sono piuttosto bassi e presentano una variabilità contenuta

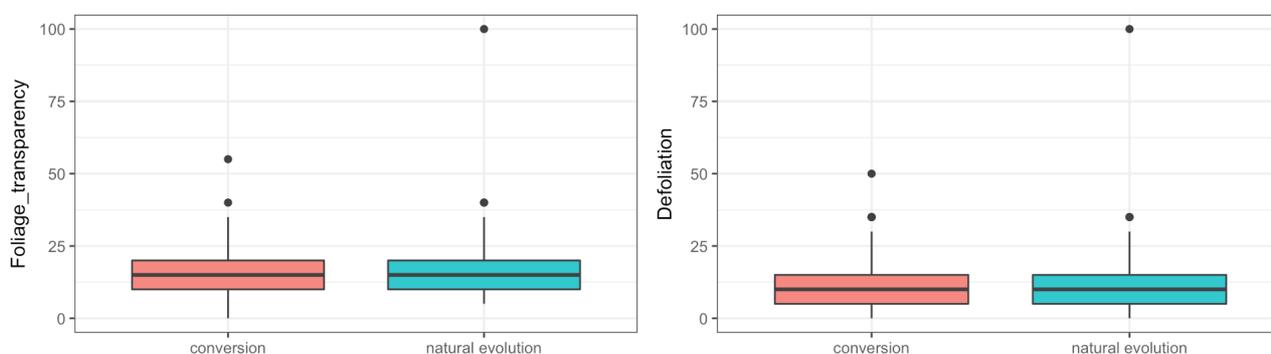


Fig. 6.27 – Distribuzione dei valori di trasparenza e defogliazione nei due trattamenti. Boxplot: mediana, intervallo interquartile, range 1,5 intervallo interquartile, outliers. Test ANOVA:  $p > 0,05$  per entrambi gli indicatori.

La Figura 6.28 riporta la distribuzione dei danni forestali nei due trattamenti (conversione ad alto fusto ed evoluzione naturale). I risultati dell'ANOVA non hanno evidenziato differenze significative (Tab. 6.4,  $p > 0,05$ ).

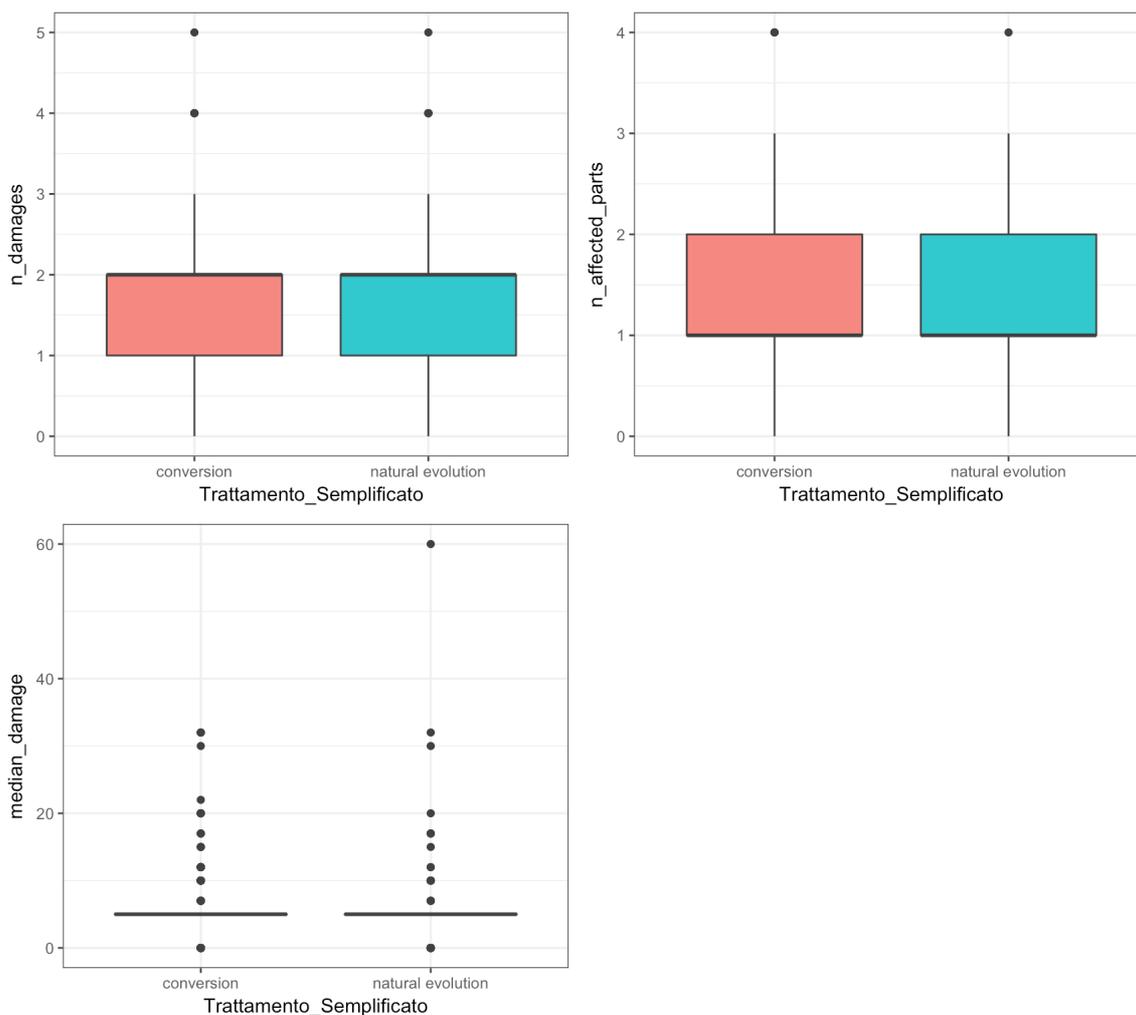


Fig. 6.28 – Distribuzione dei valori dei danni forestali (N danni, N parti danneggiate, mediana danni) nei due trattamenti. Boxplot: mediana, intervallo interquartile, range 1,5 intervallo interquartile, outliers. Test ANOVA:  $p > 0,05$  per i tre indicatori.

#### Condizione del suolo

Le Figg. 6.29 – 6.31 mostrano i valori dei diversi indicatori delle caratteristiche chimico-fisiche del suolo misurati in corrispondenza dei tre orizzonti del suolo (0-10 cm, 10-20 cm, 20-40 cm) nei tre trattamenti (conversione ad alto fusto, evoluzione naturale).

La tessitura è di tipo franco o franco-sabbioso in entrambe le aree corrispondenti ai trattamenti a confronto. Nell'area corrispondente al trattamento "conversione ad alto fusto" i valori di pH, capacità di scambio cationico e somma i basi in tutti e tre gli orizzonti sono risultati molto più eterogenei rispetto alle aree in cui ricade il trattamento "evoluzione naturale". Il contenuto di C organico e di N totale non hanno mostrato differenze rilevanti tra i due trattamenti a confronto. Nello strato 0-10 cm, il suolo è risultato sovrassaturo di C organico.

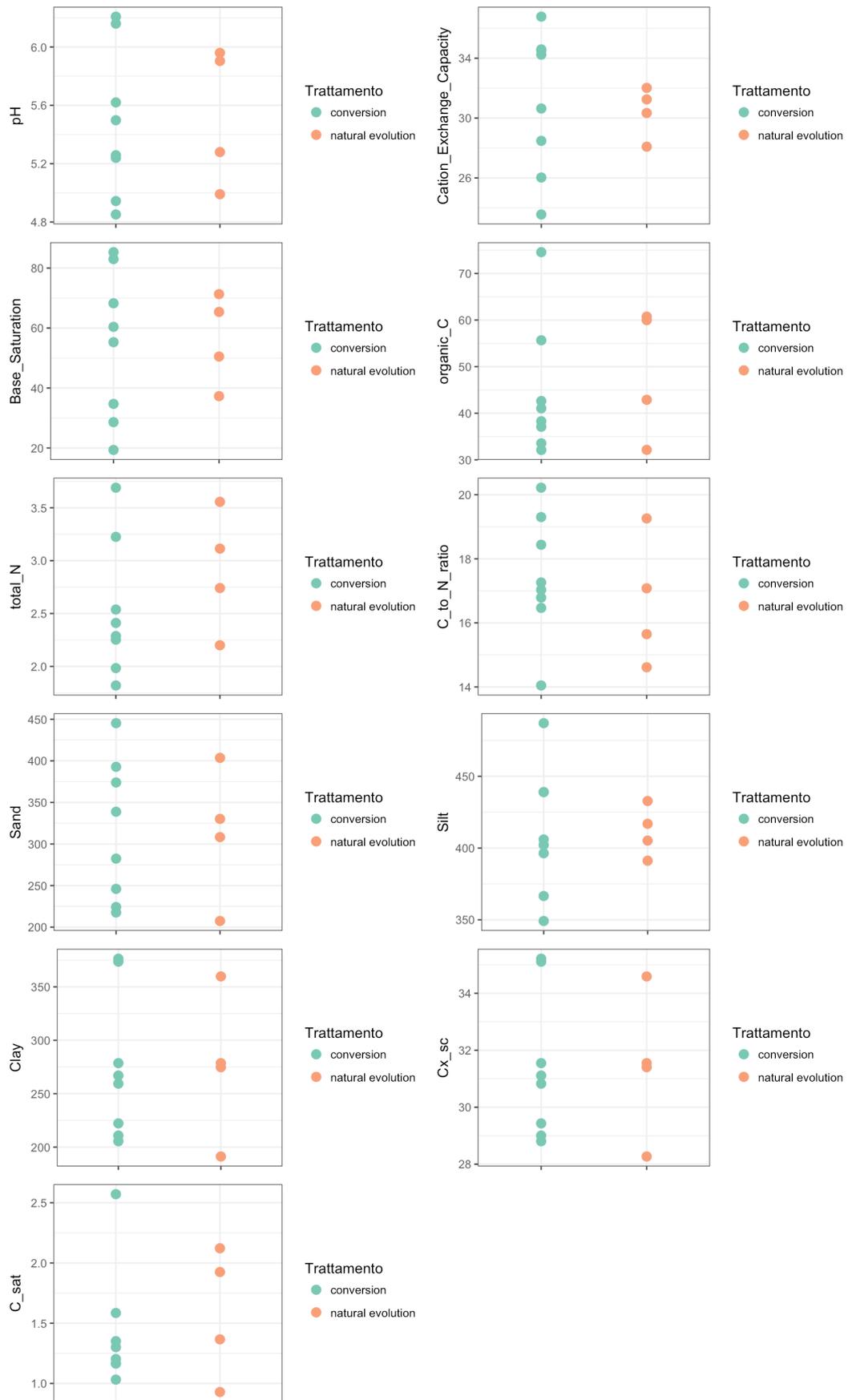


Fig. 6.29 – Distribuzione delle caratteristiche chimico-fisiche dei suoli nei due trattamenti. Orizzonte 0-10 cm.

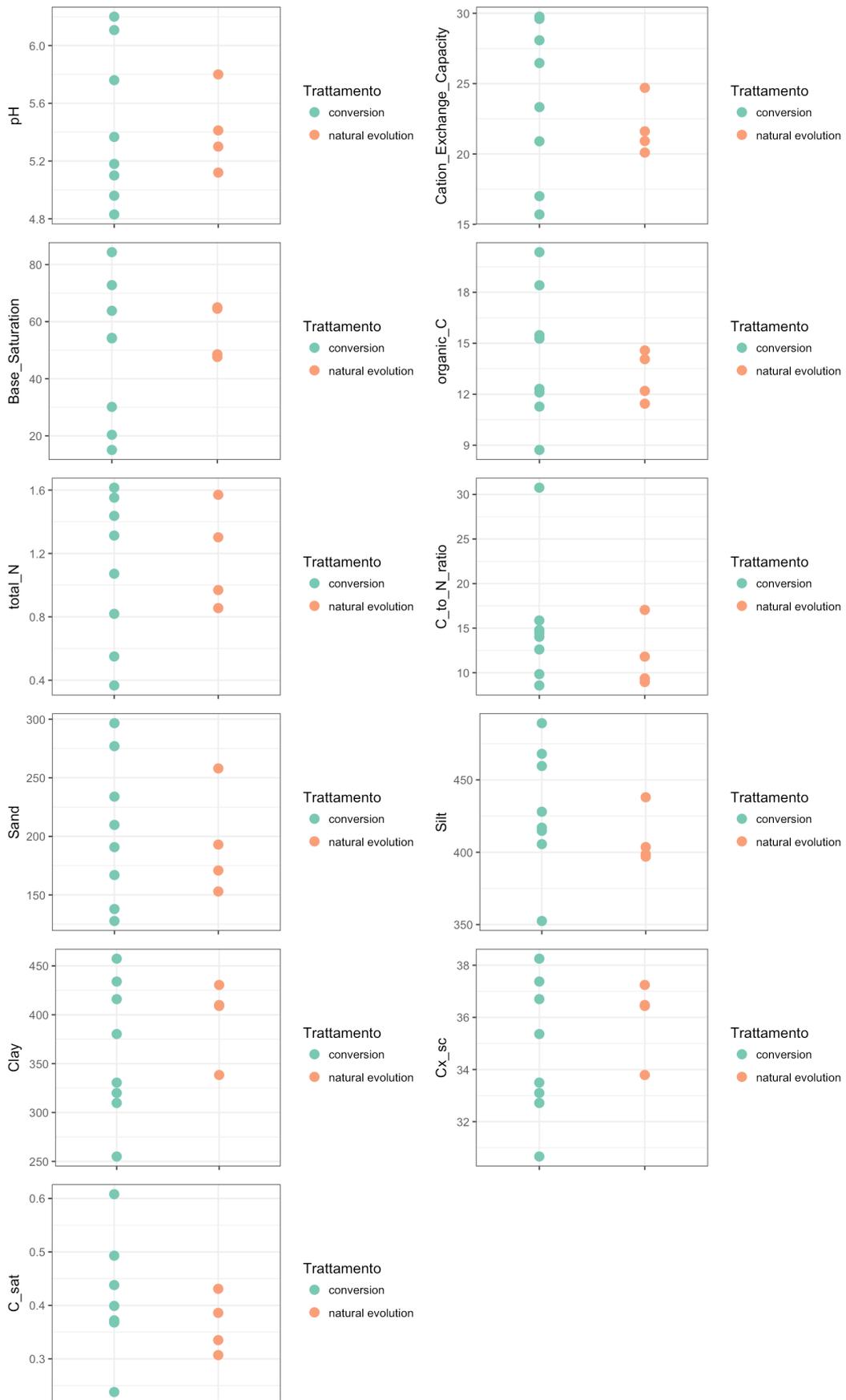


Fig. 6.30 – Distribuzione delle caratteristiche chimico-fisiche dei suoli nei due trattamenti. Orizzonte 10-20 cm.

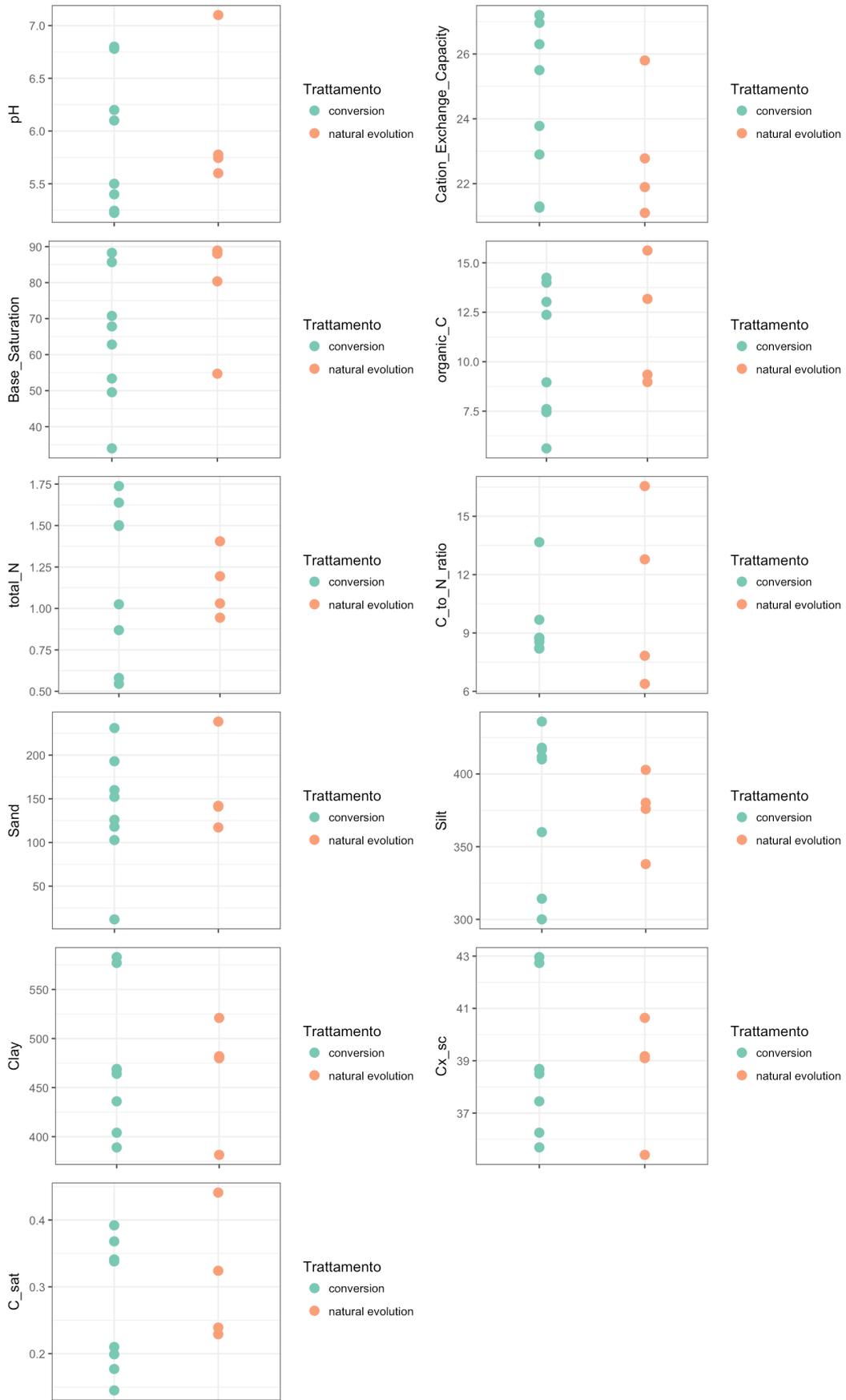


Fig. 6.31 – Distribuzione delle caratteristiche chimico-fisiche dei suoli nei due trattamenti. Orizzonte 20-40 cm.

## 6.1.4.2 Serie storiche degli indicatori tradizionali

### Condizione della chioma degli alberi

La Figura 6.32 riporta la serie storica dei dati stimati di defogliazione per il sito di Caselli. I valori risultano tendenzialmente in diminuzione nel tempo e sono compresi tra 13 e 23%, relativi rispettivamente agli anni 2010 e 1999. Il valore medio stimato della serie storica (17,5%) è superiore a quello misurato nel 2016 (12%).

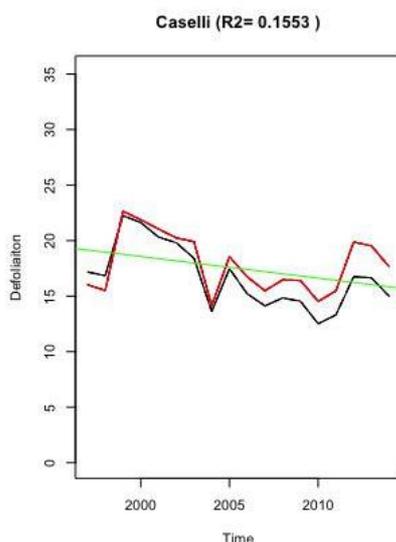


Fig. 6.32 – Serie storica dei dati stimati di defogliazione. Ogni linea di colore diverso rappresenta un diverso trattamento selvicolturale. La linea di tendenza è indicata con il colore verde.

La Figura 6.33 riporta la serie storica dei dati stimati di danni forestali (numero di danni, numero di parti danneggiate) di Caselli. Il numero di danni è compreso tra 0,46 e 1,31, relativi rispettivamente agli anni 2014 e 2006. Il numero di parti affette è compreso tra 0,41 e 1,23, relativi rispettivamente agli anni 2014 e 2006.

I valori di entrambi gli indicatori mostrano una tendenziale diminuzione nel tempo.

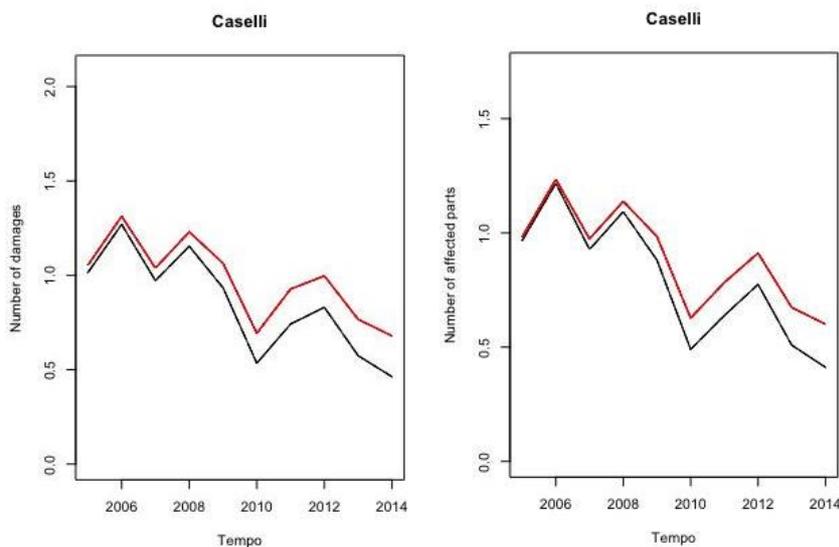


Fig. 6.33 – Serie storica dei danni forestali stimati (N danni, N parti danneggiate). Ogni linea di colore diverso rappresenta un diverso trattamento selvicolturale.

## Deposizioni

La Figura 6.34 riporta la serie storica dei dati di deposizione (azoto ossidato e ridotto e ossidi di zolfo) per il sito di Caselli. Le deposizioni di azoto ossidato sono comprese tra 183 e 694 mg(N)/m<sup>2</sup>, relativi rispettivamente agli anni 2000 e 1997. Le deposizioni di azoto ridotto sono comprese tra 439 e 606 mg(N)/m<sup>2</sup>, relativi rispettivamente agli anni 2007 e 2002. Le deposizioni di ossidi di zolfo sono comprese tra 431 e 872 mg(S)/m<sup>2</sup>, relativi rispettivamente agli anni 2013 e 1997. Azoto ossidato e ossidi di zolfo sono in tendenziale diminuzione nel tempo.

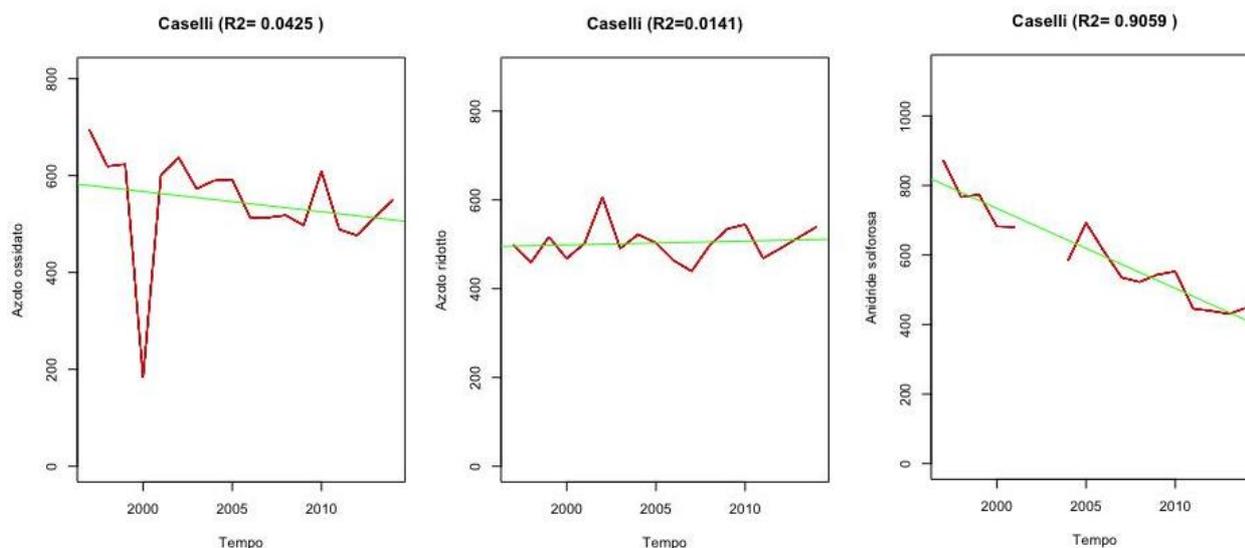


Fig. 6.34 – Serie storica dei dati di deposizione (azoto ossidato e ridotto e ossidi di zolfo). Ogni linea di colore diverso rappresenta un diverso trattamento selvicolturale. La linea di tendenza è indicata con il colore verde.

## 6.1.5 Eremo della Casella

### 6.1.5.1 Stato degli indicatori tradizionali nei diversi trattamenti

#### Condizione della chioma degli alberi

La Tabella 6.10 riporta le statistiche descrittive relative alla condizione delle chiome degli alberi rilevata nel sito di Eremo della Casella (faggio). Il 21,7% delle piante valutate (n=23) ha presentato valori di defogliazione superiori al 25% (valore di riferimento per il 2016 a scala europea = 25,2%; in: Timmerman et al. 2017). La defogliazione media (23%) è risultata pressochè uguale a quella riscontrata nel 2016 a livello europeo su faggio (22,7%; Timmerman et al. 2017). I valori medi di defogliazione percentuale (23%) sono però superiori a quelli riscontrati considerando l'intero dataset di progetto (15%).

Tab. 6.10 – Statistiche descrittive degli indicatori tradizionali per l'intero dataset del sito di Eremo della Casella.

	Trasparenza	Defogliazione	N danni	N parti danneggiate	Mediana danni
min	15,00	10,00	0,00	0,00	0,00
1° quartile	25,00	17,50	1,00	1,00	5,00
mediana	30,00	20,00	2,000	2,00	5,00
media	31,74	23,04	1,61	1,61	4,96
3° quartile	35,00	25,00	2,00	2,00	5,00
max	55,00	45,00	3,00	3,00	12,00

La Figura 6.35 riporta la distribuzione dei valori di trasparenza e defogliazione nel sito di Eremo della Casella. Per entrambi gli indicatori non sono state osservate differenze significative tra i due trattamenti (conversione ad alto fusto e taglio di sementazione; Tab. 6.2,  $p > 0,05$ ). In entrambi i trattamenti gli indicatori mostrano una variabilità piuttosto contenuta.

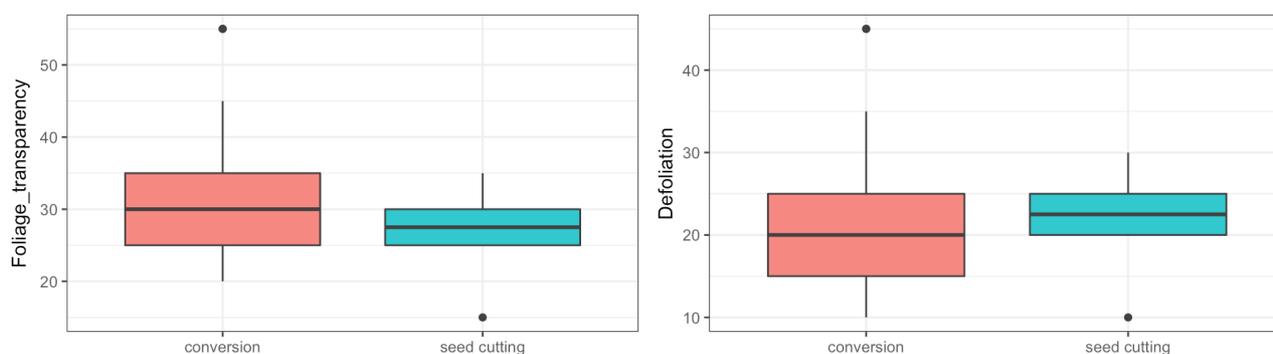


Fig. 6.35 – Distribuzione dei valori di trasparenza e defogliazione nei due trattamenti. Boxplot: mediana, intervallo interquartile, range 1,5 intervallo interquartile, outliers. Test ANOVA:  $p > 0,05$  per entrambi gli indicatori.

La Figura 6.36 riporta la distribuzione dei danni forestali nei due trattamenti (conversione ad alto fusto e taglio di sementazione). I risultati dell'ANOVA mostrano una differenza significativa tra i diversi trattamenti (Tab. 6.4,  $p < 0,05$ ) solo per il numero di danni, con valori più elevati nei boschi in conversione.

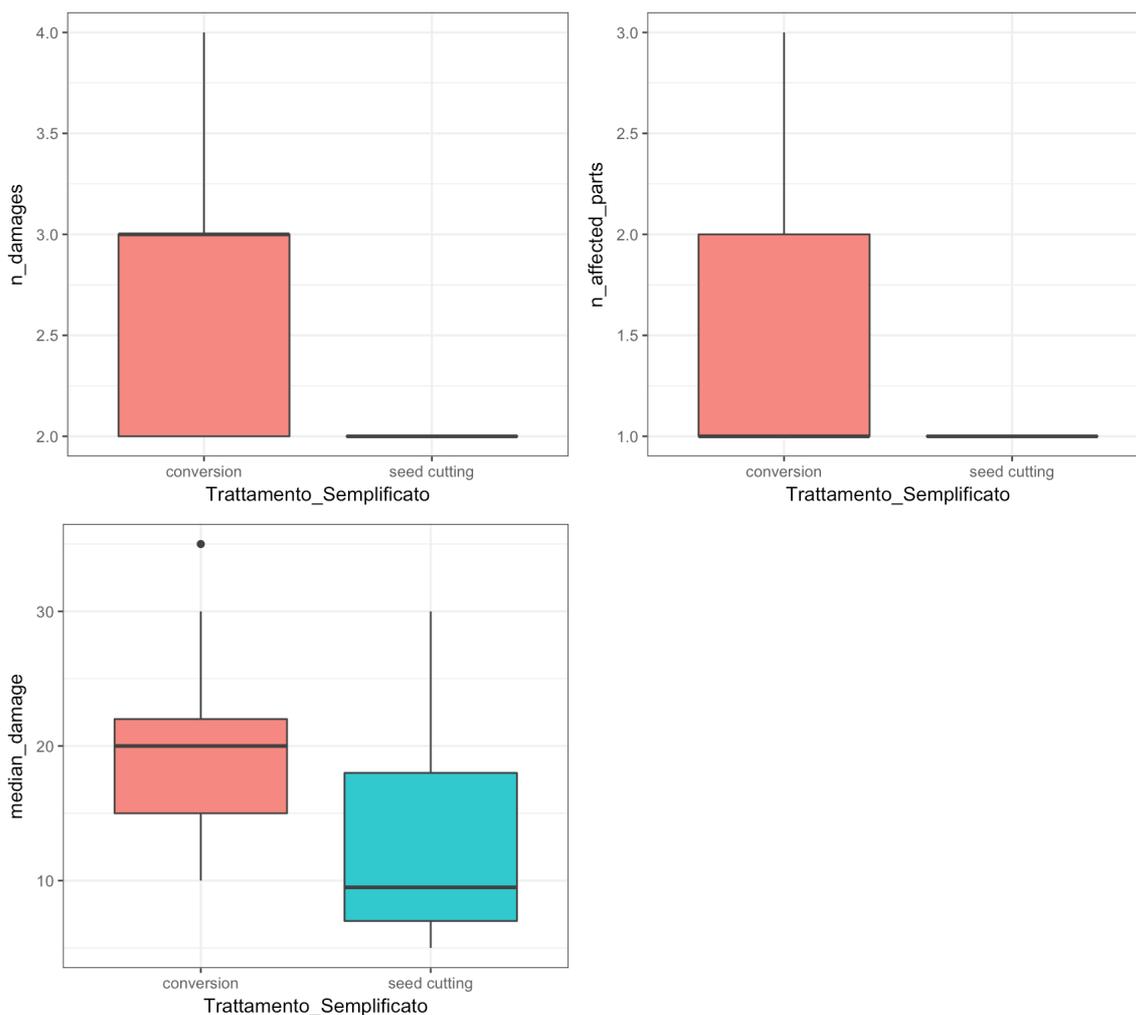


Fig. 6.36 – Distribuzione dei valori dei danni forestali ( $N$  danni,  $N$  parti danneggiate, mediana danni) nei due trattamenti. Boxplot: mediana, intervallo interquartile, range 1,5 intervallo interquartile, outliers. Test ANOVA:  $N$  danni,  $p < 0,05$ ;  $N$  parti danneggiate e mediana danni,  $p > 0,05$ .

#### Condizione del suolo

Le Figg. 6.37 – 6.39 mostrano i valori dei diversi indicatori delle caratteristiche chimico-fisiche del suolo misurati in corrispondenza dei tre orizzonti del suolo (0-10 cm, 10-20 cm, 20-40 cm) nei due trattamenti (conversione ad alto fusto e ceduo matricinato).

Le due aree corrispondenti ai due trattamenti a confronto sono risultate simili da un punto di vista della tessitura e di tutti gli altri indicatori considerati. Mediamente il pH è risultato acido e la tessitura franco-sabbiosa. I valori di capacità di scambio cationico e contenuto di C e N indicano un suolo di medio-buona fertilità.

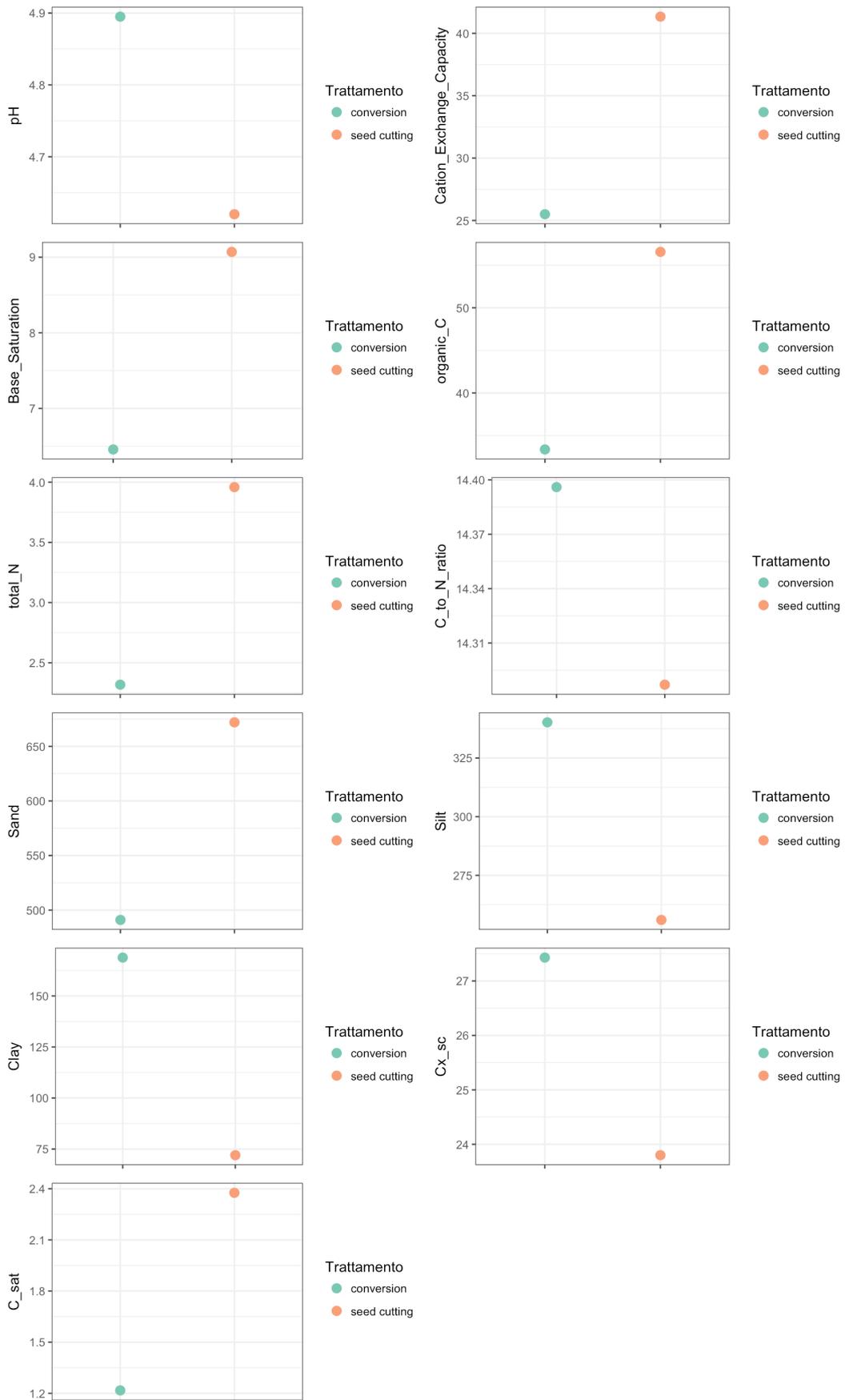


Fig. 6.37 – Distribuzione delle caratteristiche chimico-fisiche dei suoli nei due trattamenti. Orizzonte 0-10 cm.

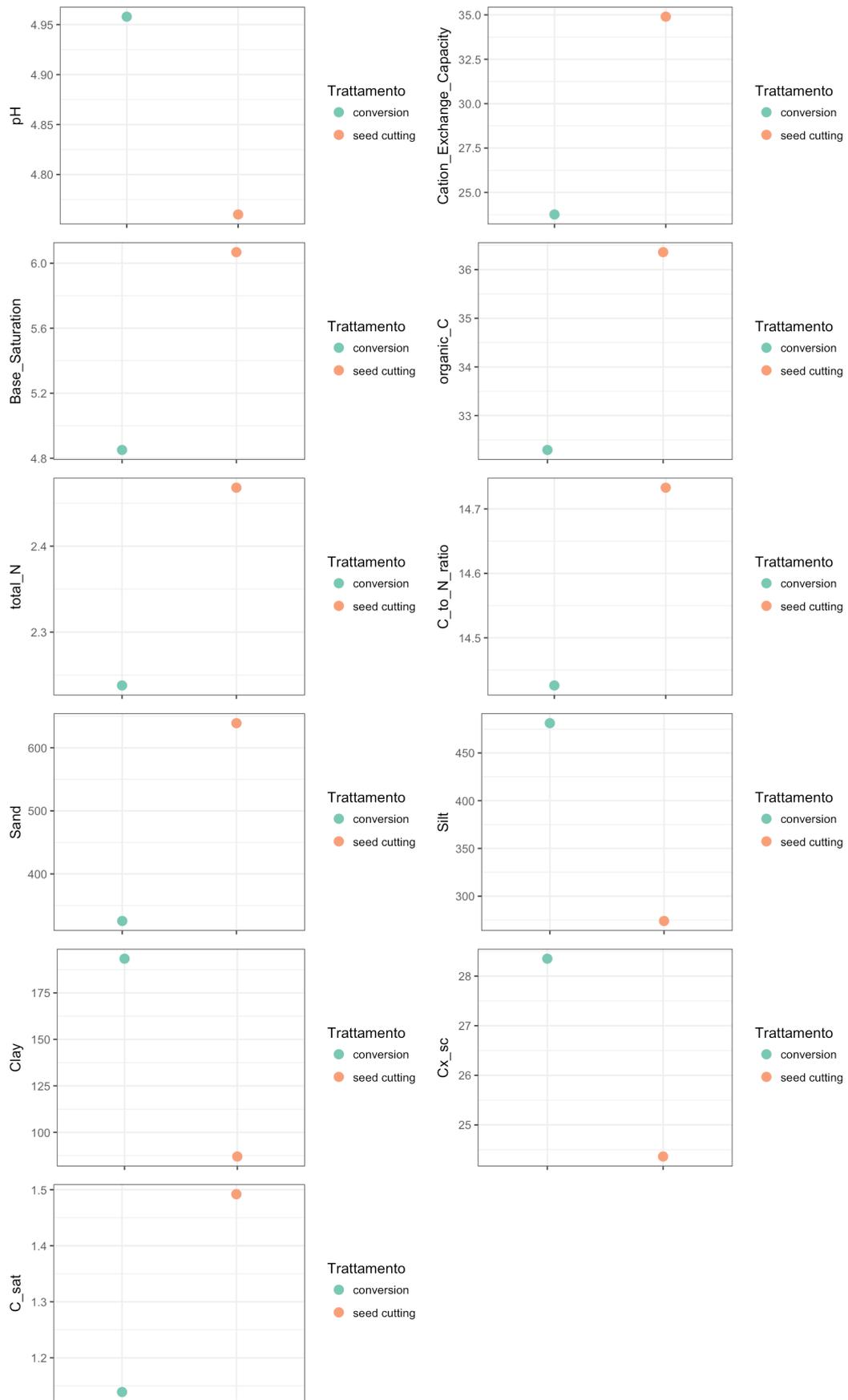


Fig. 6.38 – Distribuzione delle caratteristiche chimico-fisiche dei suoli nei due trattamenti. Orizzonte 10-20 cm.

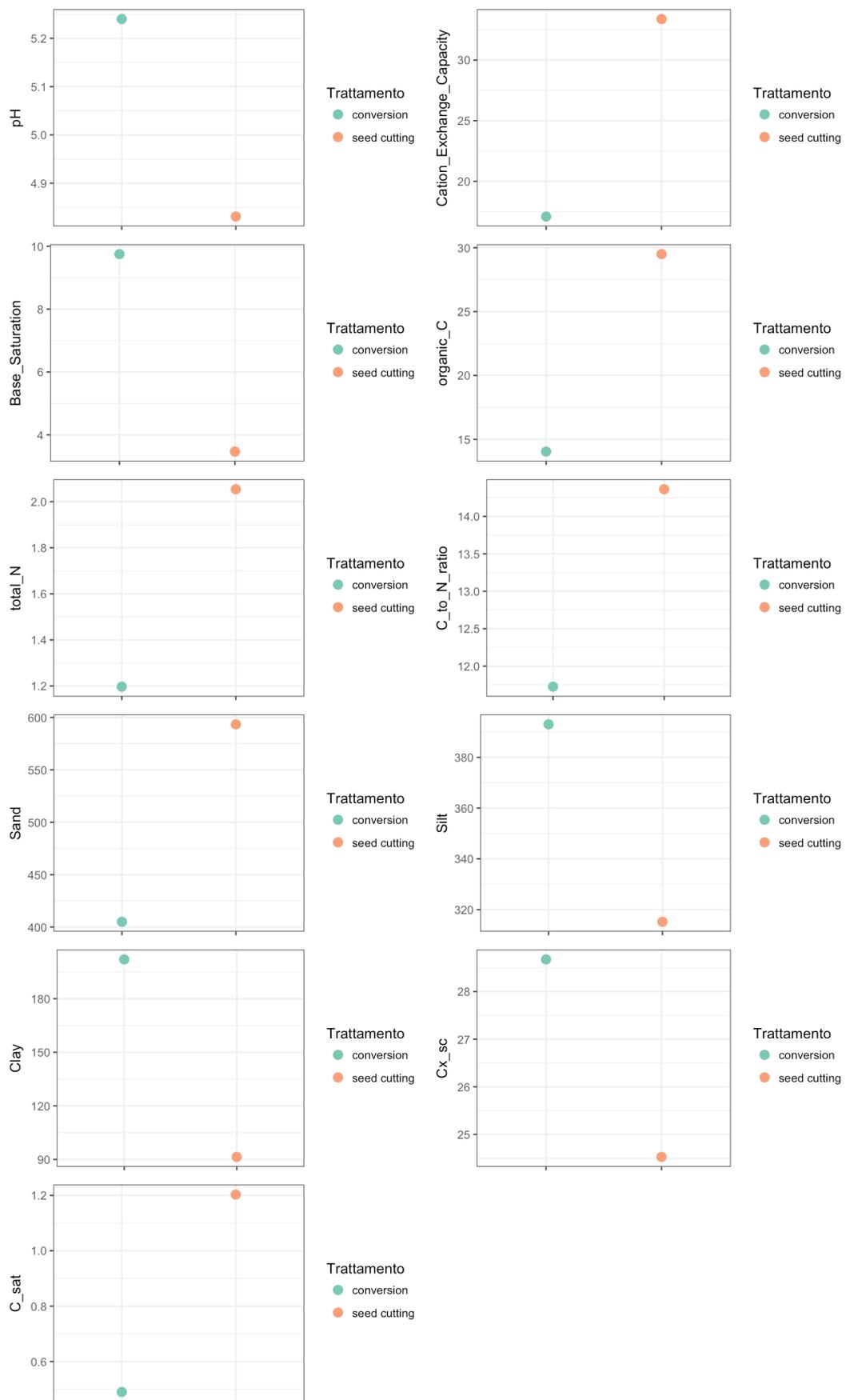


Fig. 6.39 – Distribuzione delle caratteristiche chimico-fisiche dei suoli nei due trattamenti. Orizzonte 20-40 cm.

### 6.1.5.2 Serie storiche degli indicatori tradizionali

#### Condizione della chioma degli alberi

La Figura 6.40 riporta la serie storica dei dati stimati di defogliazione per il sito di Eremo della Casella. I valori risultano leggermente in diminuzione nel tempo e sono compresi tra 20 e 27%, relativi rispettivamente agli anni 1998 e 2003. Il valore medio stimato della serie storica (23,8%) è pressocchè pari a quello misurato nel 2016 (23%).

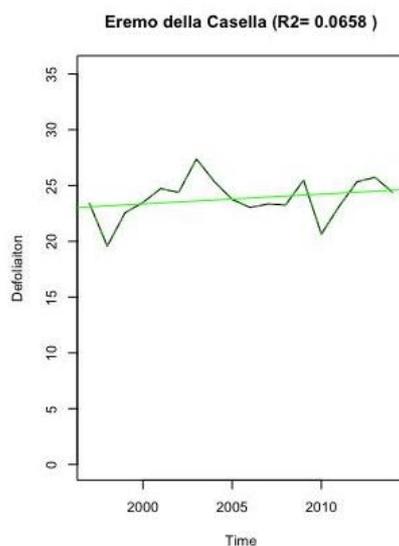


Fig. 6.40 – Serie storica dei dati stimati di defogliazione. Ogni linea di colore diverso rappresenta un diverso trattamento selvicolturale. La linea di tendenza è indicata con il colore verde.

La Figura 6.41 riporta la serie storica dei dati stimati di danni forestali (numero di danni, numero di parti danneggiate) di Eremo della Casella. Il numero di danni è compreso tra 1,44 e 1,75, relativi rispettivamente agli anni 2007-2009 e 2014. Il numero di parti affette è compreso tra 1,24 e 1,51, relativi rispettivamente agli anni 2009 e 2014.

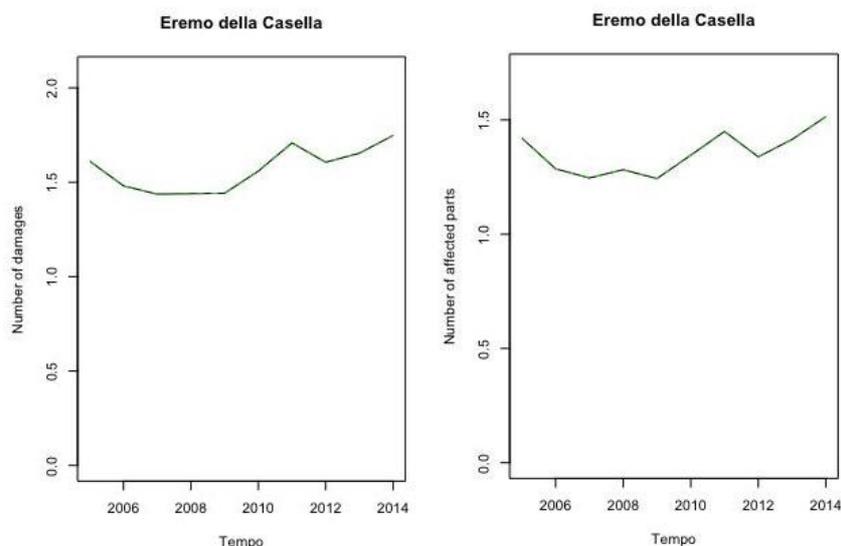


Fig. 6.41 – Serie storica dei danni forestali stimati (N danni, N parti danneggiate). Ogni linea di colore diverso rappresenta un diverso trattamento selvicolturale.

## Deposizioni

La Figura 6.42 riporta la serie storica dei dati stimati di deposizione (azoto ossidato e ridotto e ossidi di zolfo) per il sito di Eremo della Casella. Le deposizioni di azoto ossidato sono comprese tra 196 e 804 mg(N)/m<sup>2</sup>, relativi rispettivamente agli anni 2000 e 1997. Le deposizioni di azoto ridotto sono comprese tra 582 e 858 mg(N)/m<sup>2</sup>, relativi rispettivamente agli anni 2011 e 2002. Le deposizioni di ossidi di zolfo sono comprese tra 357 e 1111 mg(S)/m<sup>2</sup>, relativi rispettivamente agli anni 2014 e 1997. Tutte e tre le serie storiche di valori di deposizione risultano tendenzialmente in diminuzione.

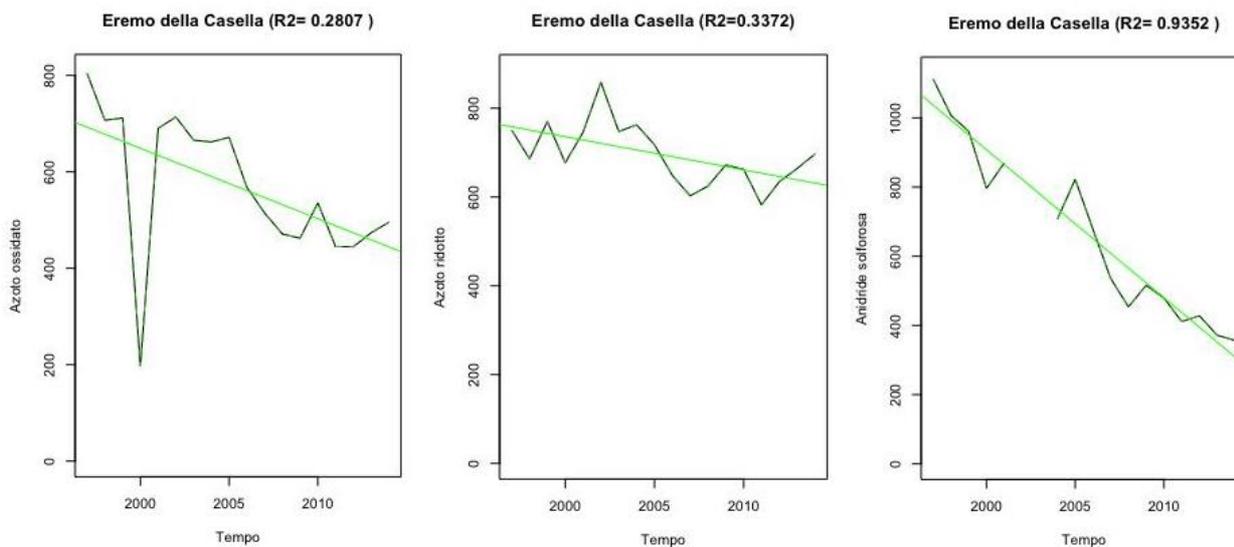


Fig. 6.42 – Serie storica dei dati stimati di deposizione (azoto ossidato e ridotto e ossidi di zolfo). Ogni linea di colore diverso rappresenta un diverso trattamento selvicolturale. La linea di tendenza è indicata con il colore verde.

## 6.1.6 Is Cannoneris

### 6.1.6.1 Stato degli indicatori tradizionali nei diversi trattamenti

#### Condizione della chioma degli alberi

La Tabella 6.11 riporta le statistiche descrittive relative alla condizione delle chiome degli alberi rilevata nel sito di Is Cannoneris (leccio). Qui solo l'8,2% delle piante valutate (n=340) ha presentato valori di defogliazione superiori al 25% (valore di riferimento per il 2016 a scala europea = 25,2%; in: Timmerman et al. 2017). La defogliazione media (14,4%) è risultata decisamente inferiore rispetto a quella riscontrata nel 2016 a livello europeo su querce sempreverdi (25,0%; Timmerman et al. 2017). Tutti gli indicatori di stato di salute delle chiome hanno mostrato valori inferiori alla media di riferimento dell'intero dataset di progetto.

Tab. 6.11 – Statistiche descrittive degli indicatori tradizionali per l'intero dataset del sito di Is Cannoneris.

	Trasparenza	Defogliazione	N danni	N parti danneggiate	Mediana danni
min	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1° quartile	8,75	8,75	0,00	0,00	0,00
mediana	10,00	10,00	0,00	0,00	0,00
media	14,44	14,44	0,47	0,45	2,63
3° quartile	20,00	20,00	1,00	1,00	0,00
max	75,00	75,00	4,00	4,00	80,00

La Figura 6.43 riporta la distribuzione dei valori di trasparenza e defogliazione nel sito di Is Cannoneris. Nonostante i valori di entrambi gli indicatori siano piuttosto bassi e con una variabilità piuttosto contenuta, si assiste ad una differenza significativa ( $p < 0,05$ ; Tab. 6.2) tra i due trattamenti, con valori più alti nei cedui in conversione ad alto fusto rispetto a quelli in evoluzione naturale.

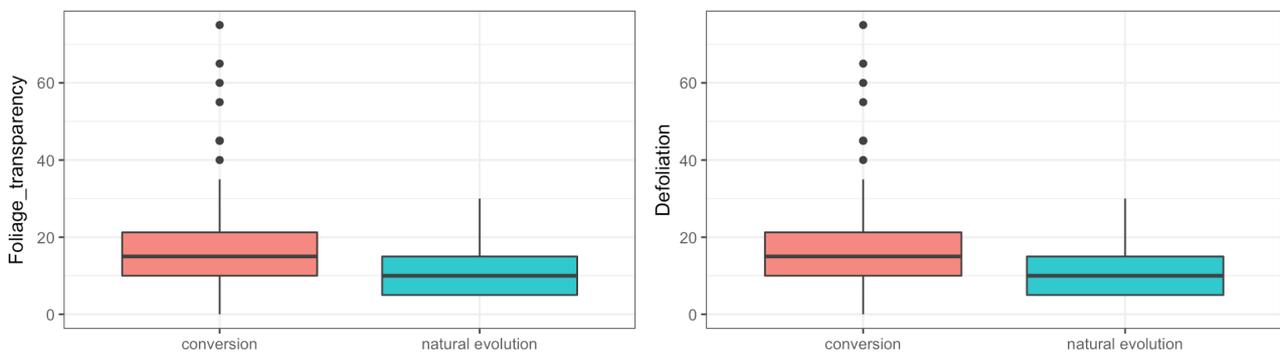


Fig. 6.43 – Distribuzione dei valori di trasparenza e defogliazione nei due trattamenti. Boxplot: mediana, intervallo interquartile, range 1,5 intervallo interquartile, outliers. Test ANOVA:  $p < 0,05$  per entrambi gli indicatori.

La Figura 6.44 riporta la distribuzione dei danni forestali nei due trattamenti (conversione ad alto fusto ed evoluzione naturale). I risultati dell'ANOVA mostrano una differenza significativa tra i due diversi trattamenti (Tab. 6.4,  $p < 0,05$ ) per i tre indicatori (numero danni, numero di parti danneggiate, mediana dei danni), con valori più elevati nei boschi in conversione ad alto fusto.

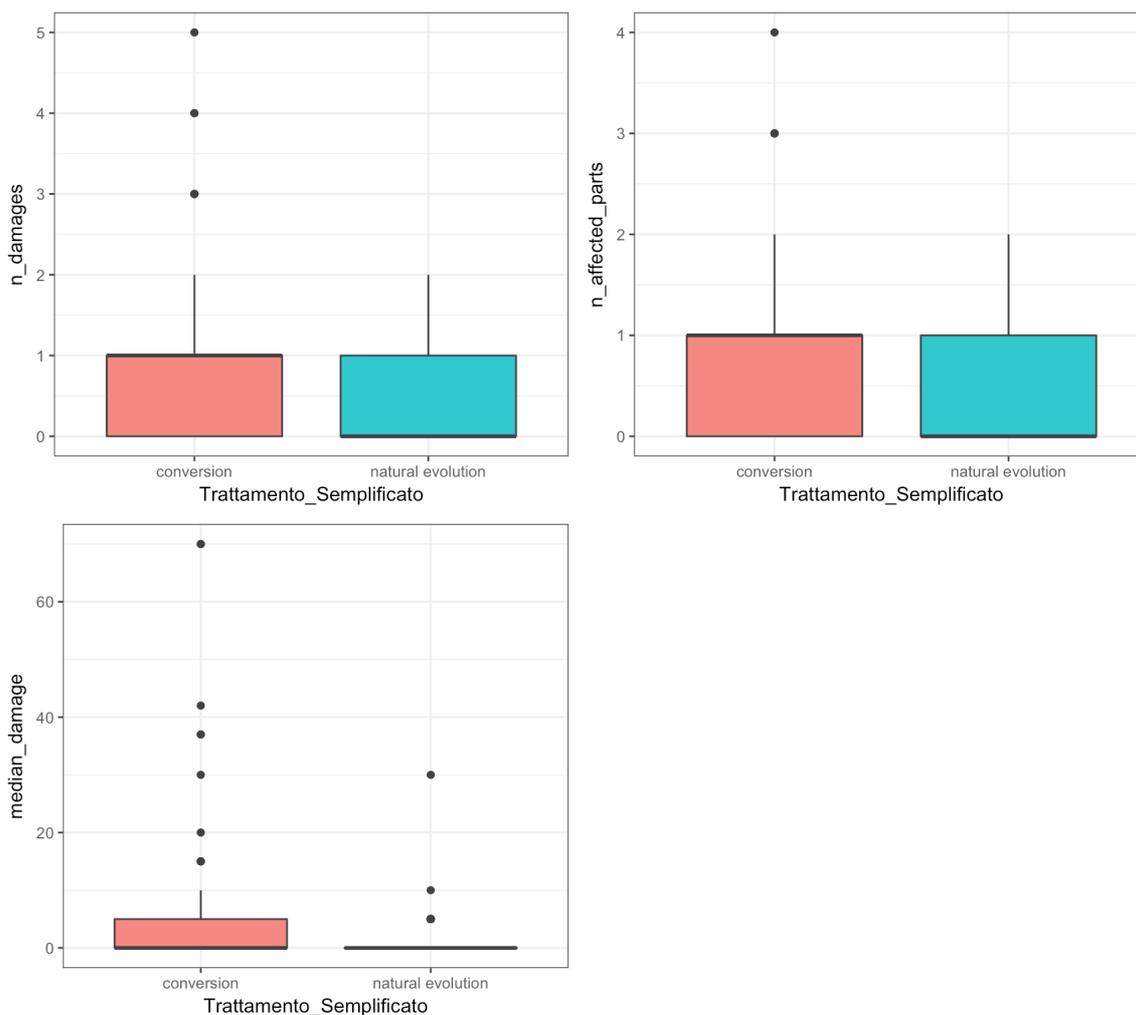


Fig. 6.44 – Distribuzione dei valori dei danni forestali (N danni, N parti danneggiate, mediana danni) nei due trattamenti. Boxplot: mediana, intervallo interquartile, range 1,5 intervallo interquartile, outliers. Test ANOVA:  $p < 0,05$  per i tre indicatori.

#### Condizione del suolo

Le Figg. 6.45 – 6.47 mostrano i valori delle caratteristiche chimico-fisiche del suolo misurati in corrispondenza dei tre orizzonti del suolo (0-10 cm, 10-20 cm, 20-40 cm) nei due trattamenti (conversione ad alto fusto, evoluzione naturale).

La tessitura è di tipo franco o franco-sabbioso e il pH è acido o sub-acido in entrambe le aree corrispondenti ai trattamenti a confronto. I due trattamenti non hanno differito in misura rilevante per contenuto di C organico e di N totale. Nello strato 0-10 cm, il suolo è risultato sovrassaturo di C organico.

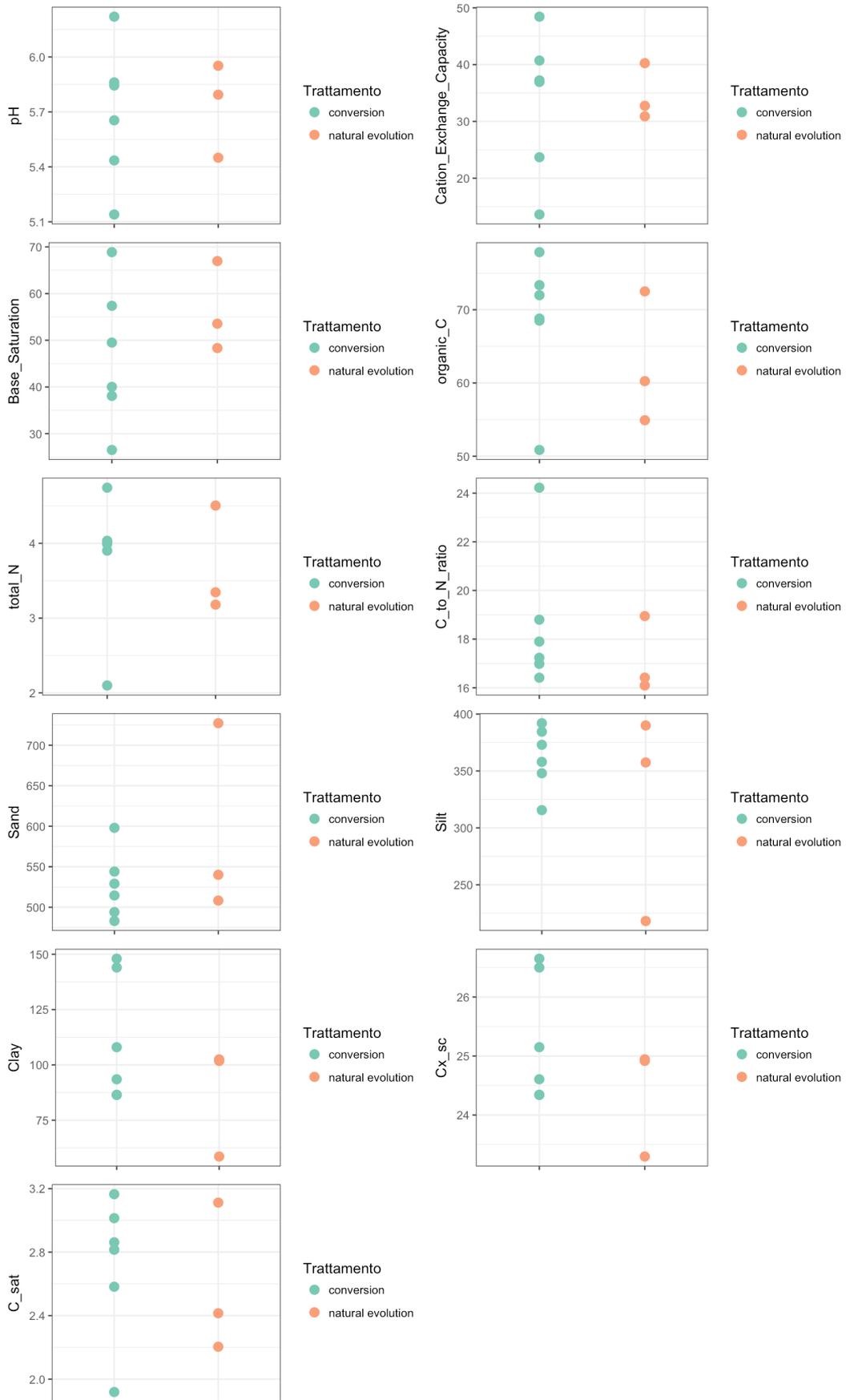


Fig. 6.45 – Distribuzione delle caratteristiche chimico-fisiche dei suoli nei due trattamenti. Orizzonte 0-10 cm.

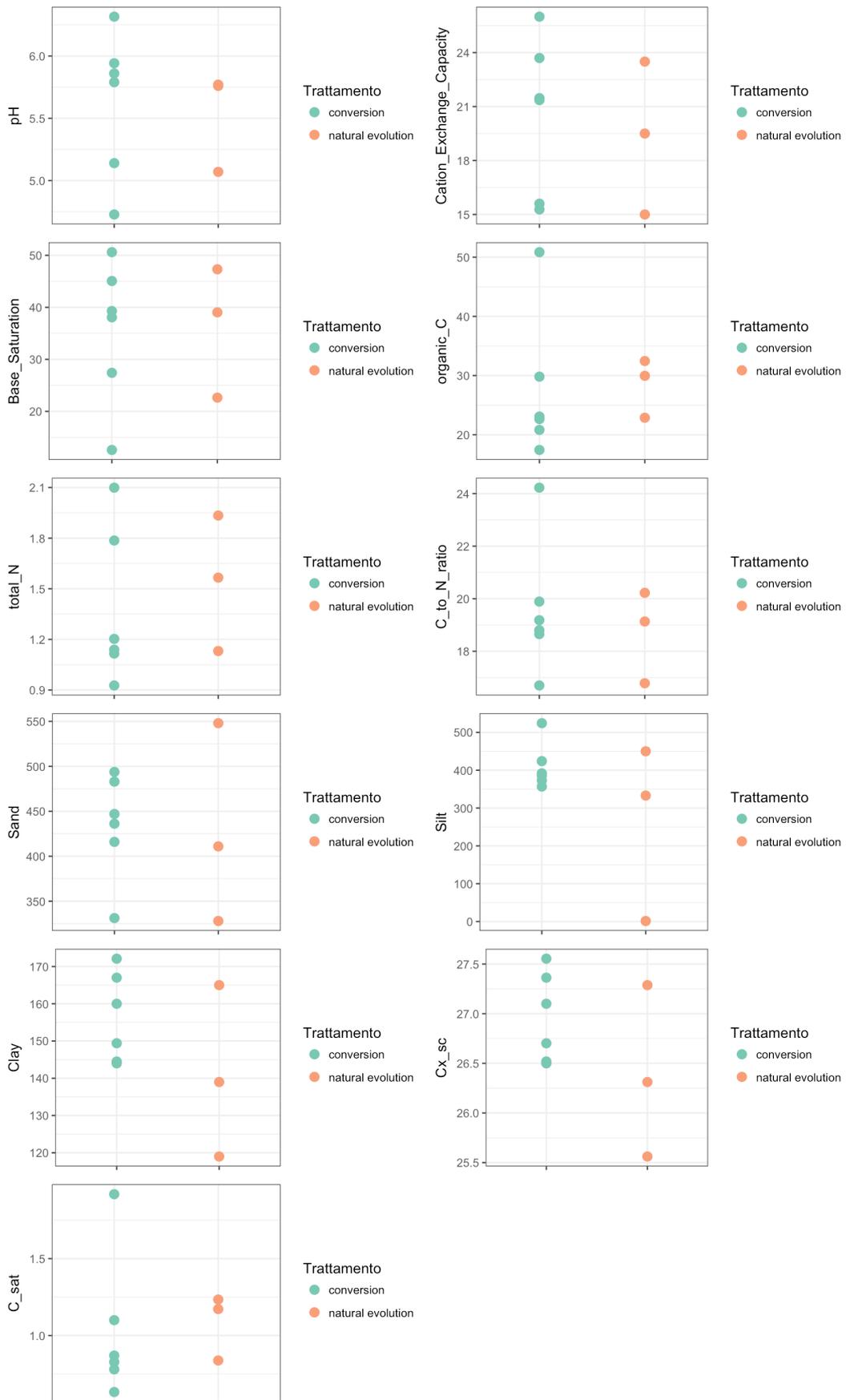


Fig. 6.46 – Distribuzione delle caratteristiche chimico-fisiche dei suoli nei due trattamenti. Orizzonte 10-20 cm.

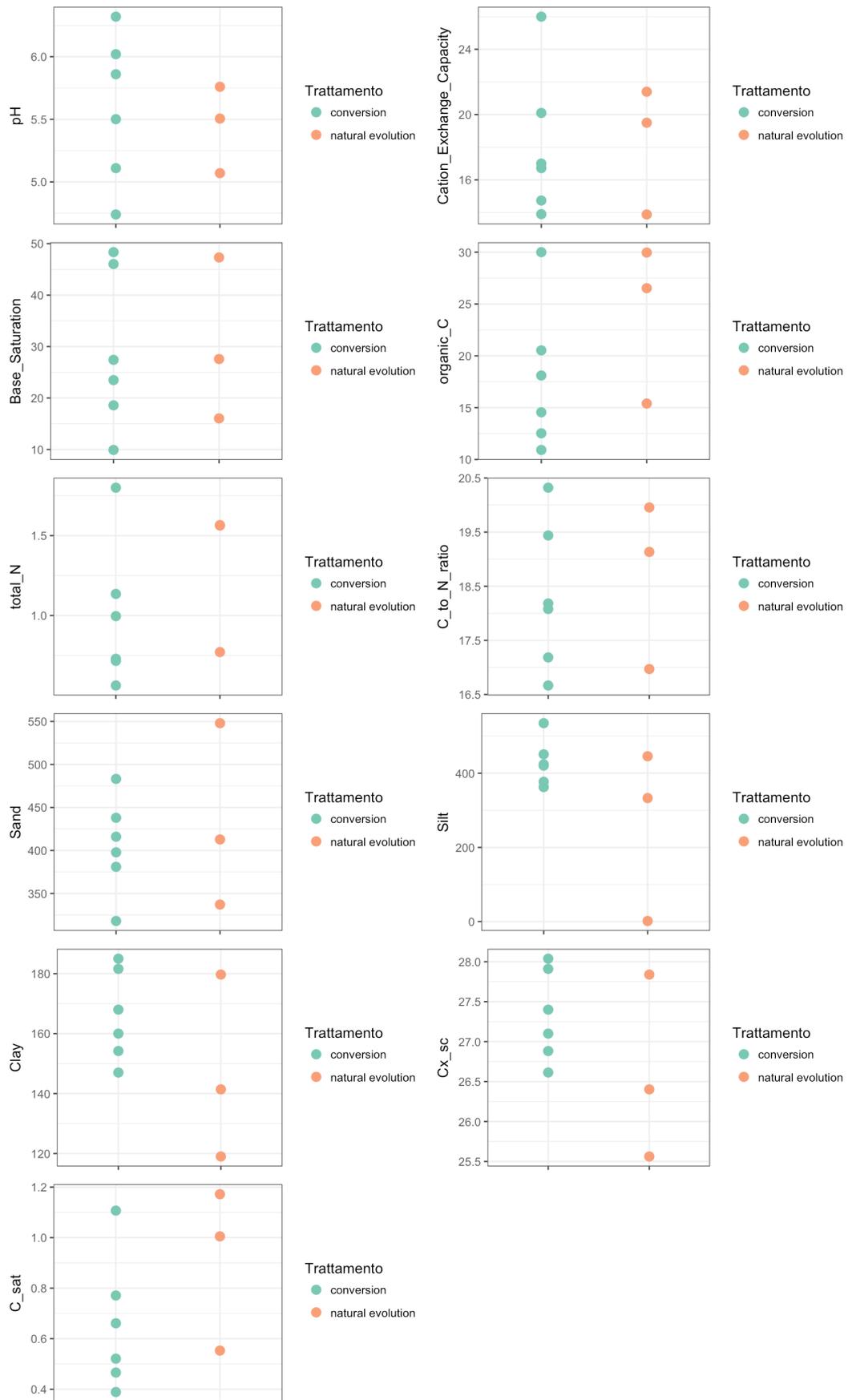


Fig. 6.47 – Distribuzione delle caratteristiche chimico-fisiche dei suoli nei due trattamenti. Orizzonte 20-40 cm.

## 6.1.6.2 Serie storiche degli indicatori tradizionali

### Condizione della chioma degli alberi

La Figura 6.48 riporta la serie storica dei dati stimati di defogliazione per il sito di Is Cannoneris. I valori sono compresi tra 10 e 30%, relativi rispettivamente agli anni 1997-1998 e 2002. Il valore medio stimato di defogliazione della serie storica è risultato pari a 22,5%, decisamente superiore a quello misurato nel 2016 (14,4%). La tendenza appare in chiaro aumento.

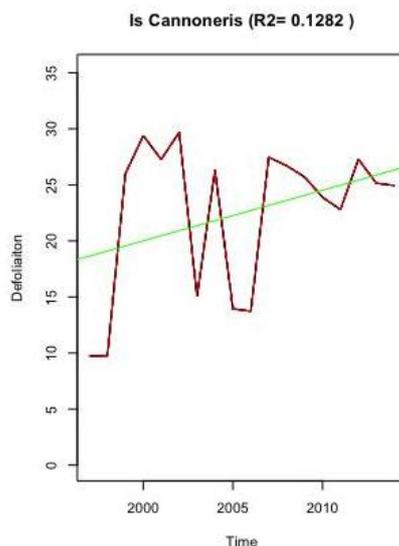


Fig. 6.48 – Serie storica dei dati stimati di defogliazione. Ogni linea di colore diverso rappresenta un diverso trattamento selvicolturale. La linea di tendenza è indicata con il colore verde.

La Figura 6.49 riporta la serie storica dei dati stimati di danni forestali (numero di danni, numero di parti danneggiate) di Is Cannoneris. Il numero di danni è compreso tra 1,40 e 1,72, relativi rispettivamente agli anni 2010 e 2013. Il numero di parti affette è compreso tra 1,22 e 1,39, relativi rispettivamente agli anni 2010 e 2013. Anche per i danni, i valori stimati per la serie storica sono superiori a quelli misurati nel 2016.

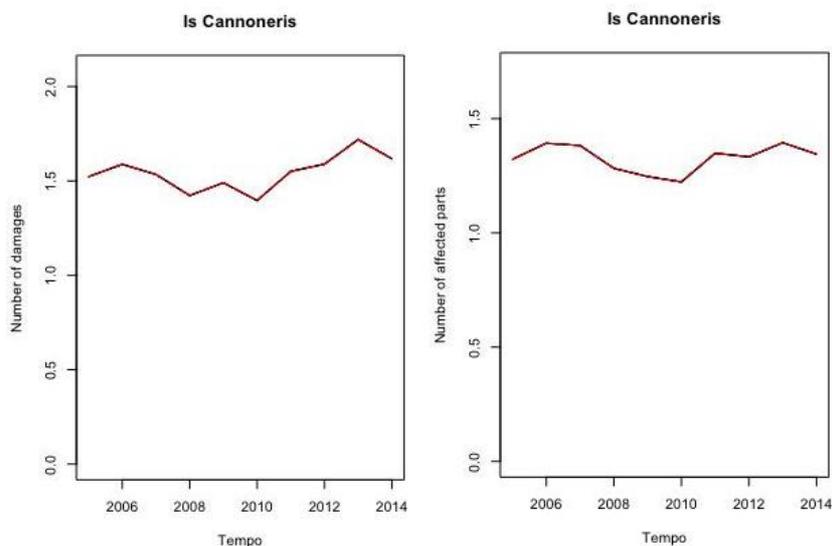


Fig. 6.49 – Serie storica dei danni forestali stimati (N danni, N parti danneggiate). Ogni linea di colore diverso rappresenta un diverso trattamento selvicolturale.

## Deposizioni

La Figura 6.50 riporta la serie storica dei dati stimati di deposizione (azoto ossidato e ridotto e ossidi di zolfo) per il sito di Is Cannoneris. Le deposizioni di azoto ossidato sono comprese tra 121 e 513 mg(N)/m<sup>2</sup>, relativi rispettivamente agli anni 2000 e 1997. Le deposizioni di azoto ridotto sono comprese tra 152 e 271 mg(N)/m<sup>2</sup>, relativi rispettivamente agli anni 2000 e 2007. Le deposizioni di ossidi di zolfo sono comprese tra 287 e 556 mg(S)/m<sup>2</sup>, relativi rispettivamente agli anni 2014 e 1997. Azoto ossidato e ossidi di zolfo mostrano un trend temporale in diminuzione, al contrario dell'azoto ridotto.

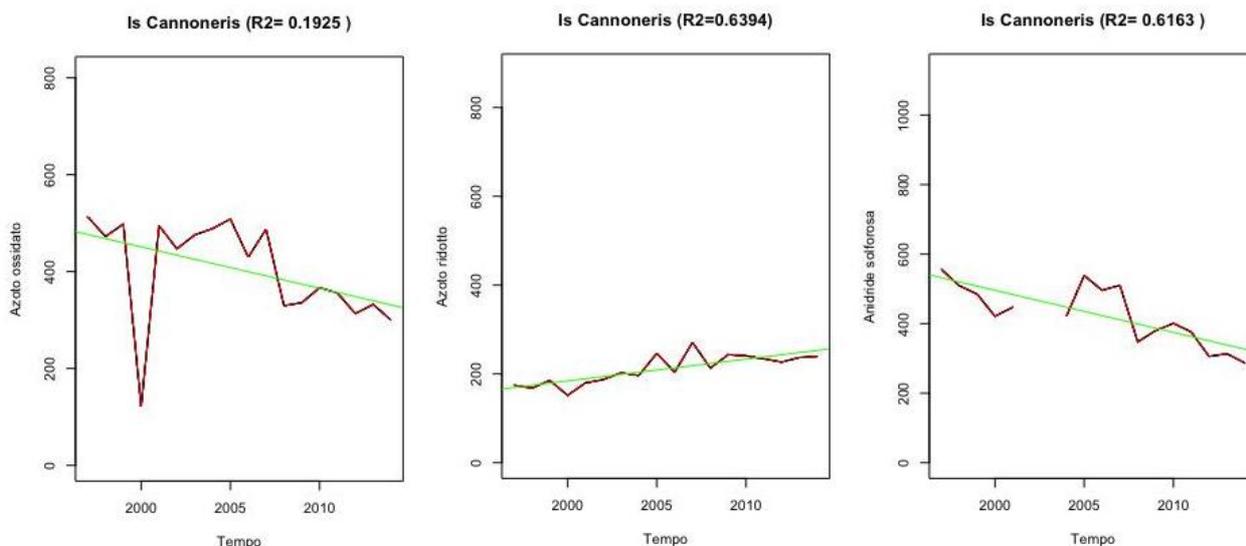


Fig. 6.50 – Serie storica dei dati stimati di deposizione (azoto ossidato e ridotto e ossidi di zolfo). Ogni linea di colore diverso rappresenta un diverso trattamento selvicolturale. La linea di tendenza è indicata con il colore verde.

## 6.1.7 Poggio Piovano

### 6.1.7.1 Stato degli indicatori tradizionali nei diversi trattamenti

#### Condizione della chioma degli alberi

La Tabella 6.12 riporta le statistiche descrittive relative alla condizione delle chiome degli alberi rilevata nel sito di Poggio Piovano (cerro). Solo il 9,1% delle piante valutate (n=132) ha presentato valori di defogliazione superiori al 25% (valore di riferimento per il 2016 a scala europea = 25,2%; in: Timmerman et al. 2017). La defogliazione media (11,7%) è risultata decisamente inferiore rispetto a quella riscontrata nel 2016 a livello europeo su querce decidue (sub-)mediterranee (20,2%; Timmerman et al. 2017). I valori medi di defogliazione percentuale (11,7%) sono risultati leggermente inferiori rispetto a quelli riscontrati considerando l'intero dataset di progetto (15%). Valori inferiori alla media sull'intero dataset sono stati riscontrati anche per gli indicatori riferiti ai danni.

Tab. 6.12 – Statistiche descrittive degli indicatori tradizionali per l'intero dataset del sito di Poggio Pievano.

	Trasparenza	Defogliazione	N danni	N parti danneggiate	Mediana danni
min	0,00	0,00	0,000	0,0000	0,00
1° quartile	10,00	5,00	0,000	0,0000	0,00
mediana	15,00	10,00	1,000	1,0000	5,00
media	17,23	11,67	1,061	0,8258	4,25
3° quartile	25,00	15,00	2,000	1,0000	5,00
max	45,00	40,00	4,000	2,0000	30,00

La Figura 6.51 riporta la distribuzione dei valori di trasparenza e defogliazione nel sito di Poggio Pievano nei tre trattamenti (conversione ad alto fusto, evoluzione naturale e ceduo tradizionale). I risultati dell'ANOVA mostrano una differenza significativa tra i diversi trattamenti (Tab. 6.2,  $p < 0,05$ ) per entrambi gli indicatori, con valori più elevati nei boschi in conversione, seguiti dai boschi in evoluzione naturale e dai cedui tradizionali.

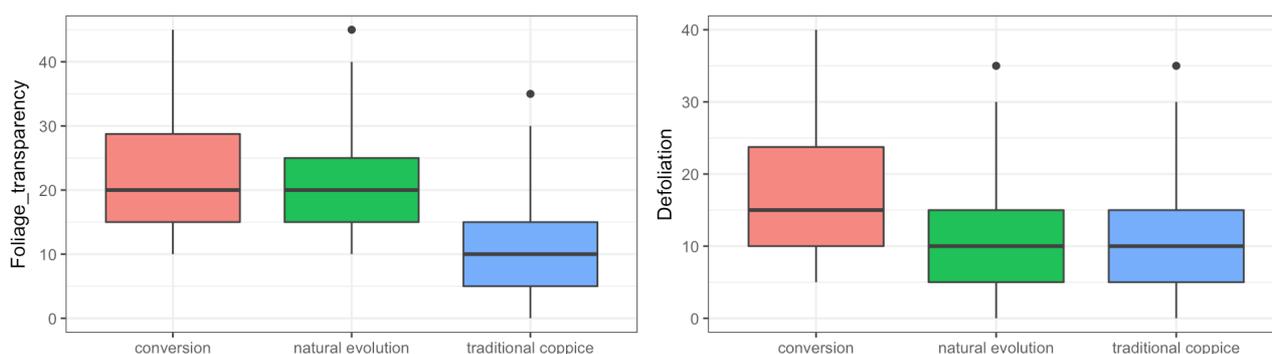


Fig. 6.51 – Distribuzione dei valori di trasparenza e defogliazione nei due trattamenti. Boxplot: mediana, intervallo interquartile, range, 1,5 intervallo interquartile, outliers. Test ANOVA:  $p < 0,05$  per entrambi gli indicatori.

La Figura 6.52 riporta la distribuzione dei danni forestali nei tre trattamenti (conversione ad alto fusto, evoluzione naturale e ceduo tradizionale). I risultati dell'ANOVA mostrano una differenza significativa tra i diversi trattamenti (Tab. 6.4,  $p < 0,05$ ) solo per l'indicatore 'numero di danni'.

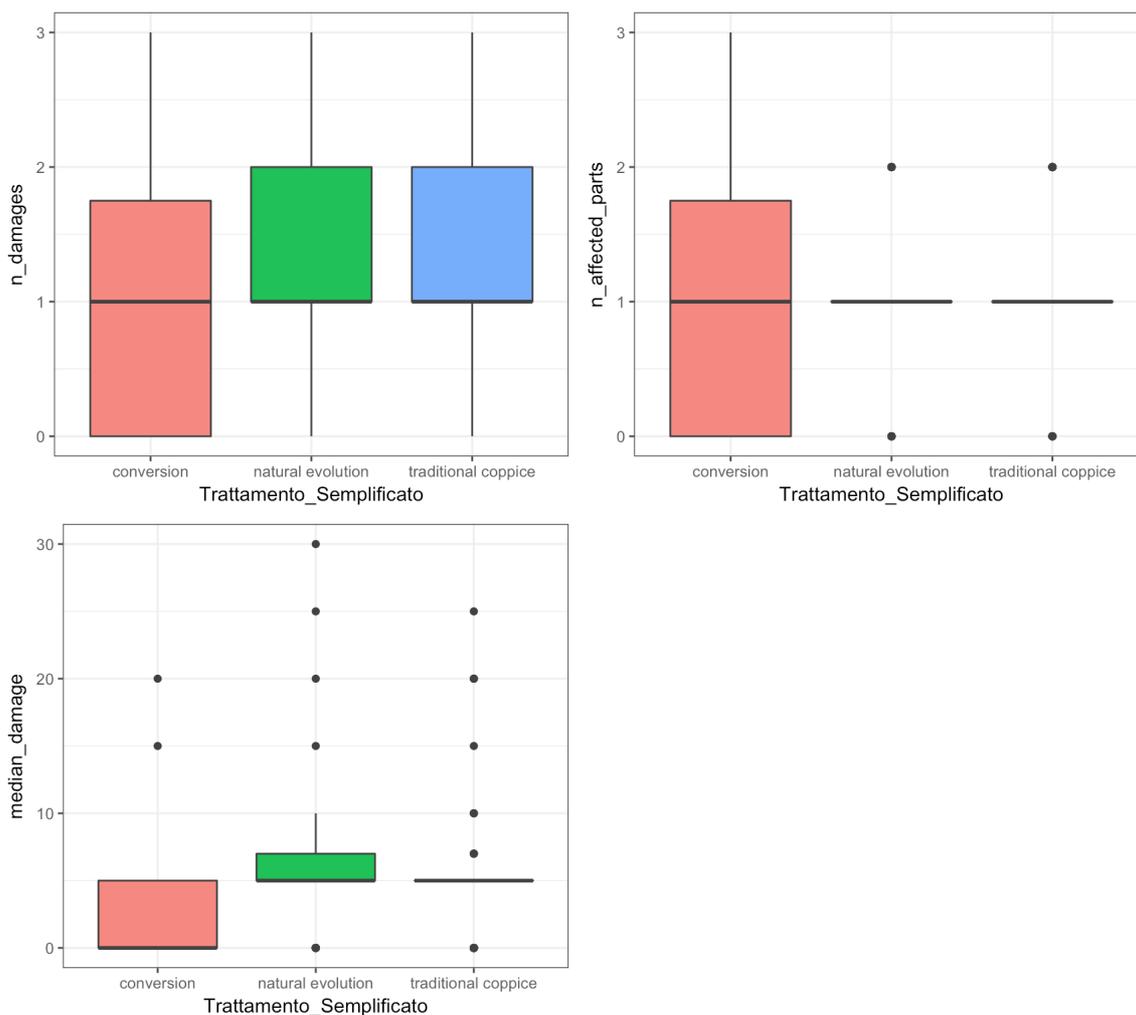


Fig. 6.52 – Distribuzione dei valori dei danni forestali (N danni, N parti danneggiate, mediana danni) nei tre trattamenti. Boxplot: mediana, intervallo interquartile, range 1,5 intervallo interquartile, outliers. Test ANOVA: N danni,  $p < 0,05$ ; mediana danni e N parti danneggiate,  $p > 0,05$ .

#### Condizione del suolo

Le Figg. 6.53 – 6.55 mostrano i valori dei diversi indicatori delle caratteristiche chimico-fisiche del suolo misurati in corrispondenza dei tre orizzonti del suolo (0-10 cm, 10-20 cm, 20-40 cm) nei tre trattamenti (conversione ad alto fusto, evoluzione naturale e ceduo tradizionale).

La tessitura è di tipo franco o franco-argilloso e il pH è acido o sub-acido in tutte e tre le aree corrispondenti ai trattamenti a confronto. L'area corrispondente al trattamento "evoluzione naturale" è risultata caratterizzata da valori di contenuto di C e di capacità di scambio cationico rispettivamente superiori e inferiori alle aree relative agli altri due trattamenti.

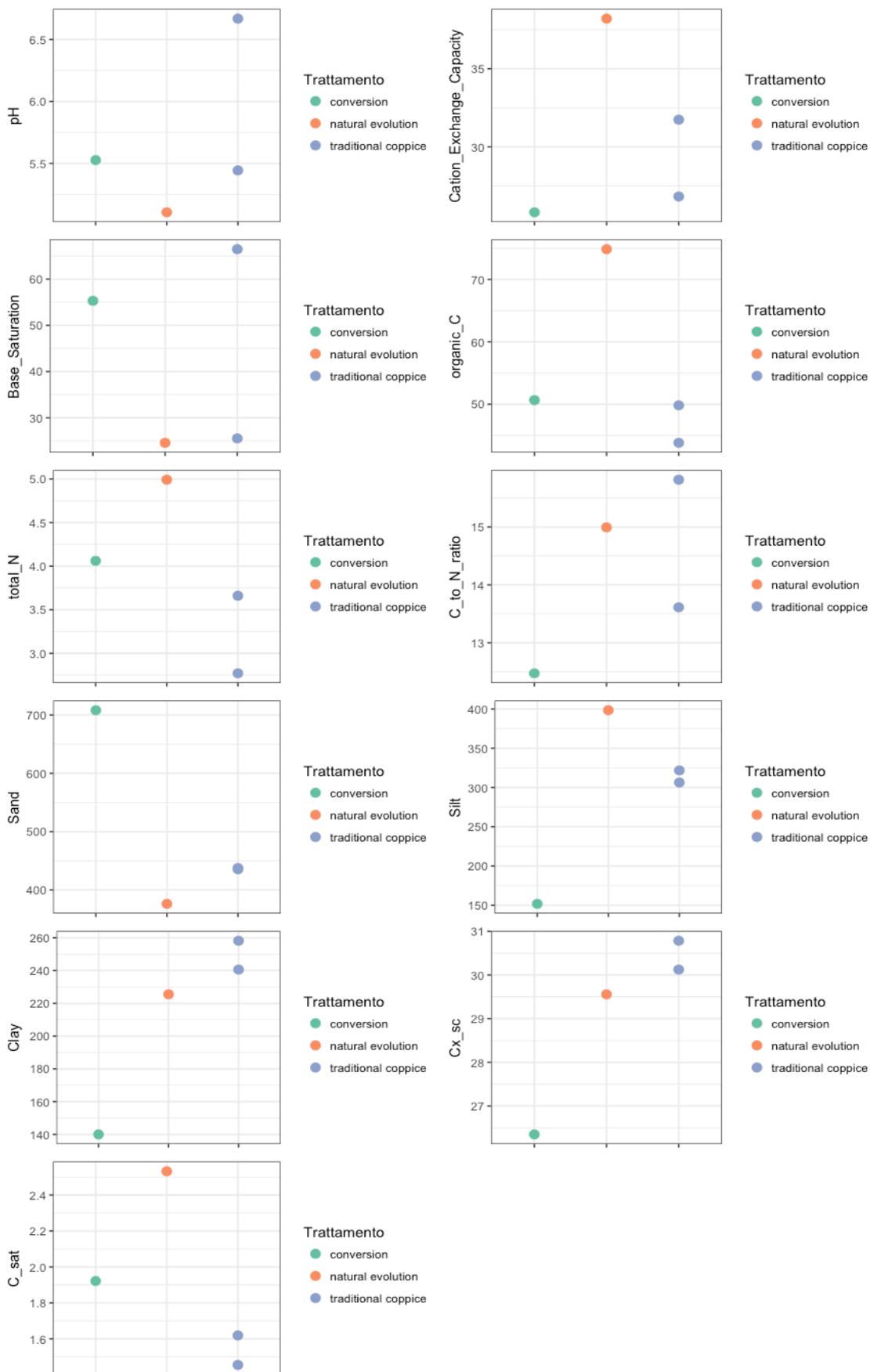


Fig. 6.53 – Distribuzione delle caratteristiche chimico-fisiche dei suoli nei tre trattamenti. Orizzonte 0-10 cm.

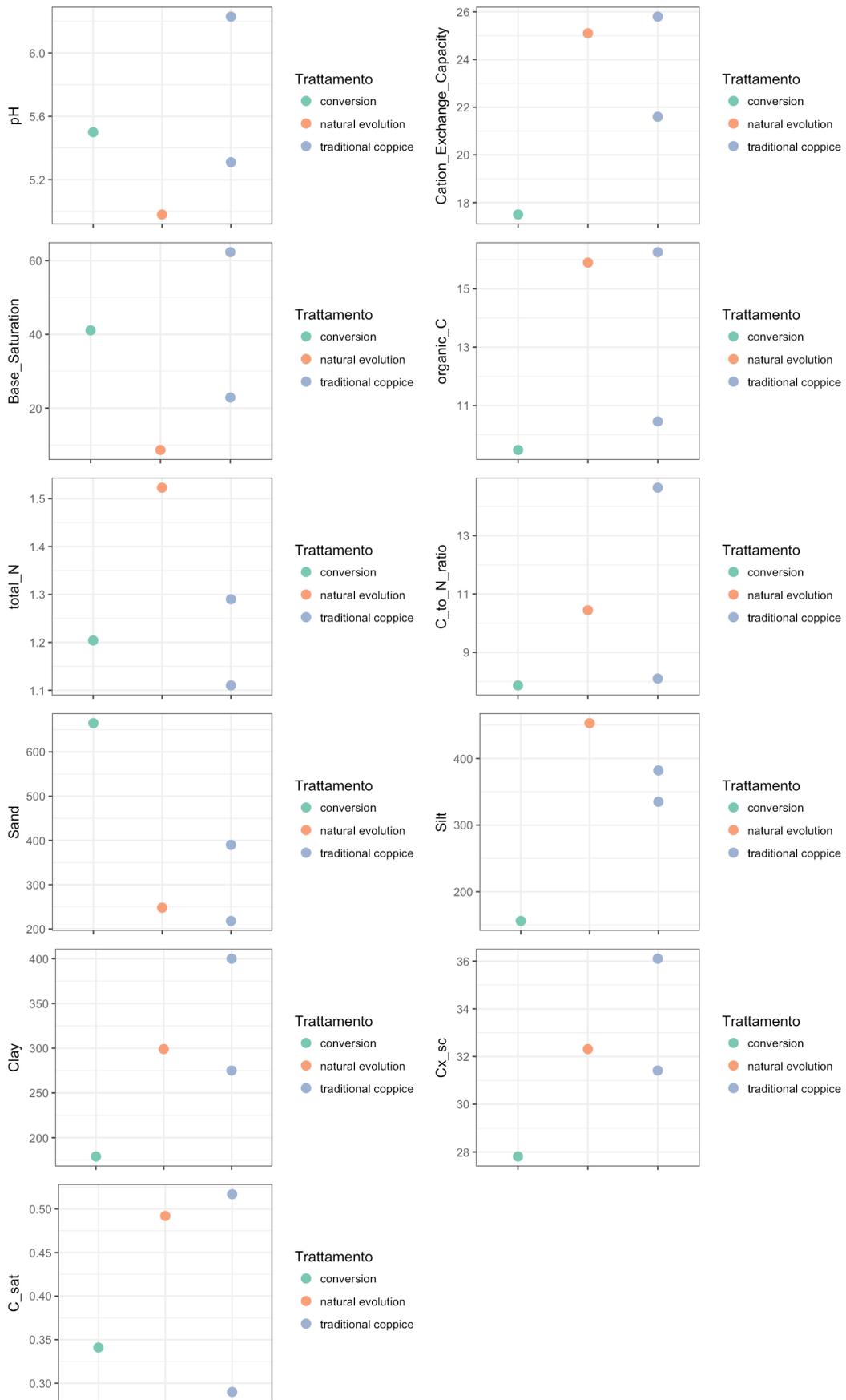


Fig. 6.54 – Distribuzione delle caratteristiche chimico-fisiche dei suoli nei tre trattamenti. Orizzonte 10-20 cm.

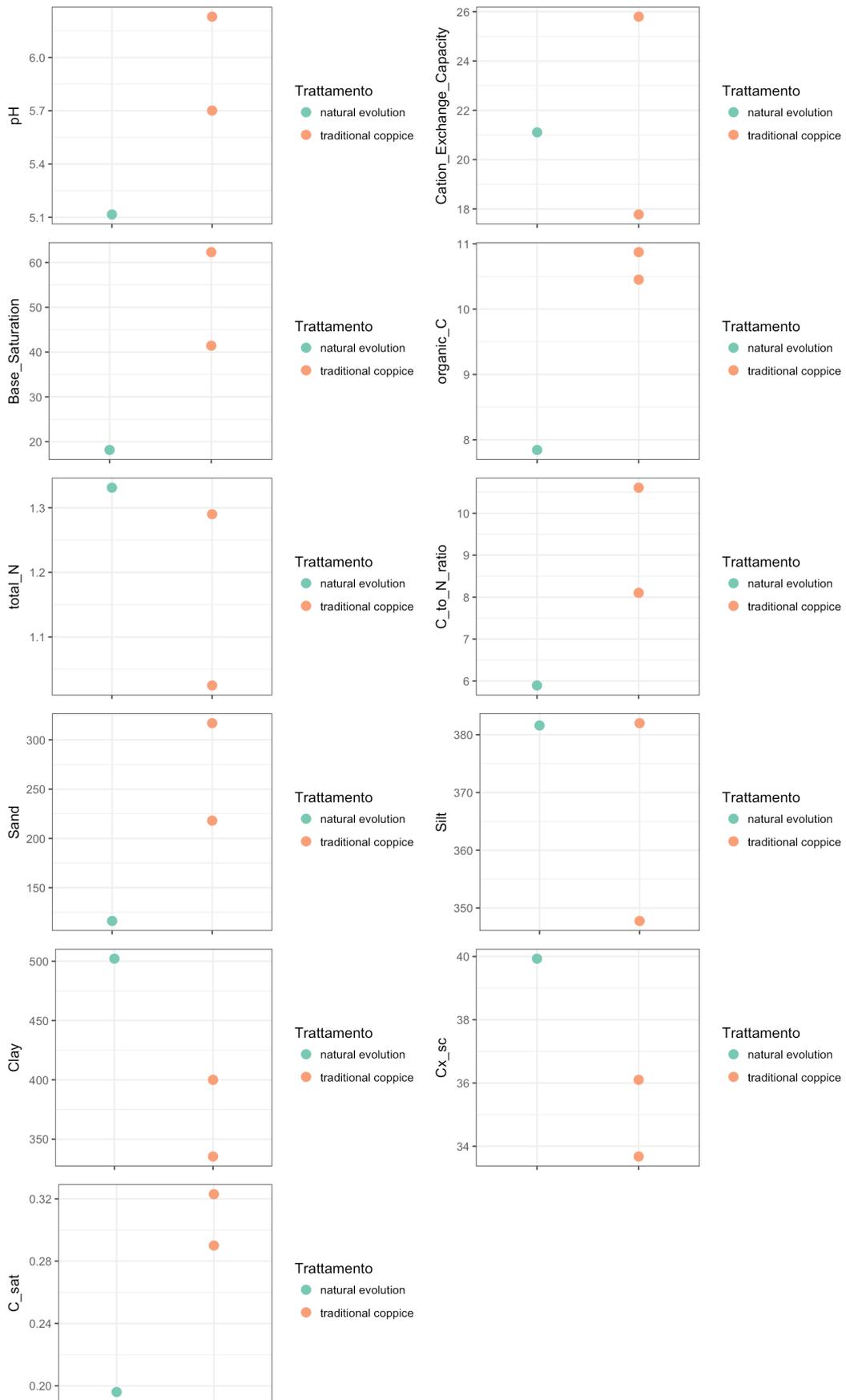


Fig. 6.55 – Distribuzione delle caratteristiche chimico-fisiche dei suoli nei due trattamenti. Orizzonte 20-40 cm.

## 6.1.7.2 Serie storiche degli indicatori tradizionali

### Condizione della chioma degli alberi

La Figura 6.56 riporta la serie storica dei dati stimati di defogliazione per il sito di Poggio Pievano. I valori sono compresi tra 16 e 25%, relativi rispettivamente agli anni 1998 e 2003, 2013. I valori risultano in tendenziale aumento. Il valore medio stimato della serie storica (22%) è quasi il doppio di quello misurato nel 2016 (12%).

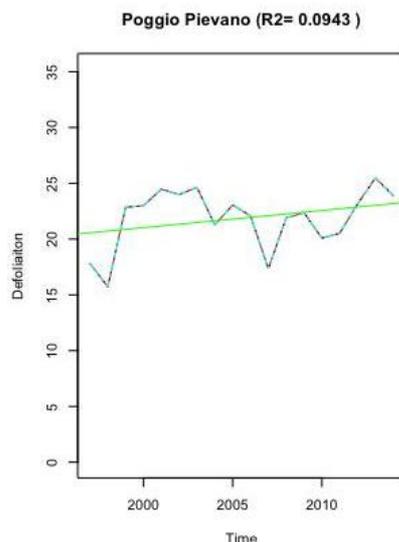


Fig. 6.56 – Serie storica dei dati stimati di defogliazione. Ogni linea di colore diverso rappresenta un diverso trattamento selvicolturale. La linea di tendenza è indicata con il colore verde.

La Figura 6.57 riporta la serie storica dei dati stimati di danni forestali (numero di danni, numero di parti danneggiate) di Poggio Pievano. Il numero di danni è compreso tra 1,26 e 1,66, relativi rispettivamente agli anni 2007 e 2008. Il numero di parti affette è compreso tra 1,10 e 1,41, relativi rispettivamente agli anni 2007 e 2008.

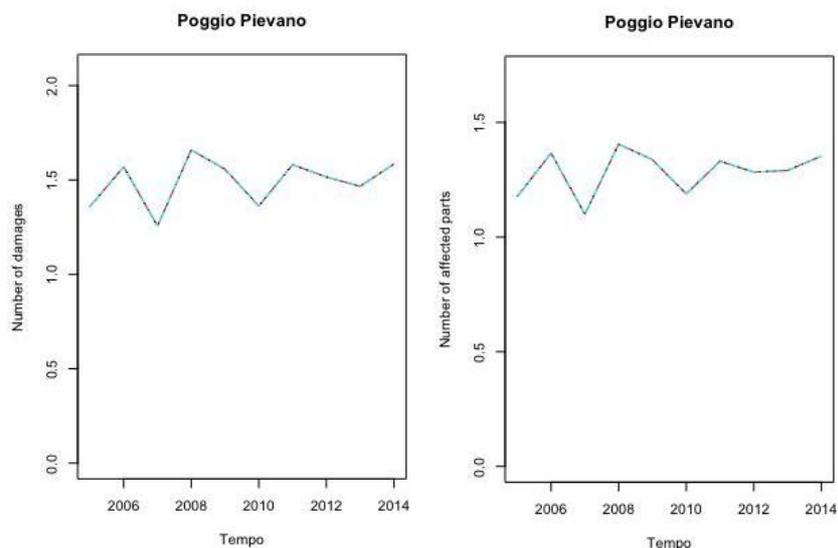


Fig. 6.57 – Serie storica dei danni forestali stimati ( $N$  danni,  $N$  parti danneggiate). Ogni linea di colore diverso rappresenta un diverso trattamento selvicolturale.

## Deposizioni

La Figura 6.58 riporta la serie storica dei dati stimati di deposizione (azoto ossidato e ridotto e ossidi di zolfo) per il sito di Poggio Pievano. Le deposizioni di azoto ossidato sono comprese tra 166 e 701 mg(N)/m<sup>2</sup>, relativi rispettivamente agli anni 2000 e 1997. Le deposizioni di azoto ridotto sono comprese tra 423 e 609 mg(N)/m<sup>2</sup>, relativi rispettivamente agli anni 2007 e 2002. Le deposizioni di ossidi di zolfo sono comprese tra 393 e 862 mg(S)/m<sup>2</sup>, relativi rispettivamente agli anni 2013 e 1997. I valori di tutte e tre le serie temporali sono intenzionale diminuzione, particolarmente marcata per l'ossidi di zolfo.

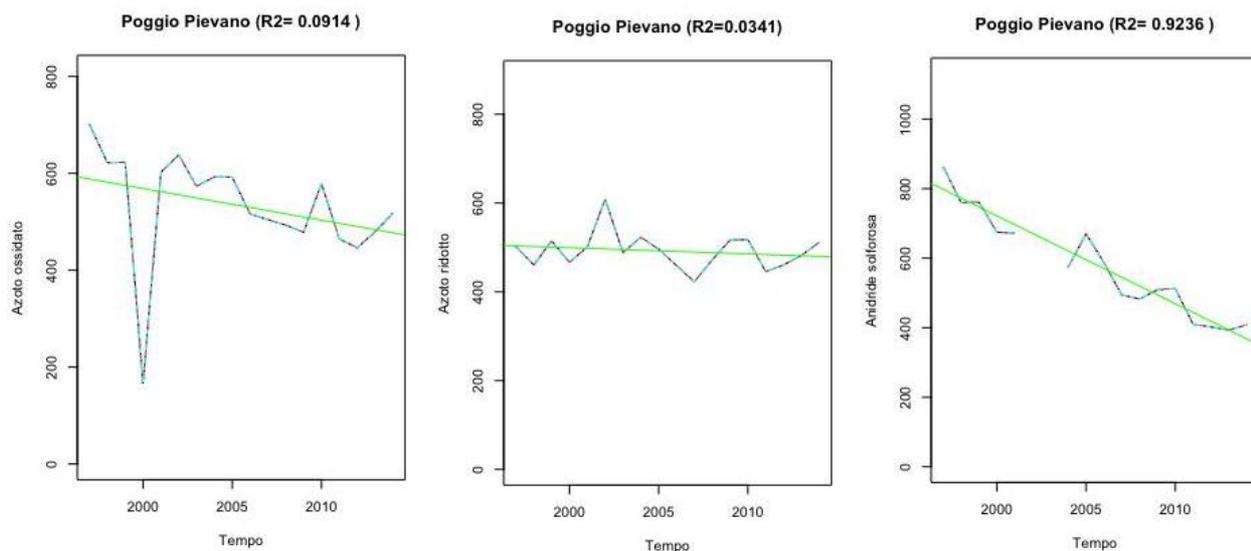


Fig. 6.58 – Serie storica dei dati stimati di deposizione (azoto ossidato e ridotto e ossidi di zolfo). Ogni linea di colore diverso rappresenta un diverso trattamento selvicolturale. La linea di tendenza è indicata con il colore verde.

## 6.1.8 Settefratelli

### 6.1.8.1 Stato degli indicatori tradizionali nei diversi trattamenti

#### Condizione della chioma degli alberi

La Tabella 6.13 riporta le statistiche descrittive relative alla condizione delle chiome degli alberi rilevata nel sito di Settefratelli (Iccico). Solo una pianta delle 79 osservate (1,3%) ha presentato valori di defogliazione superiori al 25% (valore di riferimento per il 2016 a scala europea = 25,2%; in: Timmerman et al. 2017). La defogliazione media (11%) è risultata decisamente inferiore rispetto a quella riscontrata nel 2016 a livello europeo su querce sempreverdi (25,0%; Timmerman et al. 2017). I valori medi di defogliazione percentuale (11%) sono risultati leggermente inferiori rispetto a quelli riscontrati considerando l'intero dataset di progetto (15%). Valori inferiori alla media sull'intero dataset sono stati rilevati anche per gli indicatori riferiti ai danni.

Tab. 6.13 – Statistiche descrittive degli indicatori tradizionali per l'intero dataset del sito di Settefratelli.

	Trasparenza	Defogliazione	N danni	N parti danneggiate	Mediana danni
min	5,00	5,00	0,0000	0,0000	0,000
1° quartile	5,00	5,00	0,0000	0,0000	0,000
mediana	10,00	10,00	1,0000	1,0000	0,000
media	11,01	11,01	0,8861	0,8101	2,709
3° quartile	15,00	15,00	1,0000	1,0000	5,000
max	30,00	30,00	5,0000	3,0000	42,000

La Figura 6.59 riporta la distribuzione dei valori di trasparenza e defogliazione nel sito di Settefratelli in cui si ha un solo trattamento (conversione ad alto fusto). I valori di entrambi gli indicatori sono molto bassi, con un intervallo interquartile compreso tra 5 e 15%.

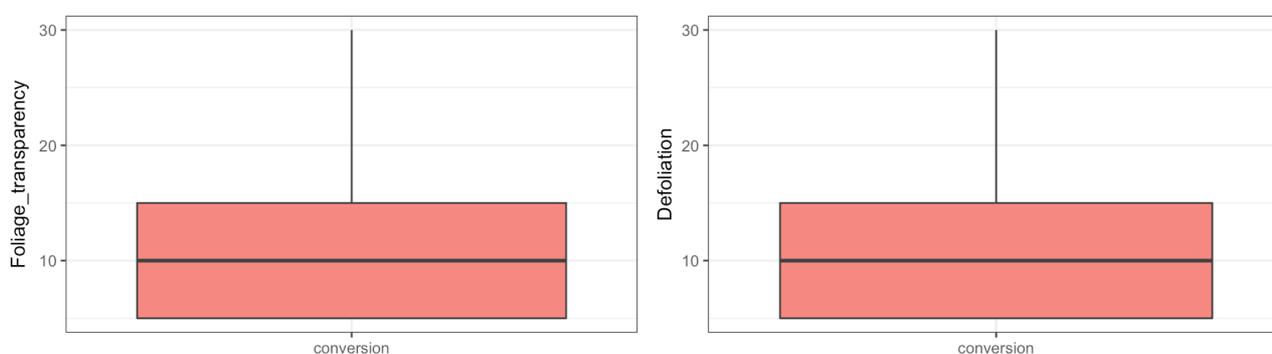


Fig. 6.59 – Distribuzione dei valori di trasparenza e defogliazione. Boxplot: mediana, intervallo interquartile, range 1,5 intervallo interquartile, outliers.

La Figura 6.60 riporta la distribuzione dei danni forestali (un solo trattamento: conversione ad alto fusto).

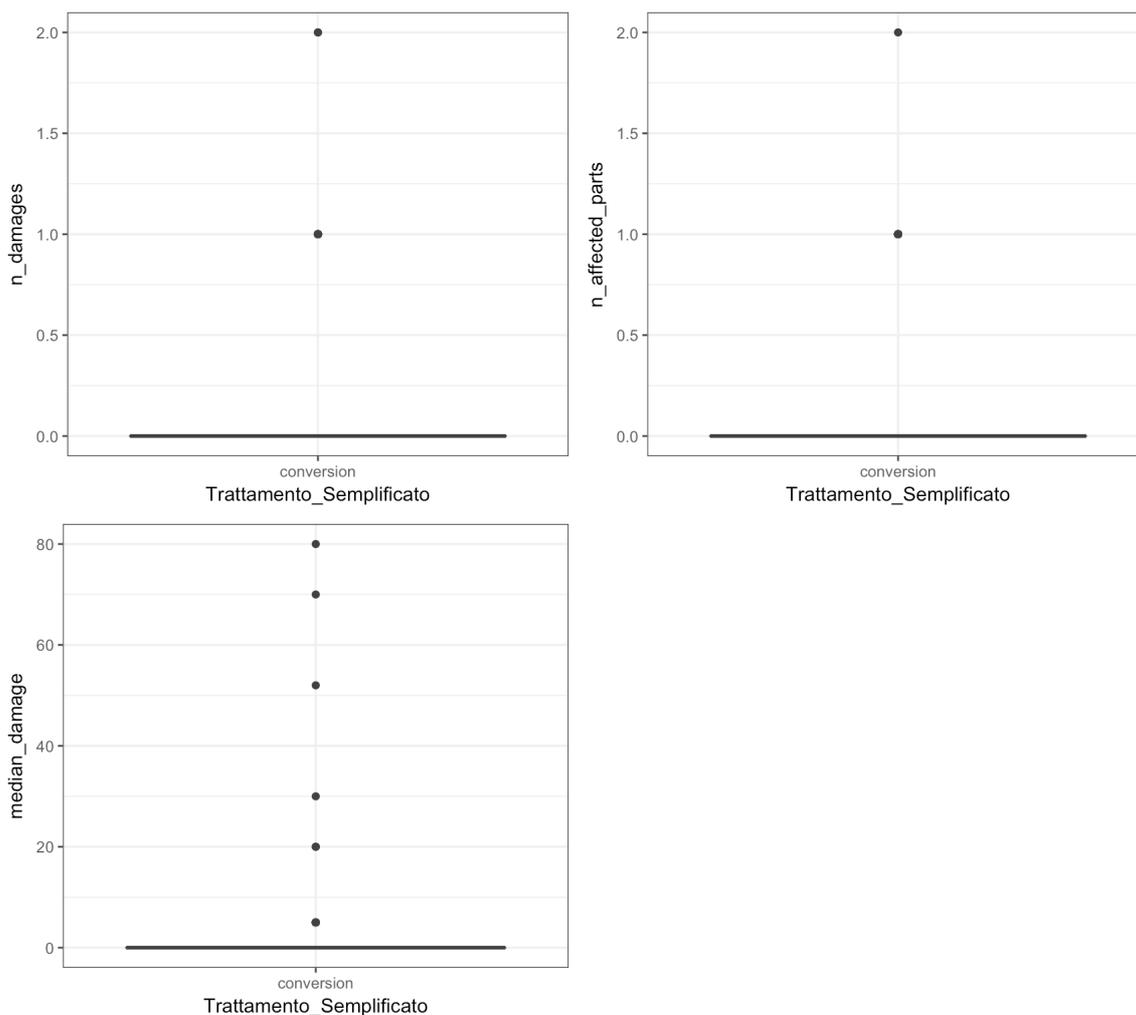


Fig. 6.60 – Distribuzione dei valori dei danni forestali (N danni, N parti danneggiate, mediana danni).  
 Boxplot: mediana, intervallo interquartile, range 1,5 intervallo interquartile, outliers.

#### Condizione del suolo

Le Figg. 6.61 – 6.63 mostrano i valori dei diversi indicatori delle caratteristiche chimico-fisiche del suolo misurati in corrispondenza dei tre orizzonti del suolo (0-10 cm, 10-20 cm, 20-40 cm).

Le due aree di studio sono risultate differenti per tutte le variabili misurate in particolare per lo strato di suolo 0-10 cm.

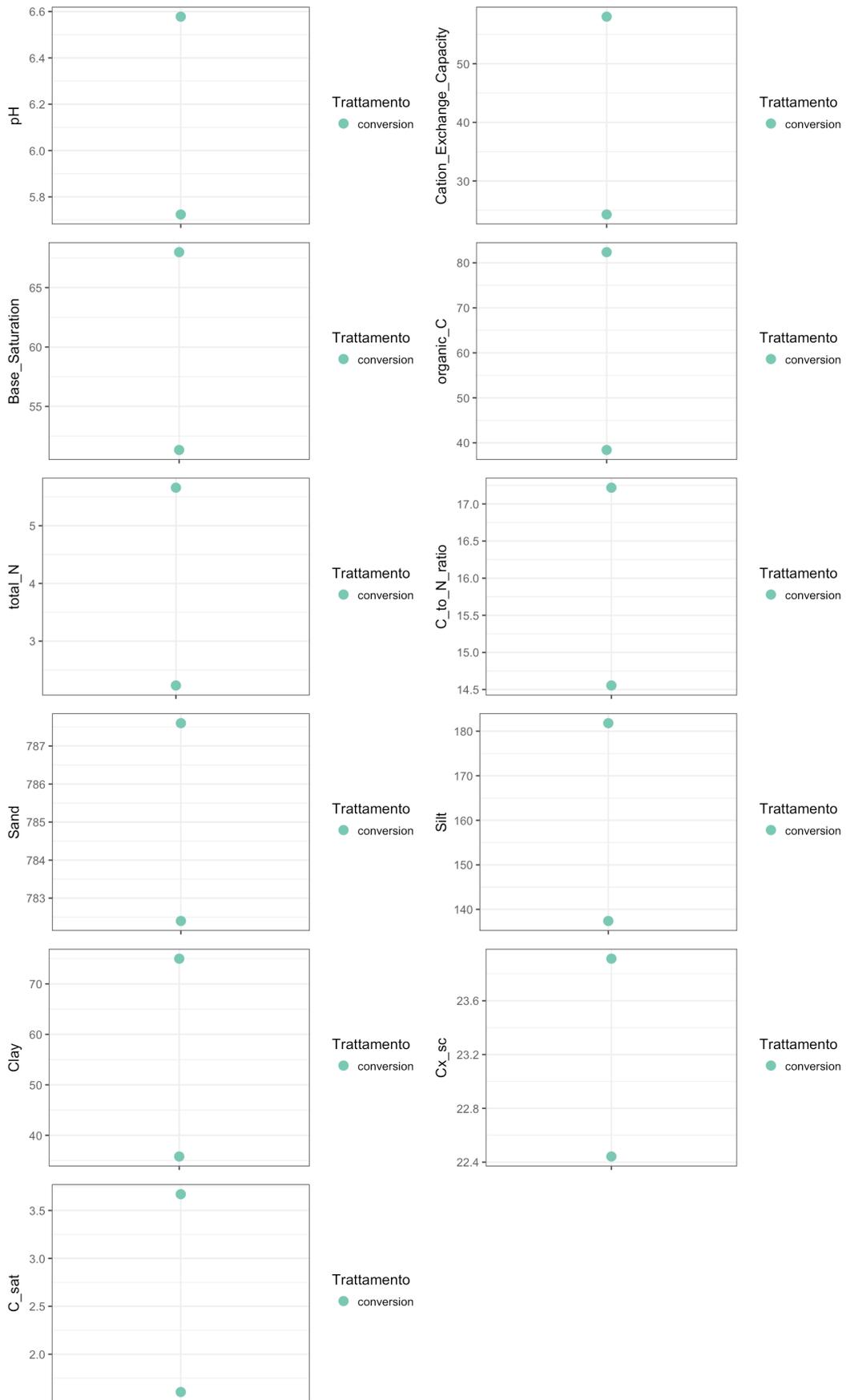


Fig. 6.61 – Distribuzione delle caratteristiche chimico-fisiche dei suoli. Orizzonte 0-10 cm.

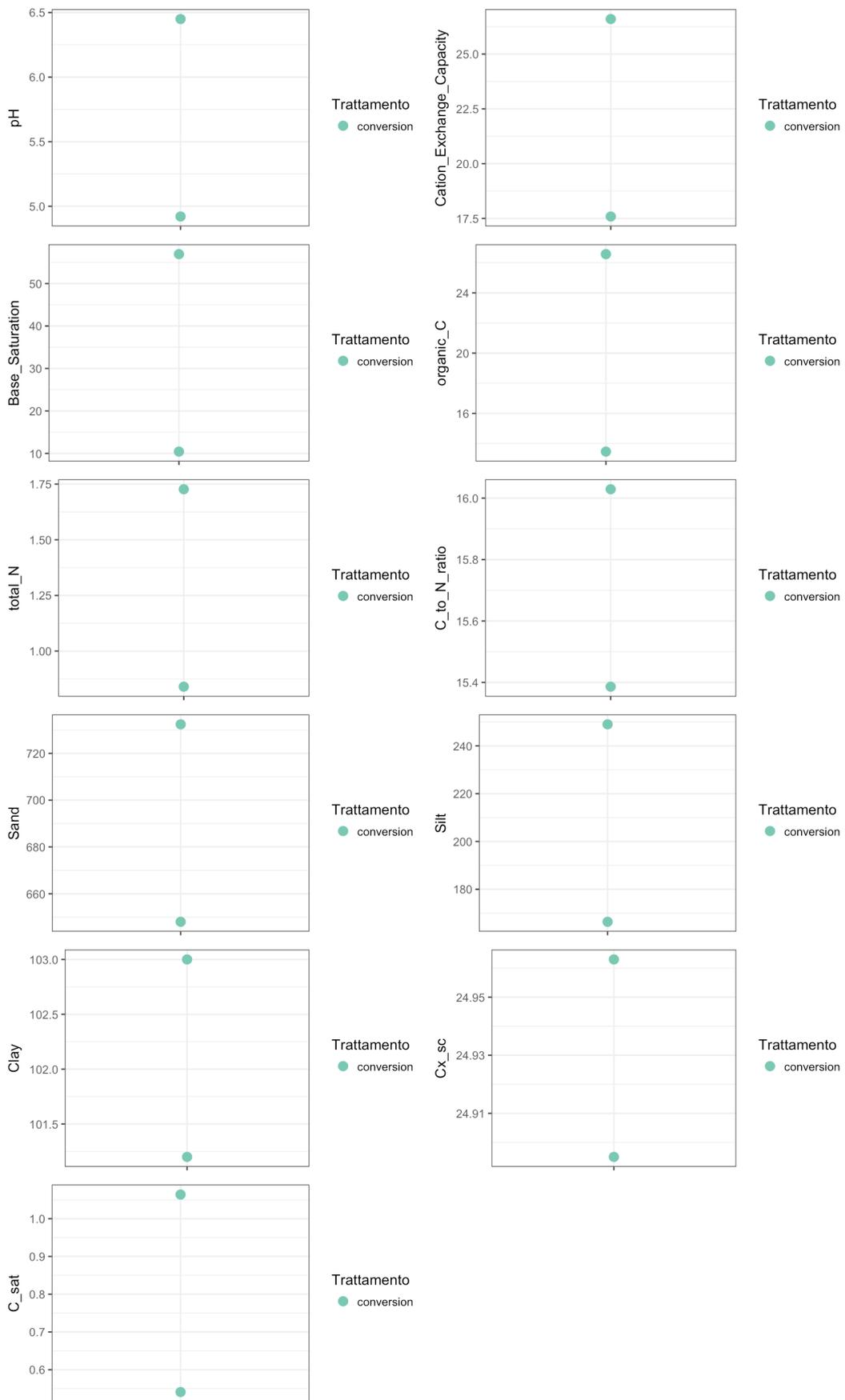


Fig. 6.62 – Distribuzione delle caratteristiche chimico-fisiche dei suoli. Orizzonte 10-20 cm.

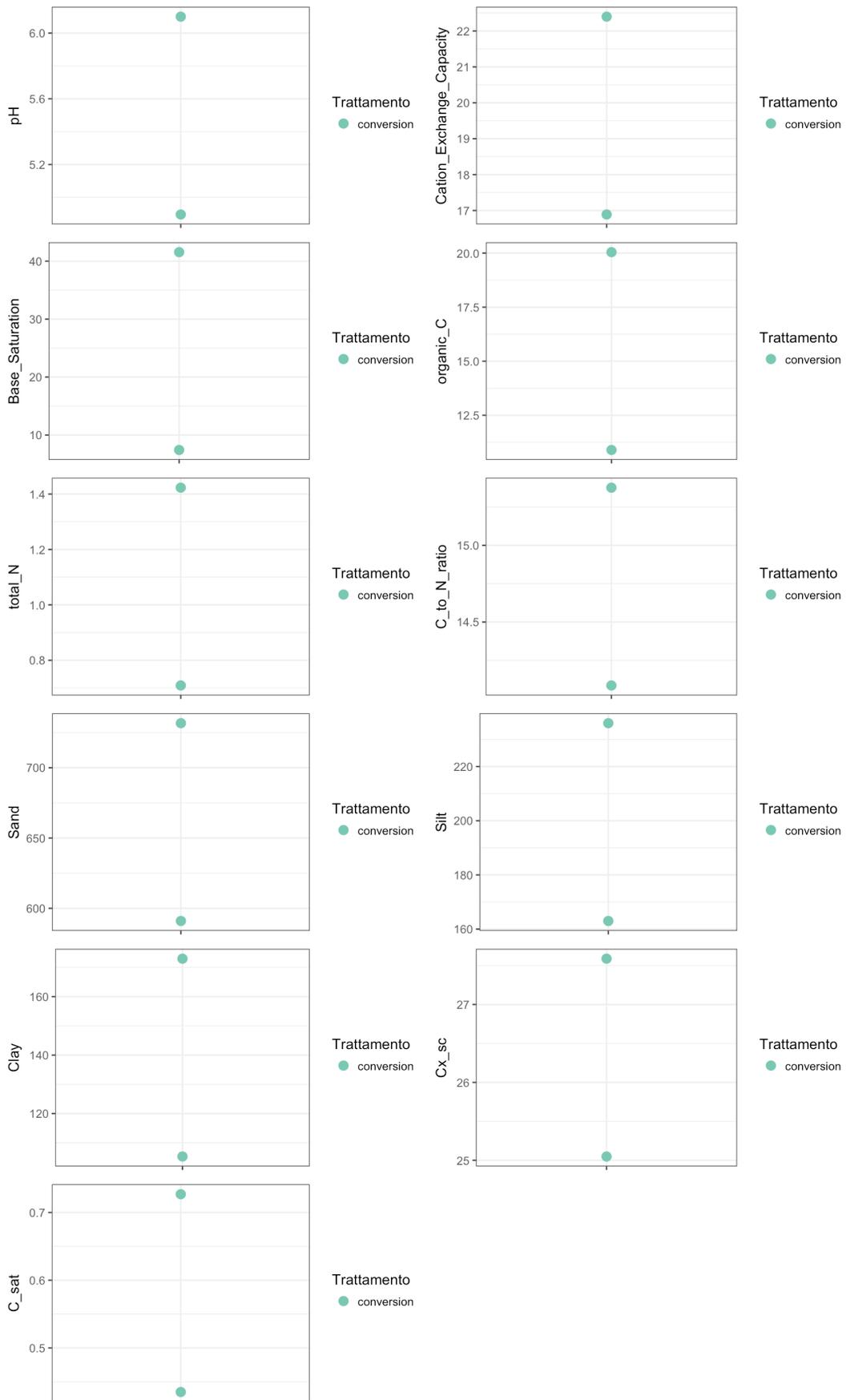


Fig. 6.63 – Distribuzione delle caratteristiche chimico-fisiche dei suoli. Orizzonte 20-40 cm.

## 6.1.8.2 Serie storiche degli indicatori tradizionali

### Condizione della chioma degli alberi

La Figura 6.64 riporta la serie storica dei dati stimati di defogliazione per il sito di Settefratelli. I valori sono compresi tra 8 e 29%, relativi rispettivamente agli anni 1997-1998 e 2002 e mostrano una tendenza all'aumento. Il valore medio stimato sulla serie storica (22%) risulta quasi doppio rispetto a quello misurato nel 2016.

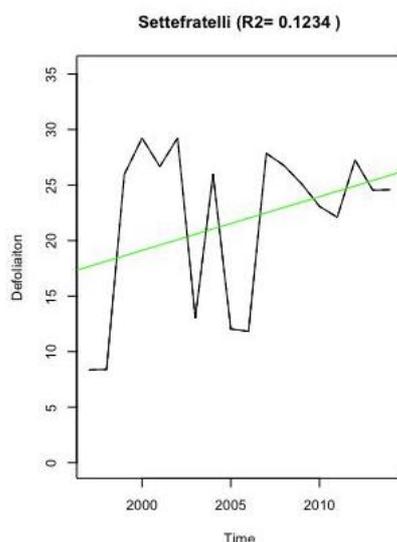


Fig. 6.64 – Serie storica dei dati stimati di defogliazione. Ogni linea di colore diverso rappresenta un diverso trattamento selvicolturale. La linea di tendenza è indicata con il colore verde.

La Figura 6.65 riporta la serie storica dei dati stimati di danni forestali (numero di danni, numero di parti danneggiate) di Settefratelli. Il numero di danni è compreso tra 1,30 e 1,66, relativi rispettivamente agli anni 2010 e 2013. Il numero di parti affette è compreso tra 1,14 e 1,39, relativi rispettivamente agli anni 2010 e 2006.

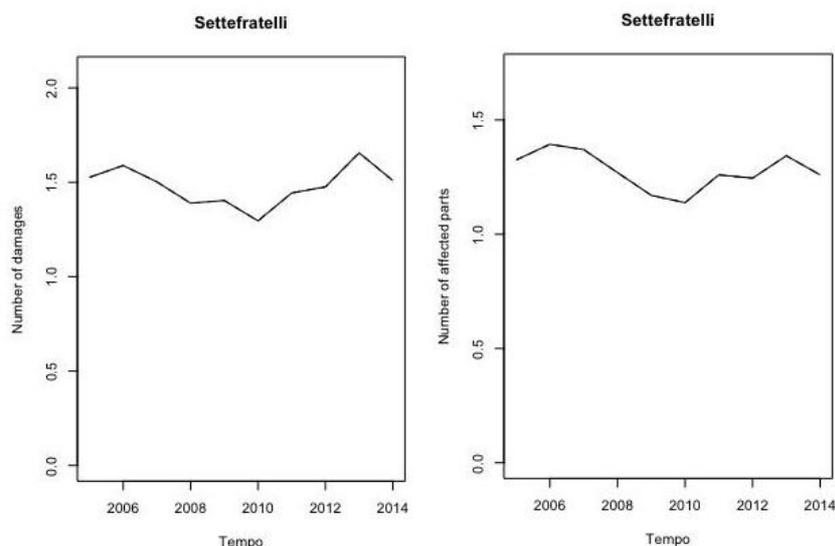


Fig. 6.65 – Serie storica dei danni forestali stimati (N danni, N parti danneggiate). Ogni linea di colore diverso rappresenta un diverso trattamento selvicolturale.

## Deposizioni

La Figura 6.66 riporta la serie storica dei dati stimati di deposizione (azoto ossidato e ridotto e ossidi di zolfo) per il sito di Settefratelli. Le deposizioni di azoto ossidato sono comprese tra 174 e 531 mg(N)/m<sup>2</sup>, relativi rispettivamente agli anni 2000 e 1997. Le deposizioni di azoto ridotto sono comprese tra 244 e 354 mg(N)/m<sup>2</sup>, relativi rispettivamente agli anni 2000 e 2005. Le deposizioni di ossidi di zolfo sono comprese tra 297 e 679 mg(S)/m<sup>2</sup>, relativi rispettivamente agli anni 2014 e 1997. Azoto ossidato e ossidi di zolfo mostrano un andamento temporale in diminuzione, al contrario dell'azoto ridotto.

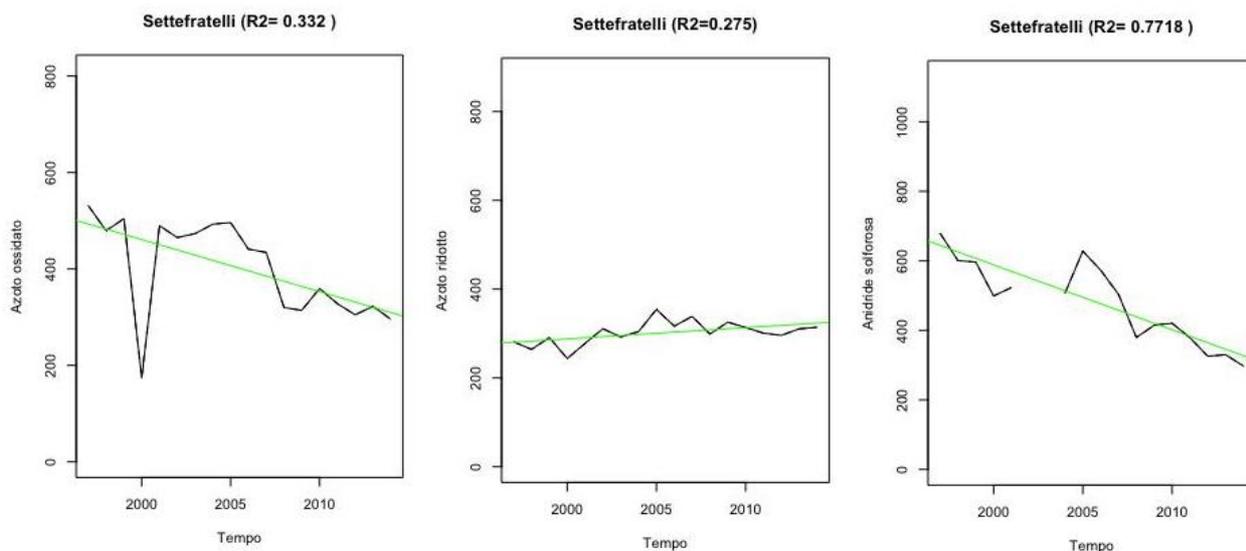


Fig. 6.66 – Serie storica dei dati stimati di deposizione (azoto ossidato e ridotto e ossidi di zolfo). Ogni linea di colore diverso rappresenta un diverso trattamento selvicolturale. La linea di tendenza è indicata con il colore verde.

## 6.1.9 Valsavignone

### 6.1.9.1 Stato degli indicatori tradizionali nei diversi trattamenti

#### Condizione della chioma degli alberi

La Tabella 6.14 riporta le statistiche descrittive relative alla condizione delle chiome degli alberi rilevata nel sito di Valsavignone (cerro). Solo una pianta delle 76 osservate (1,3%) ha presentato valori di defogliazione superiori al 25% (valore di riferimento per il 2016 a scala europea = 25,2%; in: Timmerman et al. 2017). La defogliazione media (9,5%) è risultata decisamente inferiore rispetto a quella riscontrata nel 2016 a livello europeo su querce decidue (sub-)mediterranee (20,2%; Timmerman et al. 2017). I valori medi di defogliazione percentuale (9,5%) sono risultati inferiori rispetto a quelli riscontrati considerando l'intero dataset di progetto (15%). Valori inferiori alla media sull'intero dataset sono stati rilevati anche per gli indicatori riferiti ai danni.

Tab. 6.14 – Statistiche descrittive degli indicatori tradizionali per l'intero dataset del sito di Valsavignone.

	Trasparenza	Defogliazione	N danni	N parti danneggiate	Mediana danni
min	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1° quartile	5,000	5,000	0,000	0,000	0,000
mediana	10,000	10,000	1,000	1,000	5,000
media	9,474	9,474	1,145	1,000	4,105
3° quartile	15,000	15,000	2,000	2,000	5,000
max	35,000	35,000	3,000	3,000	25,000

La Figura 6.67 riporta la distribuzione dei valori di trasparenza e defogliazione nel sito di Valsavignone. Per entrambi gli indicatori non sono state osservate differenze significative tra i due trattamenti (conversione ad alto fusto ed evoluzione naturale; Tab. 6.2,  $p > 0,05$ ).

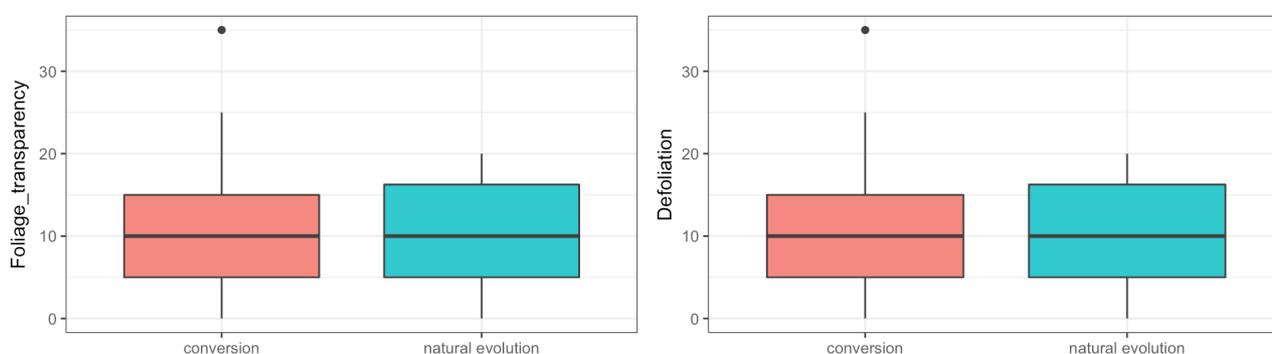


Fig. 6.67 – Distribuzione dei valori di trasparenza e defogliazione nei due trattamenti. Boxplot: mediana, intervallo interquartile, range 1,5 intervallo interquartile, outliers. Test ANOVA:  $p > 0,05$  per entrambi gli indicatori.

La Figura 6.68 riporta la distribuzione dei danni forestali nei due trattamenti (conversione ad alto fusto, evoluzione naturale). I risultati dell'ANOVA non hanno evidenziato differenze significative (Tab. 6.4,  $p > 0,05$ ).

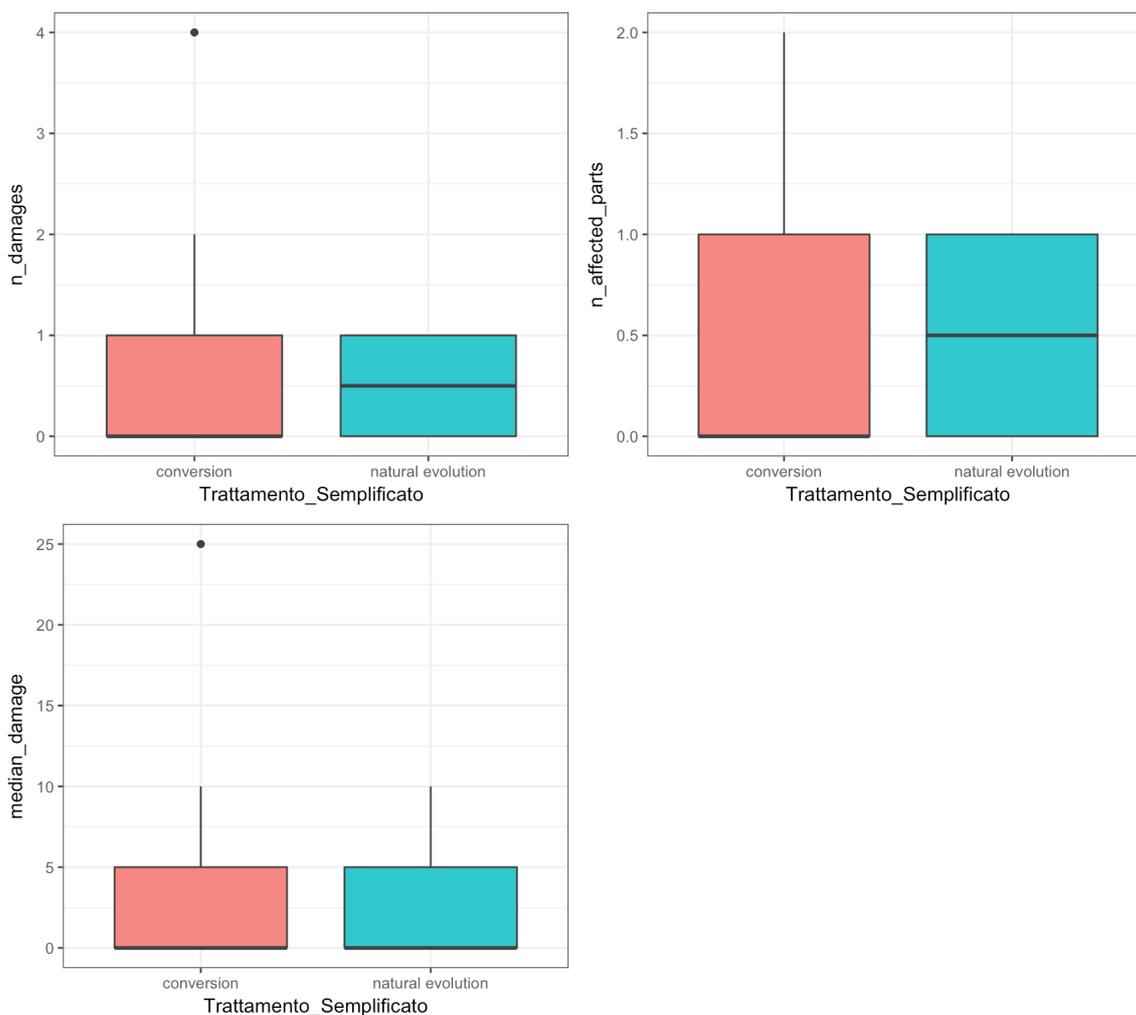


Fig. 6.68 – Distribuzione dei valori dei danni forestali (N danni, N parti danneggiate, mediana danni) nei due trattamenti. Boxplot: mediana, intervallo interquartile, range 1,5 intervallo interquartile, outliers. Test ANOVA:  $p > 0,05$  per i tre indicatori.

#### Condizione del suolo

Le Figg. 6.60 – 6.71 mostrano i valori dei diversi indicatori delle caratteristiche chimico-fisiche del suolo misurati in corrispondenza dei tre orizzonti del suolo (0-10 cm, 10-20 cm, 20-40 cm) nei due trattamenti (conversione ad alto fusto, evoluzione naturale).

La tessitura è di tipo franco o franco-argilloso e il pH è mediamente neutro in tutte e tre le aree corrispondenti ai trattamenti a confronto. L'area corrispondente al trattamento "evoluzione naturale" è risultata caratterizzata da valori di contenuto di C e N totale superiori all'area relativa al trattamento "conversione ad alto fusto". Il trattamento "evoluzione naturale" ha mostrato valori di saturazione in carbonio superiori a quelli osservati nell'altro trattamento e superiori all'unità fino alla profondità dei 20 cm.

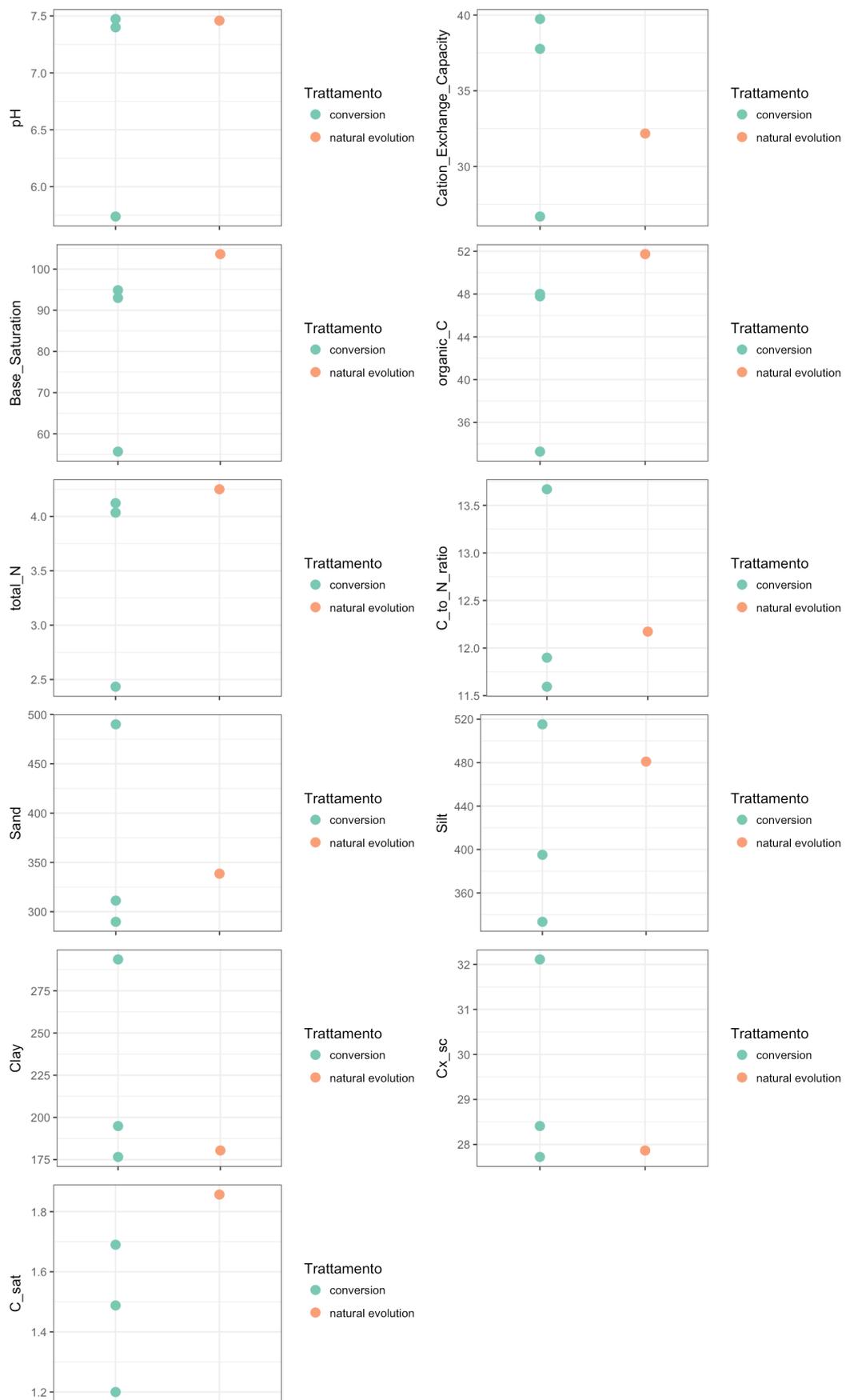


Fig. 6.69 – Distribuzione delle caratteristiche chimico-fisiche dei suoli nei due trattamenti. Orizzonte 0-10 cm.

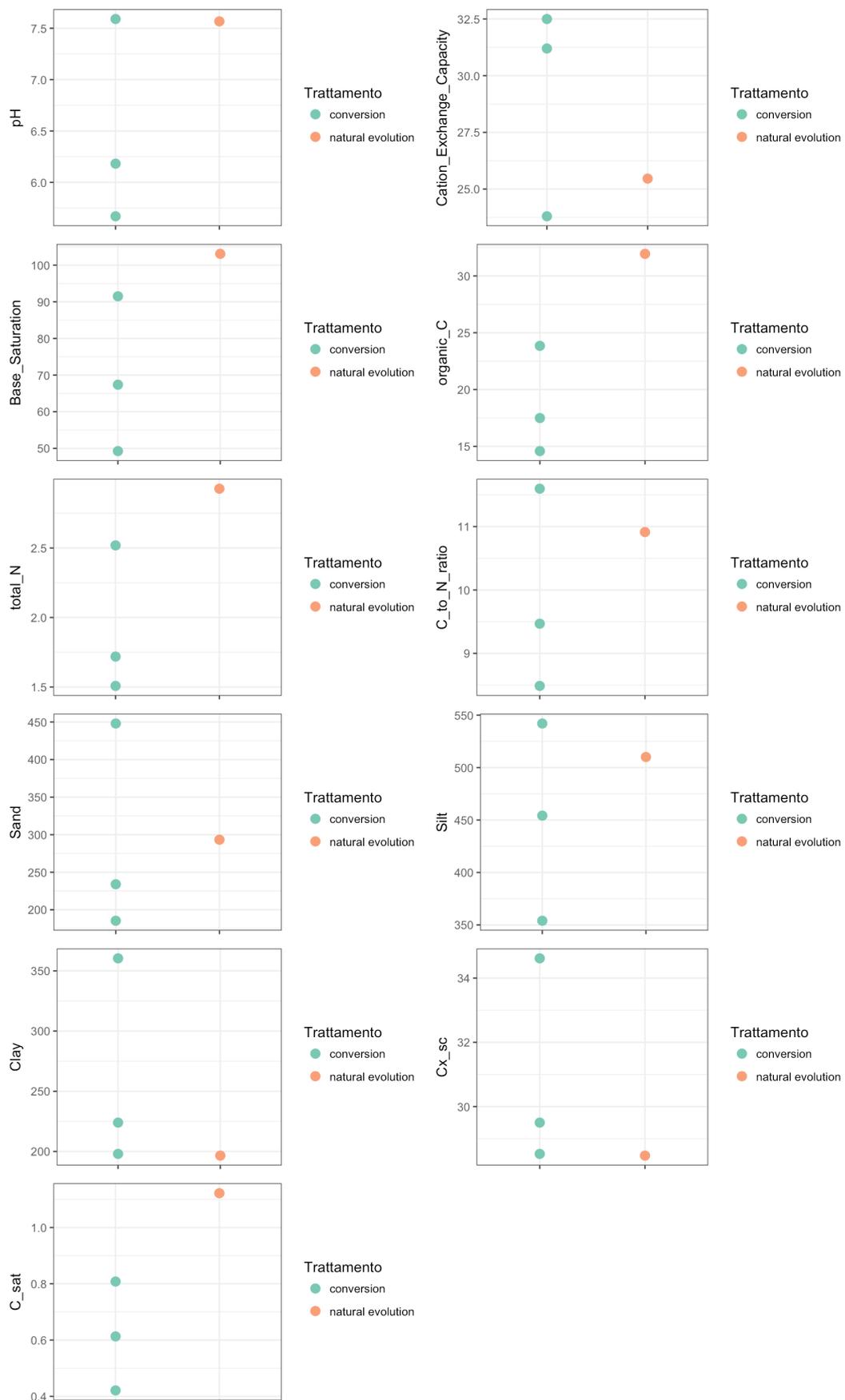


Fig. 6.70 – Distribuzione delle caratteristiche chimico-fisiche dei suoli nei due trattamenti. Orizzonte 10-20 cm.

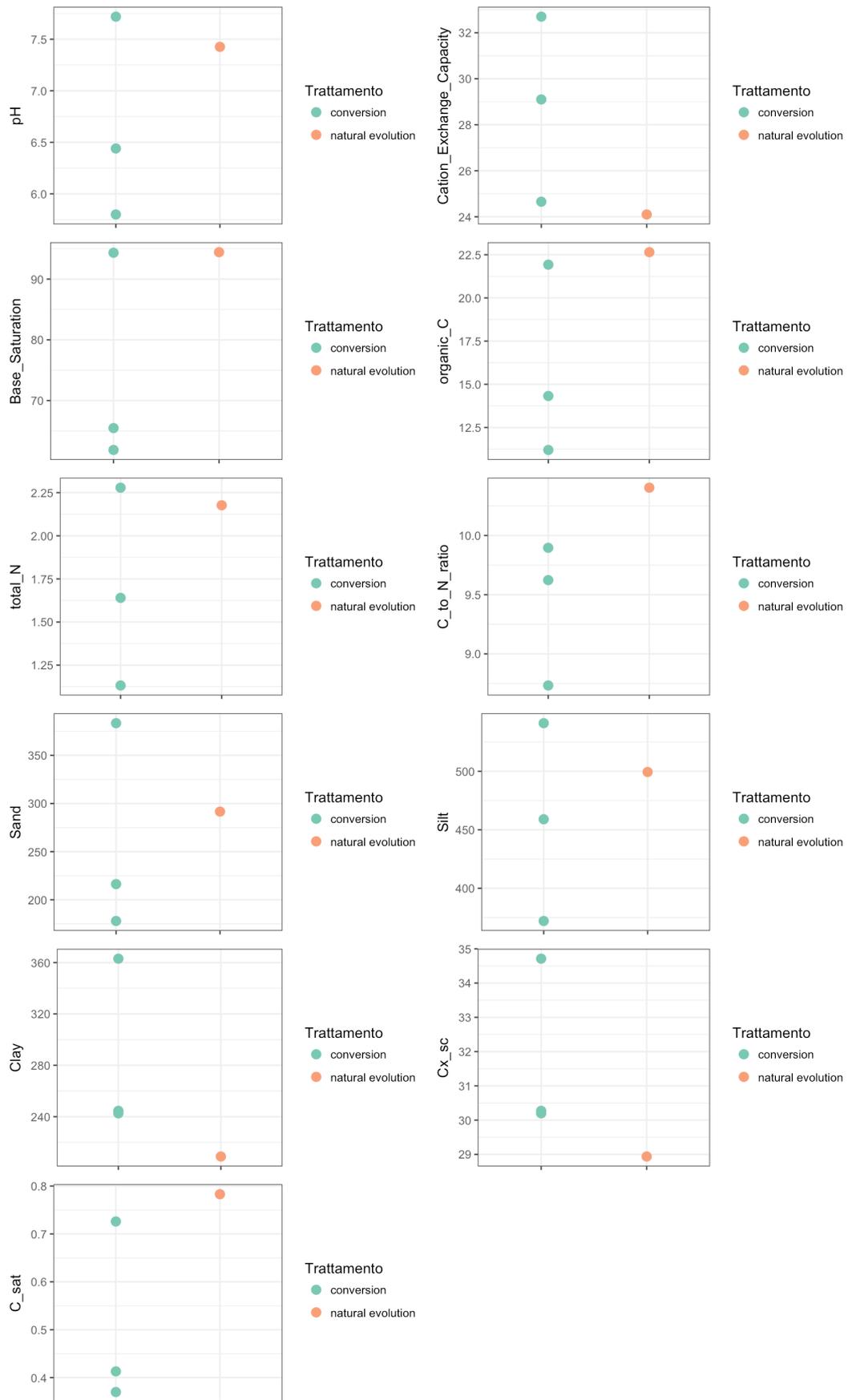


Fig. 6.71 – Distribuzione delle caratteristiche chimico-fisiche dei suoli nei due trattamenti. Orizzonte 20-40 cm.

## 6.1.9.2 Serie storiche degli indicatori tradizionali

### Condizione della chioma degli alberi

La Figura 6.72 riporta la serie storica dei dati stimati di defogliazione per il sito di Valsavignone. I valori sono compresi tra 21 e 30%, relativi rispettivamente agli anni 1998, 2010 e 2003 e mostrano una leggera tendenza alla diminuzione. Il valore medio stimato sulla serie storica (24,7%) è decisamente superiore rispetto a quello misurato nel 2016 (9,5%).

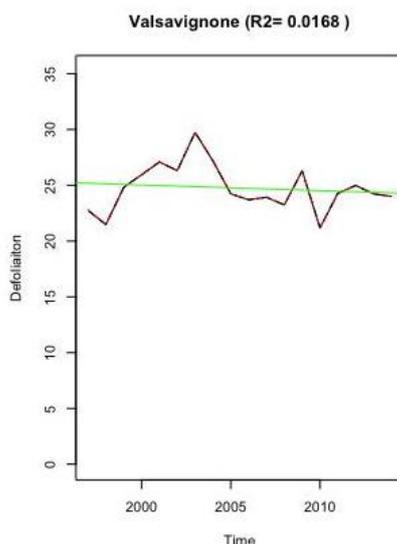


Fig. 6.72 – Serie storica dei dati stimati di defogliazione. Ogni linea di colore diverso rappresenta un diverso trattamento selvicolturale. La linea di tendenza è indicata con il colore verde.

La Figura 6.73 riporta la serie storica dei dati di danni forestali (numero di danni, numero di parti danneggiate) di Valsavignone. Il numero di danni è compreso tra 1,46 e 1,81, relativi rispettivamente agli anni 2009 e 2011. Il numero di parti affette è compreso tra 1,31 e 1,60, relativi rispettivamente agli anni 2007 e 2011.

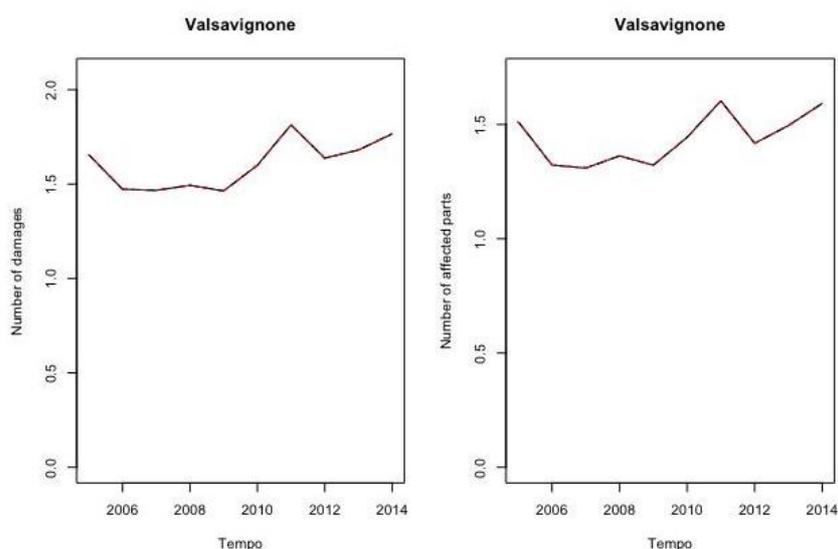


Fig. 6.73 – Serie storica dei danni forestali stimati (N danni, N parti danneggiate). Ogni linea di colore diverso rappresenta un diverso trattamento selvicolturale.

## Deposizioni

La Figura 6.74 riporta la serie storica dei dati stimati di deposizione (azoto ossidato e ridotto e ossidi di zolfo) per il sito di Valsavignone. Le deposizioni di azoto ossidato sono comprese tra 185 e 811 mg(N)/m<sup>2</sup>, relativi rispettivamente agli anni 2000 e 1997. Le deposizioni di azoto ridotto sono comprese tra 593 e 885 mg(N)/m<sup>2</sup>, relativi rispettivamente agli anni 2011 e 2002. Le deposizioni di ossidi di zolfo sono comprese tra 346 e 1130 mg(S)/m<sup>2</sup>, relativi rispettivamente agli anni 2014 e 1997. Per tutte e tre le serie di valori di deposizione si osserva una tendenza alla diminuzione.

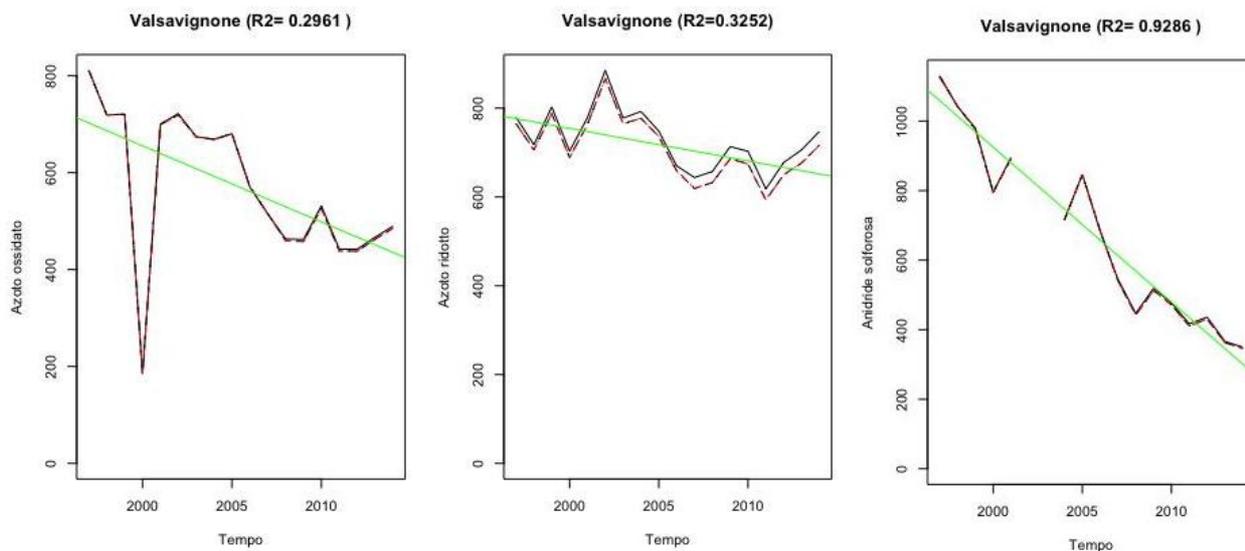


Fig. 6.74 – Serie storica dei dati stimati di deposizione (azoto ossidato e ridotto e ossidi di zolfo). Ogni linea di colore diverso rappresenta un diverso trattamento selvicolturale. La linea di tendenza è indicata con il colore verde.

## 6.2 Indicatori innovativi

In questa sezione sono riportati i risultati delle elaborazioni effettuate sui dati misurati nell'ambito del progetto (dati nuovi) ed ottenuti da elaborazione di dati pregressi relativi agli indicatori innovativi. Nella prima parte vengono riportate le statistiche descrittive e le analisi esplorative dei diversi indicatori per l'intero set di dati nuovi. Nei paragrafi successivi sono invece riportati i risultati per ciascun sito in relazione ai trattamenti selvicolturali.

La Tabella 6.15 riporta le statistiche descrittive relative all'intero set di dati degli indicatori innovativi (parametri morfometrici fogliari, contenuto di clorofilla e fluorescenza della clorofilla a).

*Tab. 6.15 – Statistiche descrittive degli indicatori innovativi per l'intero dataset.*

<b>Indicatore</b>	<b>min</b>	<b>1° quartile</b>	<b>mediana</b>	<b>media</b>	<b>3° quartile</b>	<b>max</b>
Chl_SPAD	25,30	38,10	43,50	43,11	48,00	57,10
Leaf thickness	0,163	0,290	0,333	0,356	0,396	1,067
Lamina length	19,76	39,59	46,76	49,68	56,10	142,82
Leaf length	24,86	48,03	56,34	58,94	66,26	157,67
Max width left part of the lamina	3,81	6,92	9,36	11,60	15,72	40,69
Max width right part of the lamina	4,15	6,98	9,34	11,70	15,71	44,05
Leaf width	8,30	13,89	18,75	23,35	32,19	84,74
Fluctuating asymmetry	0,00	0,05	0,1	0,13	0,18	0,89
Leaf area	93,52	423,85	639,55	837,65	1106,52	5078,88
Dry weight	43,80	72,70	90,60	92,62	104,80	187,50
Specific leaf area	4,31	6,13	7,56	9,01	11,00	29,31
Fv/Fm	0,60	0,82	0,83	0,82	0,84	0,87
F0	435,0	510,0	532,0	551,7	566,0	1013,0
Fm	2078	2877	3112	3147	3378	4095
Vj	0,38	0,47	0,50	0,51	0,53	0,86
Vi	0,72	0,80	0,82	0,82	0,84	1,00
Plabs	0,12	1,82	2,33	2,32	2,82	5,24

La Tabella 6.16 riporta i risultati del test ANOVA utilizzato per il confronto dei valori degli indicatori innovativi nei diversi trattamenti. I risultati dell'ANOVA sono commentati nei singoli capitoli relativi ai siti (6.2.1 - 6.2.4).

Tab. 6.16 – Risultati del test ANOVA di confronto tra trattamenti per ciascun sito. I valori p significativi ( $p < 0,05$ ) sono riportati in grassetto.

Sito	Alberese	Buca Zamponi	Is Cannoneris	Poggio Pievano
Chl_SPAD	0,83410	<b>0,00542</b>	0,73134	<b>0,00278</b>
Leaf thickness	<b>0,00169</b>	<b>0,00145</b>	0,07464	<b>0,00000</b>
Lamina length	<b>0,00005</b>	0,28480	0,75138	0,37667
Leaf length	<b>0,00001</b>	0,29634	0,59485	0,50152
Max width left part of the lamina	<b>0,01932</b>	0,69465	0,32129	0,40013
Max width right part of the lamina	<b>0,01140</b>	0,94334	0,39666	0,31598
Leaf width	<b>0,01279</b>	0,87571	0,34501	0,32689
Fluctuating asymmetry	0,28885	0,70520	0,31058	0,97585
Leaf area	<b>0,00066</b>	0,48015	0,24194	0,17550
Dry weight	0,88120	0,69441	0,90490	0,98464
Specific leaf area	0,24497	0,79750	0,65245	0,82780
Fv/Fm	<b>0,00000</b>	0,32237	NA	0,07538
F0	<b>0,00002</b>	<b>0,00025</b>	NA	0,08168
Fm	<b>0,00000</b>	0,35778	NA	0,24965
Vj	<b>0,00000</b>	0,73347	NA	<b>0,00301</b>
Vi	0,05202	<b>0,01128</b>	NA	0,06904
Pl <sub>abs</sub>	<b>0,00000</b>	0,77819	NA	<b>0,04318</b>

## 6.2.1 Alberese

La Tabella 6.17 riporta le statistiche descrittive relative ai dati degli indicatori innovativi (contenuto di clorofilla, parametri morfometrici fogliari, fluorescenza della clorofilla a) rilevati nel sito di Alberese (leccio).

Tab. 6.17 – Statistiche descrittive degli indicatori innovativi per il dataset del sito di Alberese.

Indicatore	min	1° quartile	mediana	media	3° quartile	max
Chl_SPAD	29,70	43,05	46,00	45,67	48,90	54,90
Leaf thickness	0,3167	0,4333	0,5067	0,5266	0,5917	10,667
Lamina length	19,76	37,68	43,12	43,04	48,89	61,92
Leaf length	24,86	45,38	52,64	52,43	60,21	74,86
Max width left part of the lamina	3,81	6,01	7,04	7,15	8,18	12,10
Max width right part of the lamina	4,15	5,90	6,85	7,16	8,23	12,56
Leaf width	8,30	11,96	14,06	14,31	16,25	24,67
Fluctuating asymmetry	0,001	0,022	0,054	0,077	0,105	0,421
Leaf area	137,1	327,5	441,6	450,8	548,6	1013,1
Dry weight	54,60	60,25	72,70	73,51	75,50	32,00
Specific leaf area	5,09	6,19	6,79	6,78	7,38	8,28
Fv/Fm	0,659	0,800	0,825	0,810	0,838	0,864
F0	435,0	566,0	606,5	632,3	670,2	1013
Fm	2469	3094	3382	3379	3604	4095
Vj	0,390	0,469	0,497	0,538	0,565	0,859
Vi	0,742	0,792	0,811	0,815	0,834	0,994
Plabs	0,115	1,475	2,291	2,420	2,867	5,244

La Figura 6.75 riporta la distribuzione dei valori degli indicatori innovativi (contenuto di clorofilla, fluorescenza della clorofilla a, tratti anatomici fogliari) nel sito di Alberese nei tre trattamenti (conversione ad alto fusto, evoluzione naturale e diradamento). I risultati dell'ANOVA mostrano una differenza significativa tra i diversi trattamenti (Tab. 6.16,  $p < 0,05$ ) per la maggior parte degli indicatori. In particolare, per quanto riguarda la morfologia fogliare, tutti gli indicatori che descrivono la dimensione della foglia (spessore, larghezza, lunghezza, area) hanno mostrato differenze significative tra trattamenti. Anche per quanto riguarda la fluorescenza della clorofilla a, tutte le variabili hanno mostrato differenze significative tra trattamenti, tranne la fluorescenza variabile al tempo  $t=30$  ms ( $V_i$ ), anche se al limite della significatività ( $p=0,052$ ). Ai boschi in conversione ad alto fusto sono associati valori più elevati di spessore della lamina (Leaf thickness), massima resa della fotochimica primaria del PSII (Fv/Fm), fluorescenza massima (Fm) e Performance index ( $PI_{abs}$ ). I valori più elevati di lunghezza della lamina (Lamina length) e della foglia (Leaf length), area fogliare (Leaf area), fluorescenza iniziale (F0) e Fluorescenza variabile relativa al tempo  $t=2$  ms (Vj) sono stati registrati in corrispondenza dei boschi in evoluzione naturale, mentre i boschi in diradamento mostrano valori maggiori di larghezza lamina (Leaf width) [compreso larghezza max. parte sinistra (Max width left part of the lamina) e destra della lamina (Max width right part of the lamina)].

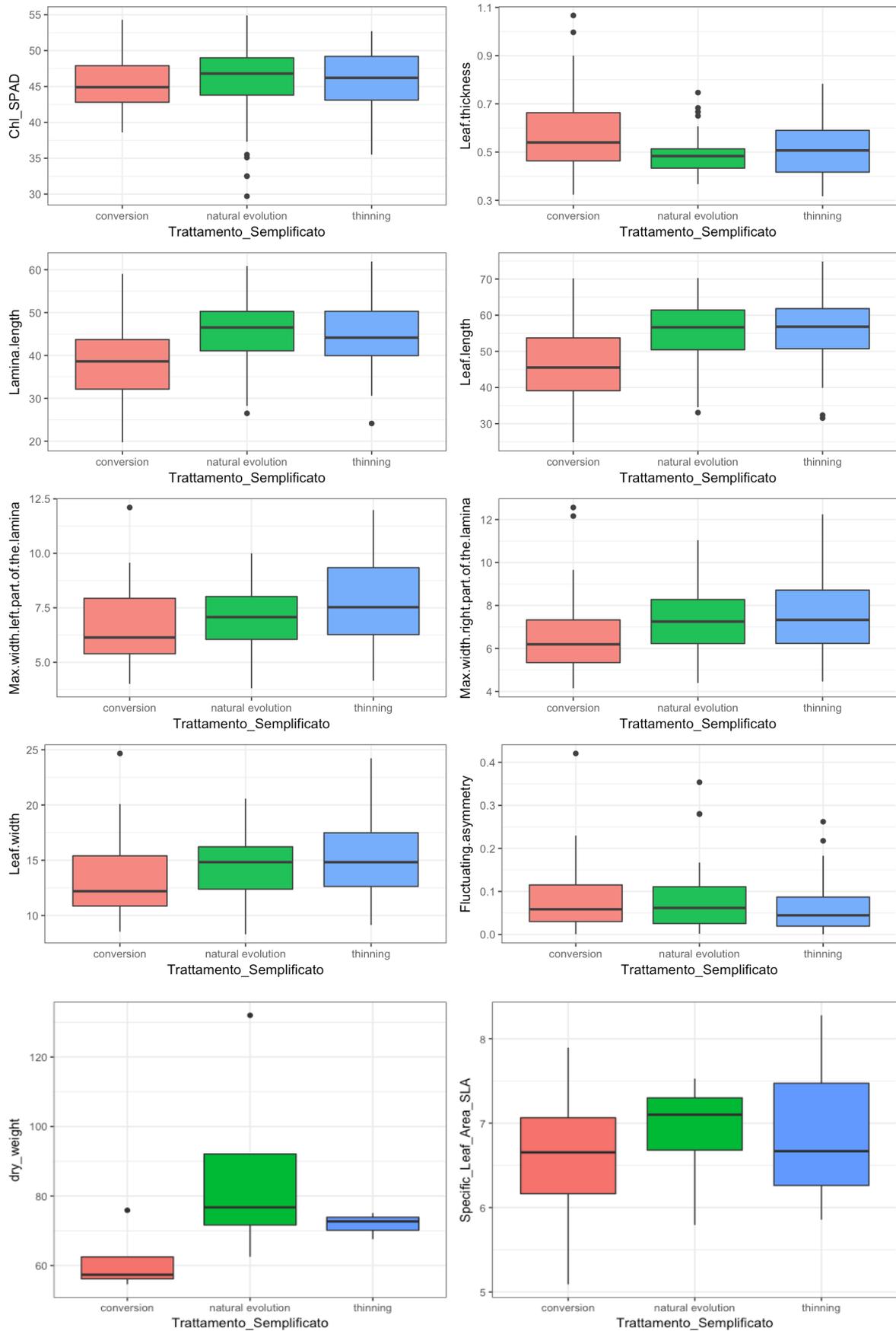


Fig. 6.75 – Distribuzione dei valori degli indicatori innovativi nei tre trattamenti. Boxplot: mediana, intervallo interquartile, range 1,5 intervallo interquartile, outliers. Test ANOVA: cfr. Tab. 6.16. → continua.

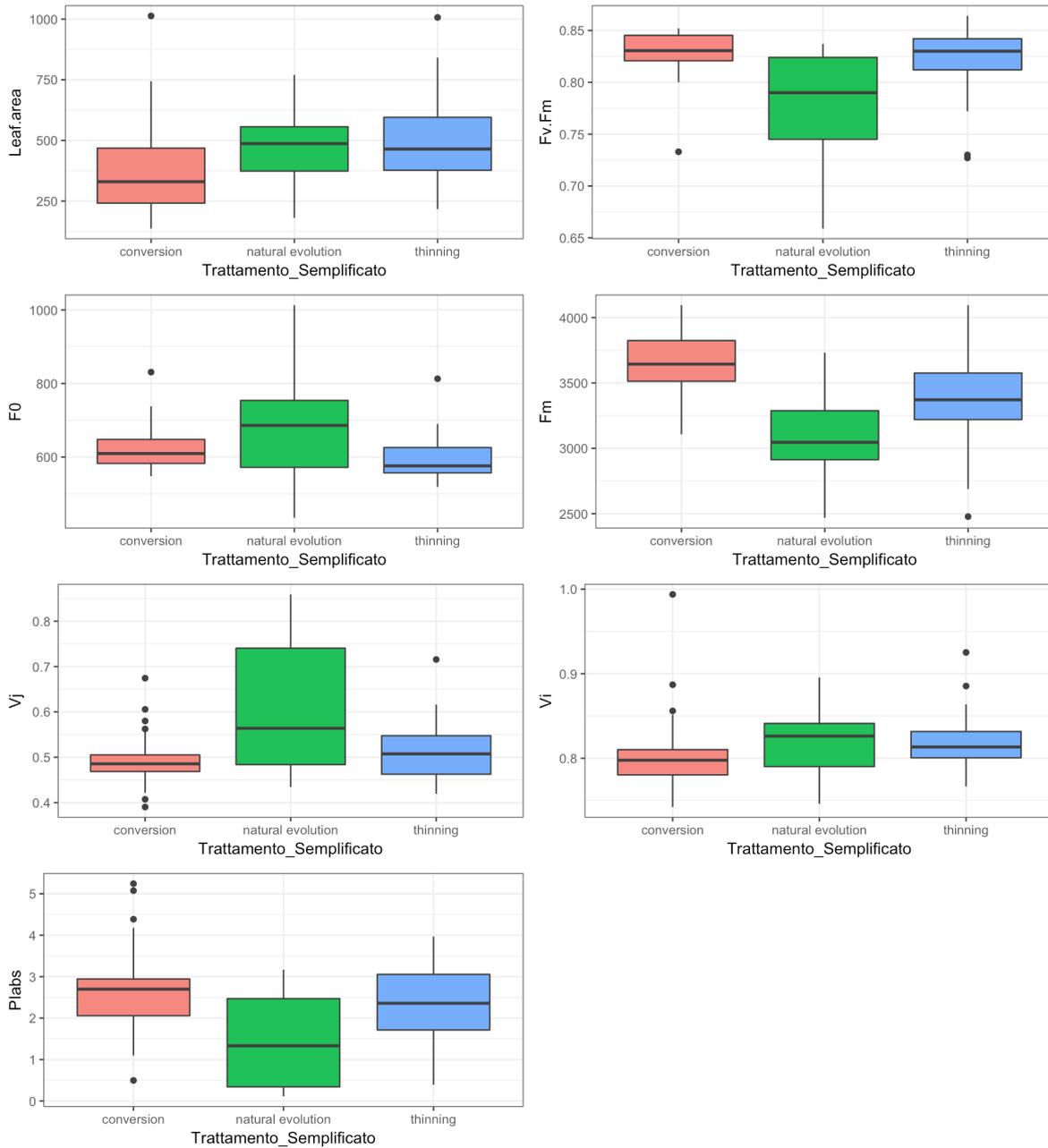


Fig. 6.75 – Distribuzione dei valori degli indicatori innovativi nei tre trattamenti. Boxplot: mediana, intervallo interquartile, range 1,5 intervallo interquartile, outliers. Test ANOVA: cfr. Tab. 6.16. (continua da pag. precedente)

La Figura 6.76 riporta i valori di accrescimento della popolazione arborea nel sito di Alberese. I due rilievi disponibili rendono possibile calcolare un unico valore incrementale nei 15 anni di osservazione. I valori, compresi tra 0,6 (thinning) e 3 (natural evolution)  $\text{m}^3 \text{ha}^{-1} \text{anno}^{-1}$ , sono relativamente bassi, ma tipici delle formazioni di leccio e sclerofille sempreverdi sub-costiere qui rappresentati.

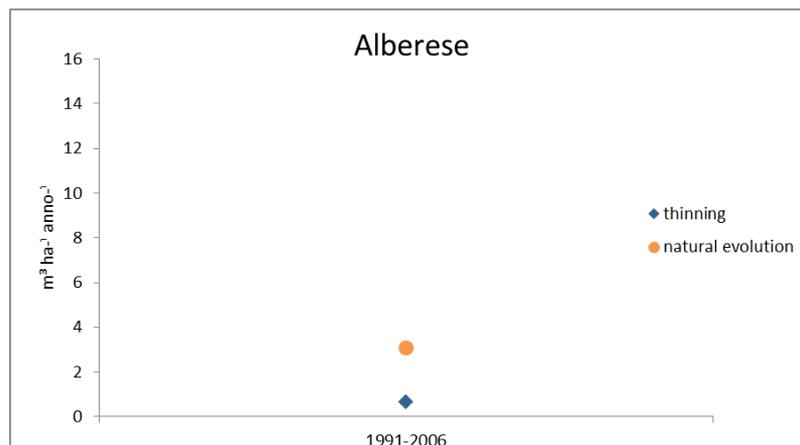


Fig. 6.76 – Accrescimento della popolazione arborea nei tre trattamenti.

## 6.2.2 Buca Zamponi

La Tabella 6.18 riporta le statistiche descrittive relative ai dati degli indicatori innovativi (contenuto di clorofilla, parametri morfometrici fogliari, fluorescenza della clorofilla a) rilevati nel sito di Buca Zamponi (faggio).

Tab. 6.18 – Statistiche descrittive degli indicatori innovativi per il dataset del sito di Buca Zamponi.

Indicatore	min	1° quartile	mediana	media	3° quartile	max
Chl_SPAD	28,00	34,30	36,30	36,35	38,20	45,10
Leaf thickness	0,1933	0,2800	0,3100	0,3069	0,3400	0,4200
Lamina length	31,67	44,96	52,22	52,94	59,26	81,61
Leaf length	37,33	52,97	60,13	61,34	68,48	90,87
Max width left part of the lamina	8,453	14,659	17,663	17,776	20,145	28,934
Max width right part of the lamina	9,022	15,237	17,281	17,903	20,407	31,311
Leaf width	18,75	30,22	35,41	35,88	40,27	59,70
Fluctuating asymmetry	0,0035	0,09507	0,1502	0,1551	0,2088	0,4482
Leaf area	403,5	981,2	1251,6	1363,1	1672,7	3166,4
Dry weight	54,30	73,05	91,50	94,80	11,75	56,70
Specific leaf area	8,92	11,17	13,12	13,84	15,05	29,31
Fv/Fm	0,7740	0,8165	0,8270	0,8266	0,8400	0,8650
F0	470,0	506,0	521,0	523,5	541,0	630,0
Fm	2321	2790	3038	3050	3278	4009
Vj	0,3765	0,4609	0,4881	0,4897	0,5147	0,6270
Vi	0,7509	0,8064	0,8285	0,8299	0,8510	0,9303
Plabs	1,059	1,903	2,330	2,380	2,762	4,565

La Figura 6.77 riporta la distribuzione dei valori degli indicatori innovativi (contenuto di clorofilla, tratti anatomici fogliari, fluorescenza della clorofilla a) nel sito di Buca Zamponi nei due trattamenti (conversione

ad alto fusto ed evoluzione naturale). I risultati dell'ANOVA mostrano una differenza significativa tra i diversi trattamenti (Tab. 6.16,  $p < 0,05$ ) solo per alcuni indicatori. In particolare, contenuto di clorofilla (Chl\_SPAD), spessore della lamina (leaf thickness) e fluorescenza variabile relativa al tempo  $t=30$  ms (Vi) mostrano valori più elevati nei boschi in evoluzione naturale, mentre i valori di fluorescenza iniziale (F0) sono più alti nei boschi in conversione.

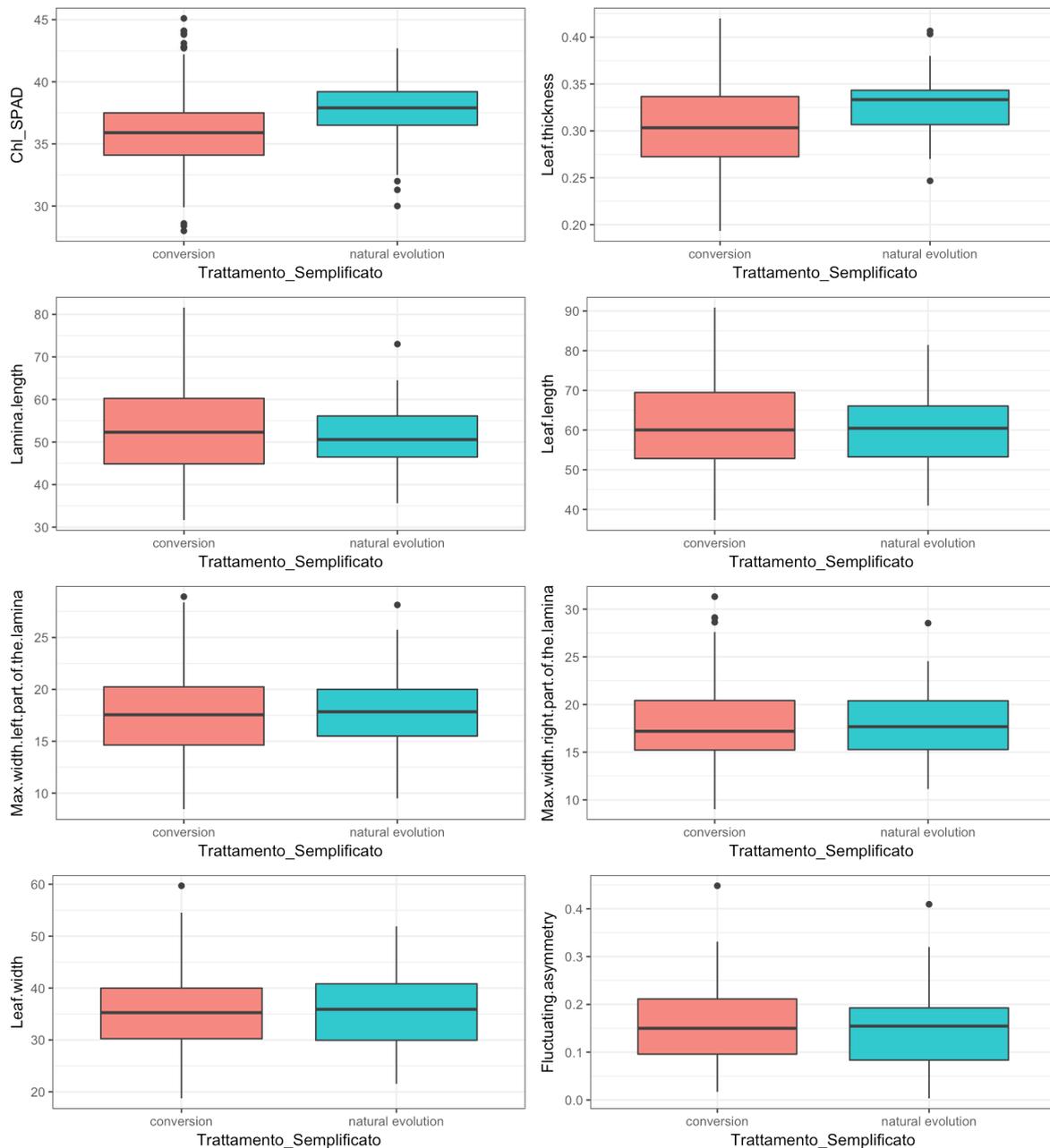


Fig. 6.77 – Distribuzione dei valori degli indicatori innovativi nei due trattamenti. Boxplot: mediana, intervallo interquartile, range 1,5 intervallo interquartile, outliers. Test ANOVA: cfr. Tab. 6.16. → continua.

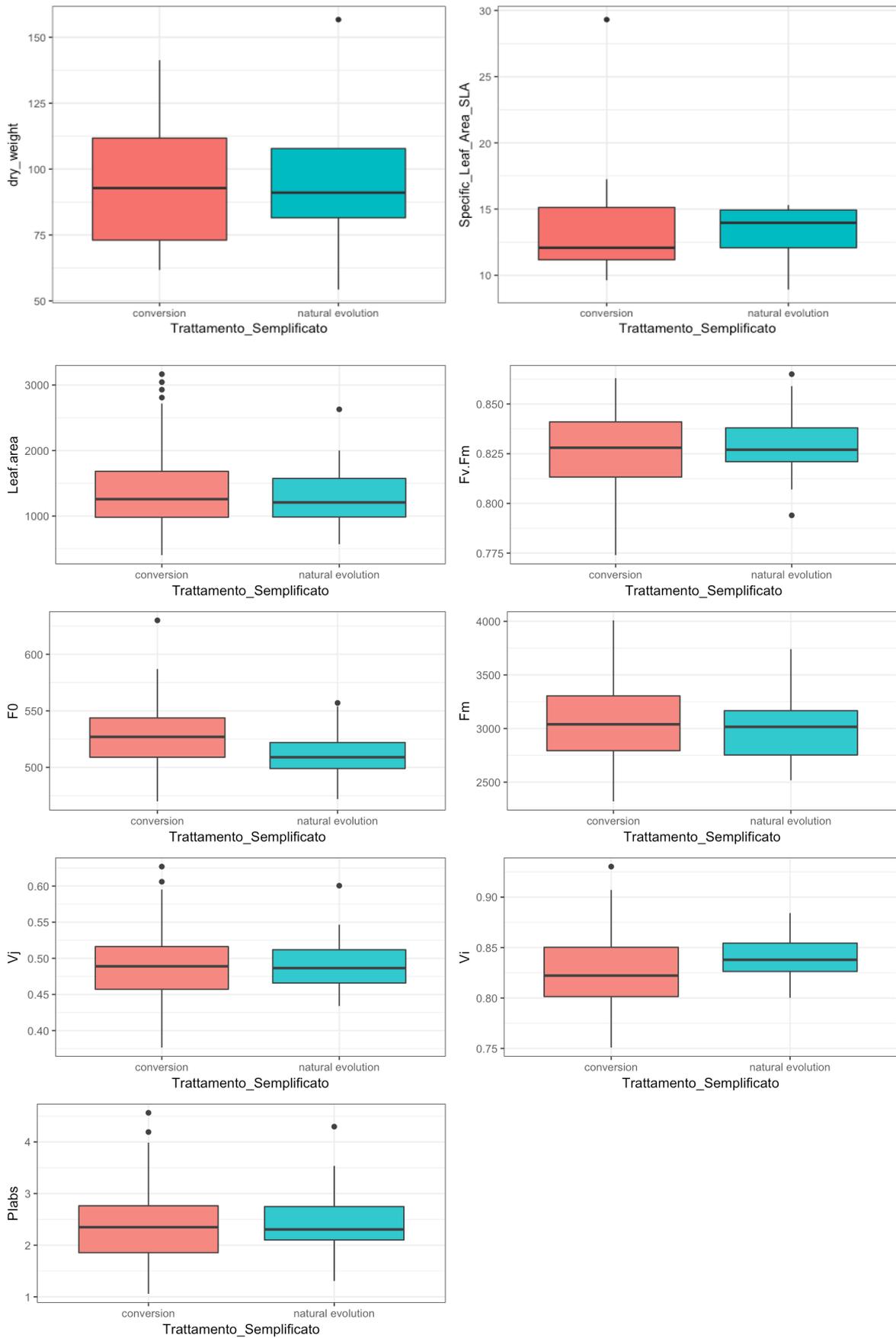


Fig. 6.77 – Distribuzione dei valori degli indicatori innovativi nei due trattamenti. Boxplot: mediana, intervallo interquartile, range 1,5 intervallo interquartile, outliers. Test ANOVA: cfr. Tab. 6.16. (continua da pagina precedente).

La Figura 6.78 riporta i valori di accrescimento della popolazione arborea nel sito di Buca Zamponi nei due trattamenti (conversione ad alto fusto, evoluzione naturale). L'andamento dell'incremento corrente di volume (stand growth) mostra, oltre la ridotta variazione iniziale tra i valori, un andamento simile nelle varianti della opzione colturale di avviamento (conversion), ma soprattutto la comune età di culminazione con l'evoluzione naturale (natural evolution). I diradamenti, nel caso analizzato, non spostano questa soglia di età (Fabbio 2016). I valori sono compresi tra 7 e 14 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> anno<sup>-1</sup>, a significare non solo il livello di fertilità medio-buono, ma soprattutto il mantenimento degli stessi valori fino ad età relativamente elevate.

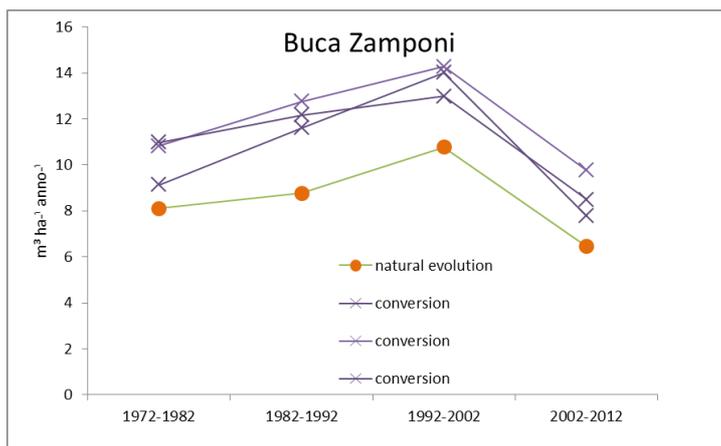


Fig. 6.78 – Accrescimento della popolazione arborea nei due trattamenti di Buca Zamponi.

### 6.2.3 Is Cannoneris

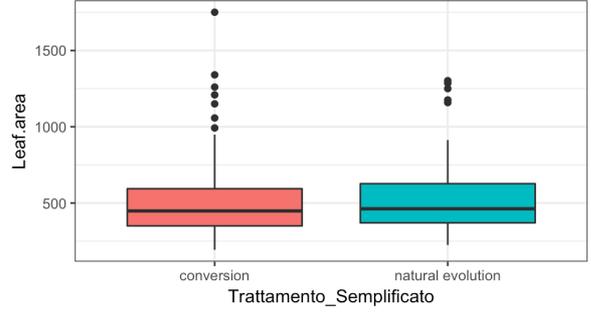
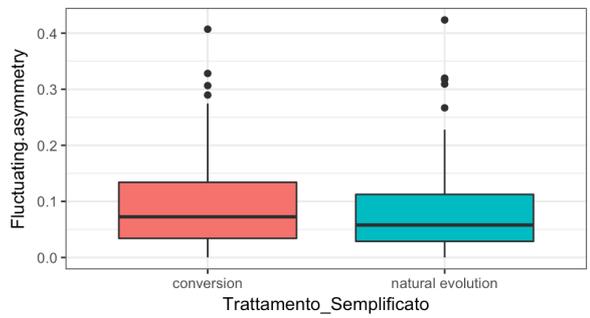
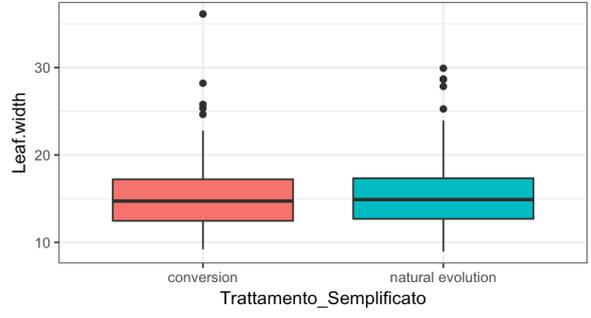
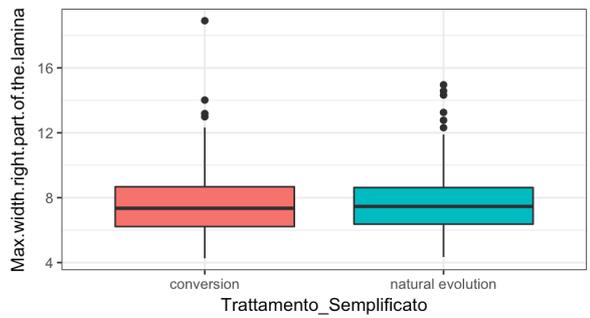
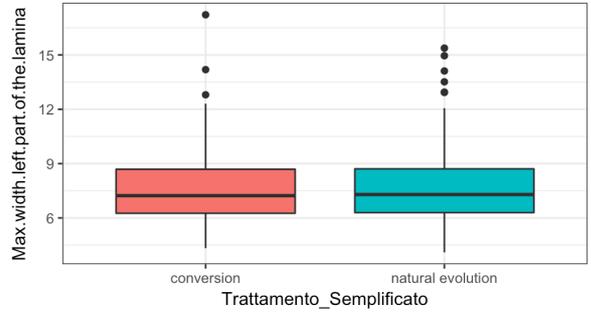
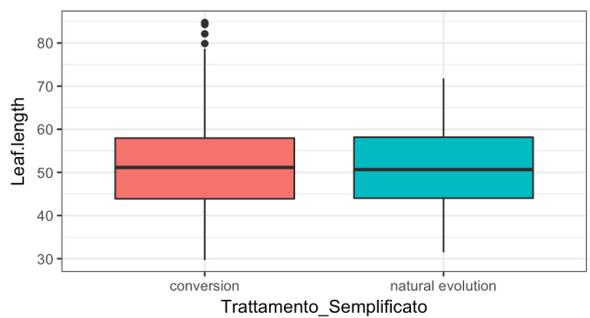
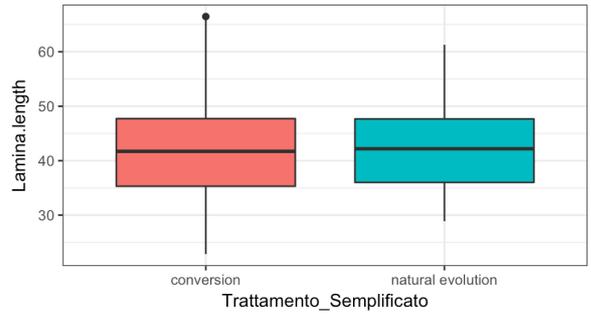
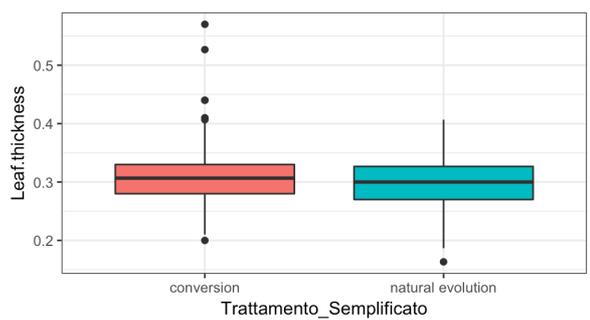
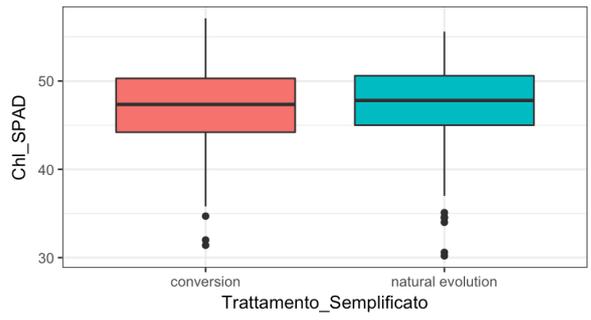
La Tabella 6.19 riporta le statistiche descrittive relative ai dati degli indicatori innovativi (contenuto di clorofilla, parametri morfometrici fogliari, fluorescenza della clorofilla a) rilevati nel sito di Is Cannoneris (leccio).

Tab. 6.19 – Statistiche descrittive degli indicatori innovativi per il dataset del sito di Is Cannoneris.

Indicatore	min	1° quartile	mediana	media	3° quartile	max
Chl_SPAD	30,20	44,20	47,60	47,04	50,30	57.10
Leaf thickness	0,1633	0,2767	0,3033	0,3041	0,3300	0.5700
Lamina length	22,84	35,58	41,88	42,24	47,72	66.47
Leaf length	29,68	43,89	51,10	51,73	58,10	84.75
Max width left part of the lamina	4,100	6,260	7,243	7,616	8,688	7.218
Max width right part of the lamina	4,266	6,228	7,374	7,639	8,653	8,906
Leaf width	8,947	12,580	14,762	15,255	17,287	36,124
Fluctuating asymmetry	0,0000	0,0308	0,0684	0,0865	0,1273	0,4236
Leaf area	193,5	356,6	454,5	502,9	601,0	750,9
Dry weight	43,80	72,00	86,70	85,93	96,60	40,50
Specific leaf area	4,306	4,877	5,969	5,904	6,510	7,979
Fv/Fm	NA	NA	NA	NA	NA	NA
F0	NA	NA	NA	NA	NA	NA

<b>Indicatore</b>	<b>min</b>	<b>1° quartile</b>	<b>mediana</b>	<b>media</b>	<b>3° quartile</b>	<b>max</b>
Fm	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Vj	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Vi	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Plabs	NA	NA	NA	NA	NA	NA

La Figura 6.79 riporta la distribuzione dei valori degli indicatori innovativi (contenuto di clorofilla, tratti anatomici fogliari) nel sito di Is Cannoneris nei due trattamenti (conversione ad alto fusto ed evoluzione naturale). Le misure di fluorescenza della clorofilla a non sono disponibili. Gli indicatori misurati mostrano valori molto simili per i due trattamenti e l'ANOVA non ha evidenziato differenze significative tra i due set di dati (Tab. 6.16,  $p > 0,05$ ).



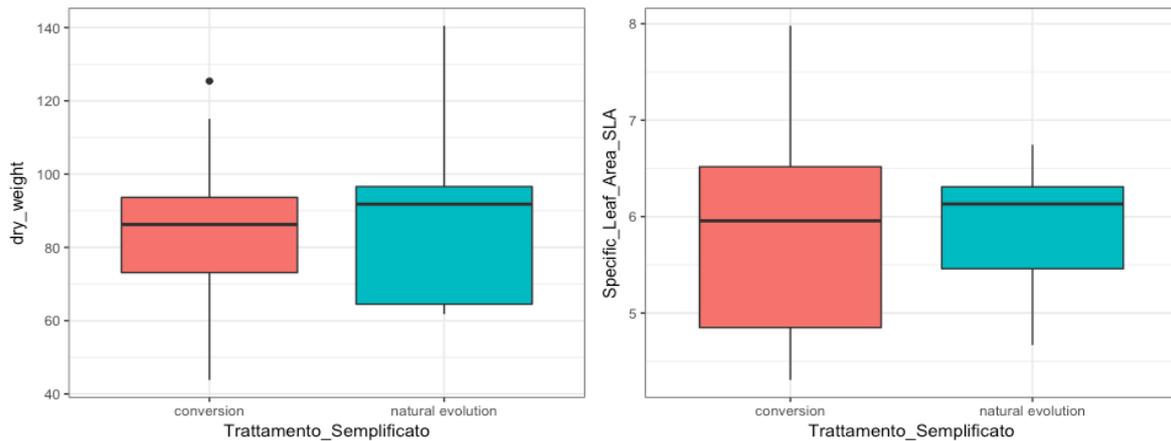


Fig. 6.79 – Distribuzione dei valori degli indicatori innovativi (tranne la fluorescenza della clorofilla a) nei due trattamenti. Boxplot: mediana, intervallo interquartile, range, 1,5 intervallo interquartile, outliers. Test ANOVA: cfr. Tab. 6.16.

La Figura 6.89 riporta i valori di accrescimento della popolazione arborea nel sito di Is Cannoneris nei due trattamenti (conversione ad alto fusto, evoluzione naturale). Si osservano andamenti nettamente differenziati tra le due opzioni, con valori pressoché costanti nella opzione evoluzione naturale (natural evolution) lungo tutto il periodo osservato. L'aumento deciso della pendenza incrementale si mantiene altrettanto costante nella opzione avviamento (conversion), pure con pendenze differenziate tra le repliche e le tesi. I valori sono compresi tra 2 e 10 m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup>anno<sup>-1</sup>. La variabilità di accrescimento è una componente costante in ambienti forestali mediterraneo-montani quali quelli rappresentati.

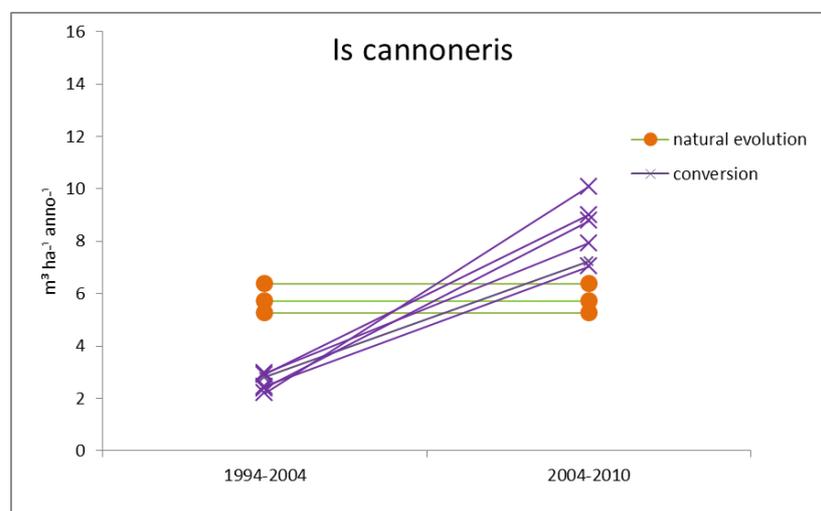


Fig. 6.80 – Accrescimento della popolazione arborea nei due trattamenti di Is cannoneris.

## 6.2.4 Poggio Pievano

La Tabella 6.20 riporta le statistiche descrittive relative ai dati degli indicatori innovativi (contenuto di clorofilla, parametri morfometrici fogliari, fluorescenza della clorofilla a) rilevati nel sito di Poggio Pievano (cerro).

Tab. 6.20 – Statistiche descrittive degli indicatori innovativi per il dataset del sito di Poggio Pievano.

Indicatore	min	1° quartile	mediana	media	3° quartile	max
Chl_SPAD	25,30	38,10	41,00	40,80	43,75	52,30
Leaf thickness	0,2867	0,3692	0,4000	0,4041	0,4342	0,5233
Lamina length	30,95	53,29	66,56	67,26	76,64	42,82
Leaf length	36,30	62,11	77,18	77,81	89,10	57,67
Max width left part of the lamina	6,978	12,332	15,304	16,196	19,538	40,693
Max width right part of the lamina	6,51	12,64	15,51	16,46	20,10	44,05
Leaf width	13,90	26,12	31,91	32,70	38,51	84,74
Fluctuating asymmetry	0,0007	0,0883	0,1746	0,2103	0,2987	0,8852
Leaf area	93,52	798,94	1111,39	1220,51	1551,03	5078,88
Dry weight	88,90	97,55	110,10	118,53	115,88	187,50
Specific leaf area	7,734	9,251	10,002	10,650	11,005	15,190
Fv/Fm	0,6030	0,8185	0,8310	0,8282	0,8420	0,8590
F0	438,0	500,0	520,0	526,4	542,0	824,0
Fm	2078	2856	3068	3092	3276	4095
Vj	0,4188	0,4847	0,5122	0,5173	0,5427	0,7357
Vi	0,7219	0,7868	0,8117	0,8131	0,8365	1
Plabs	0,228	1,880	2,385	2,374	2,861	4,352

La Figura 6.81 riporta la distribuzione dei valori degli indicatori innovativi (contenuto di clorofilla, tratti anatomici fogliari, fluorescenza della clorofilla a) nel sito di Poggio Pievano nei tre trattamenti (conversione ad alto fusto, evoluzione naturale e ceduo tradizionale). I risultati dell'ANOVA mostrano una differenza significativa tra i diversi trattamenti (Tab. 6.16,  $p < 0,05$ ) solo per alcuni indicatori. In particolare, contenuto di clorofilla (Chl\_SPAD), spessore della lamina (Leaf thickness) e fluorescenza variabile relativa al tempo  $t=2$  ms (Vj) mostrano valori più elevati nei cedui tradizionali, mentre i valori di Performance index ( $PI_{abs}$ ) sono più alti nei boschi in evoluzione naturale.

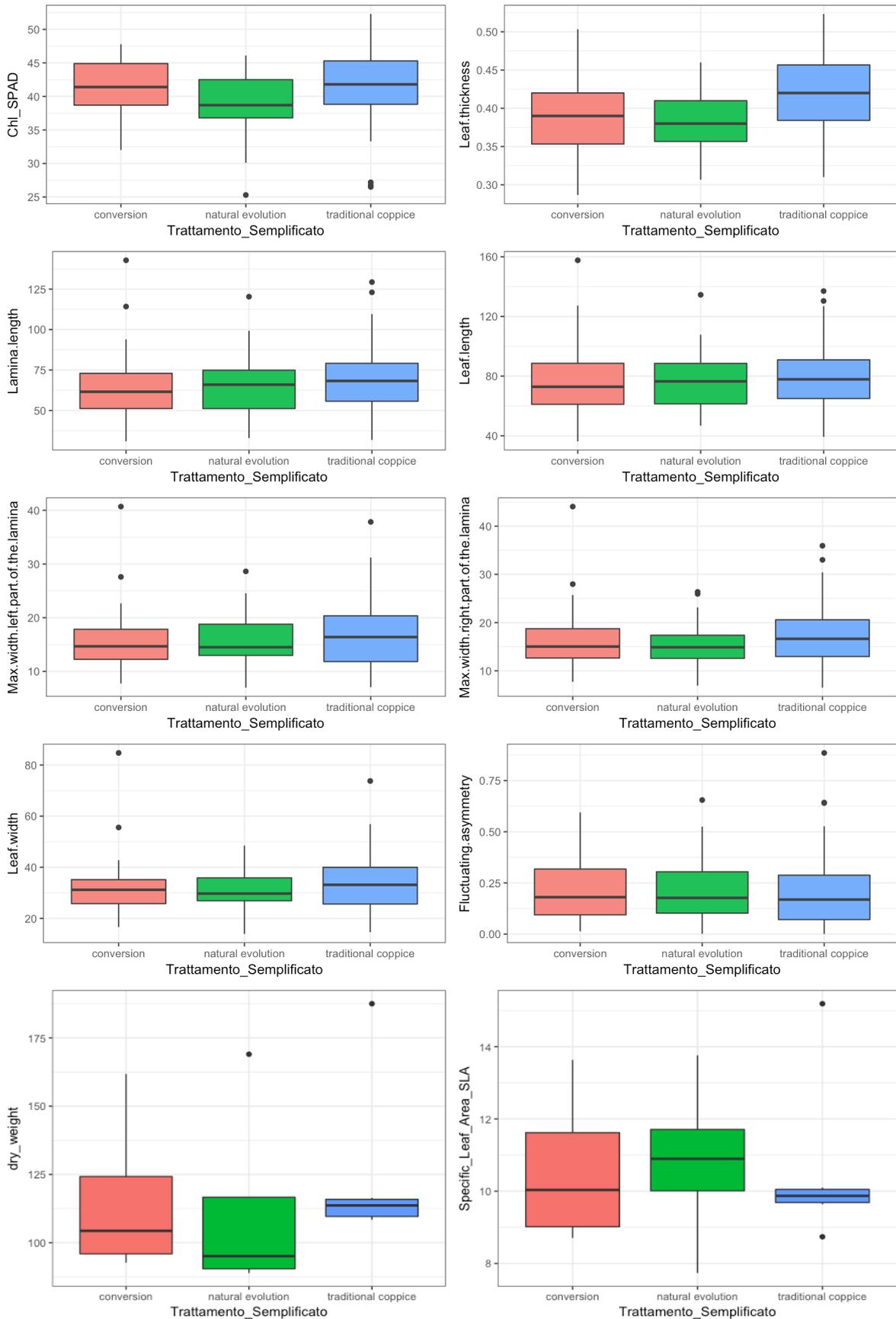


Fig. 6.81 – Distribuzione dei valori degli indicatori innovativi nei tre trattamenti. Boxplot: mediana, intervallo interquartile, range 1,5 intervallo interquartile, outliers. Test ANOVA: cfr. Tab. 6.16. → continua.

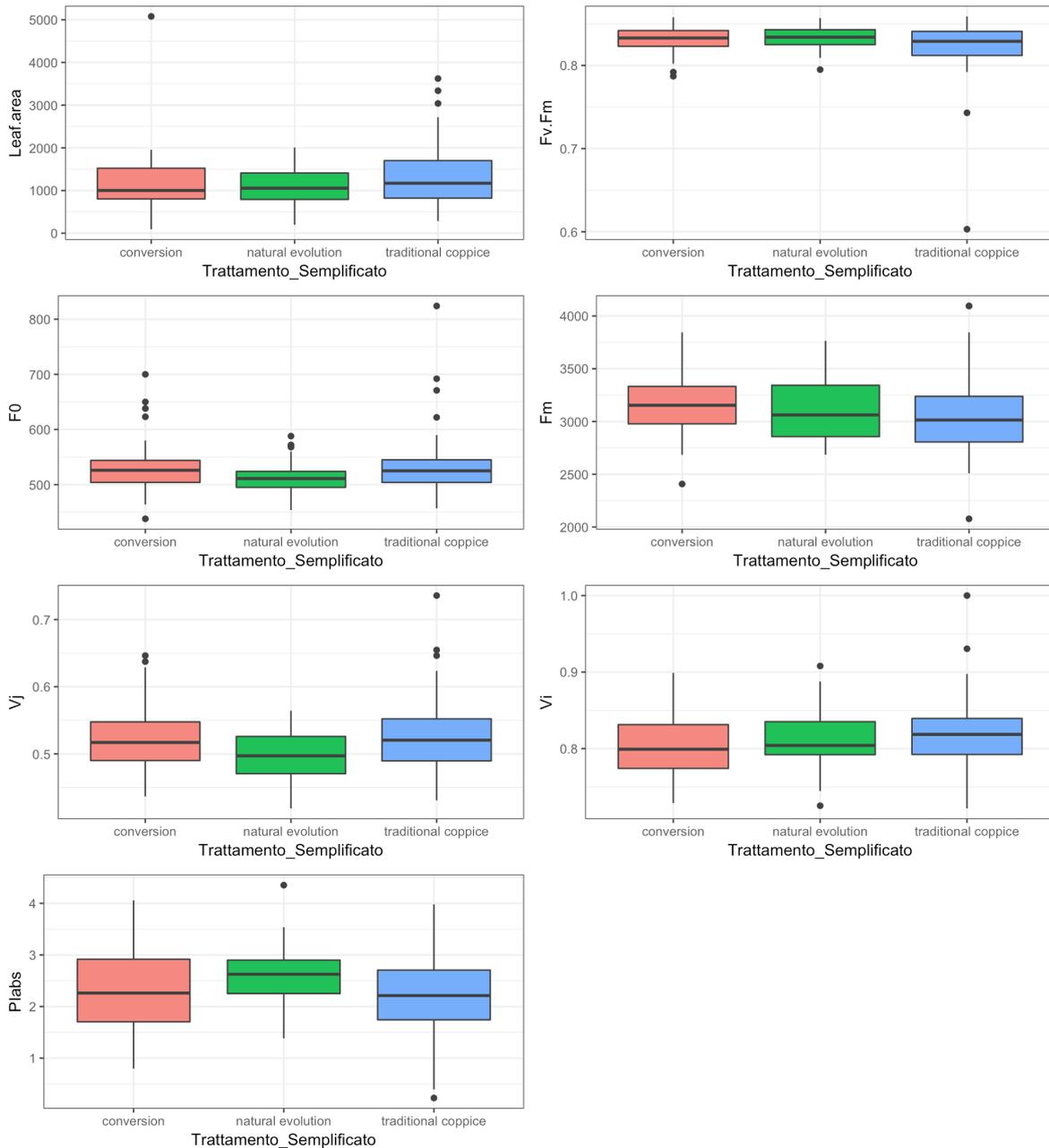


Fig. 6.81 – Distribuzione dei valori degli indicatori innovativi nei tre trattamenti. Boxplot: mediana, intervallo interquartile, range 1,5 intervallo interquartile, outliers. Test ANOVA: cfr. Tab. 6.16. (continua da pagina precedente).

La Figura 6.82 riporta i valori di accrescimento della popolazione arborea nel sito di Poggio Pievano nei tre trattamenti (conversione ad alto fusto, evoluzione naturale, ceduo tradizionale). L'unico rilievo disponibile consente il calcolo di un solo valore di incremento (medio) nel periodo 1-35 anni. I valori nelle aree che originano le diverse opzioni colturali sono molto simili e compresi tra 5 e 6 m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup>anno<sup>-1</sup>, con il valore più alto per l'opzione di avviamento (conversion). Questi corrispondono ad un livello di fertilità medio per la specie e l'ambiente considerato.

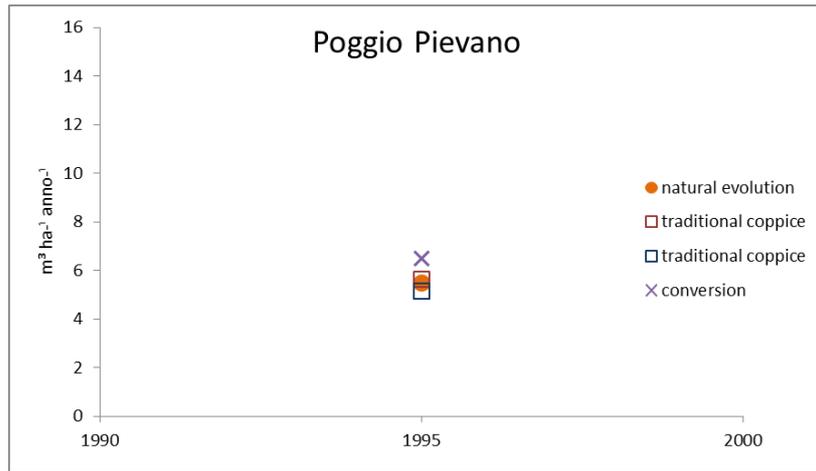


Fig. 6.82 – Accrescimento della popolazione arborea nei tre trattamenti di Poggio Pievano.

### 6.3 Confronto tra indicatori tradizionali e innovativi

Questa sezione riporta i risultati della correlazione tra indicatori tradizionali e innovativi.

La Figura 6.83 riporta la matrice di correlazione tra indicatori innovativi e tradizionali considerando l'intero dataset di progetto. Gli indicatori relativi alla fluorescenza della clorofilla *a* non sono qui considerati perché mancano i dati per il sito di Is Cannoneris.

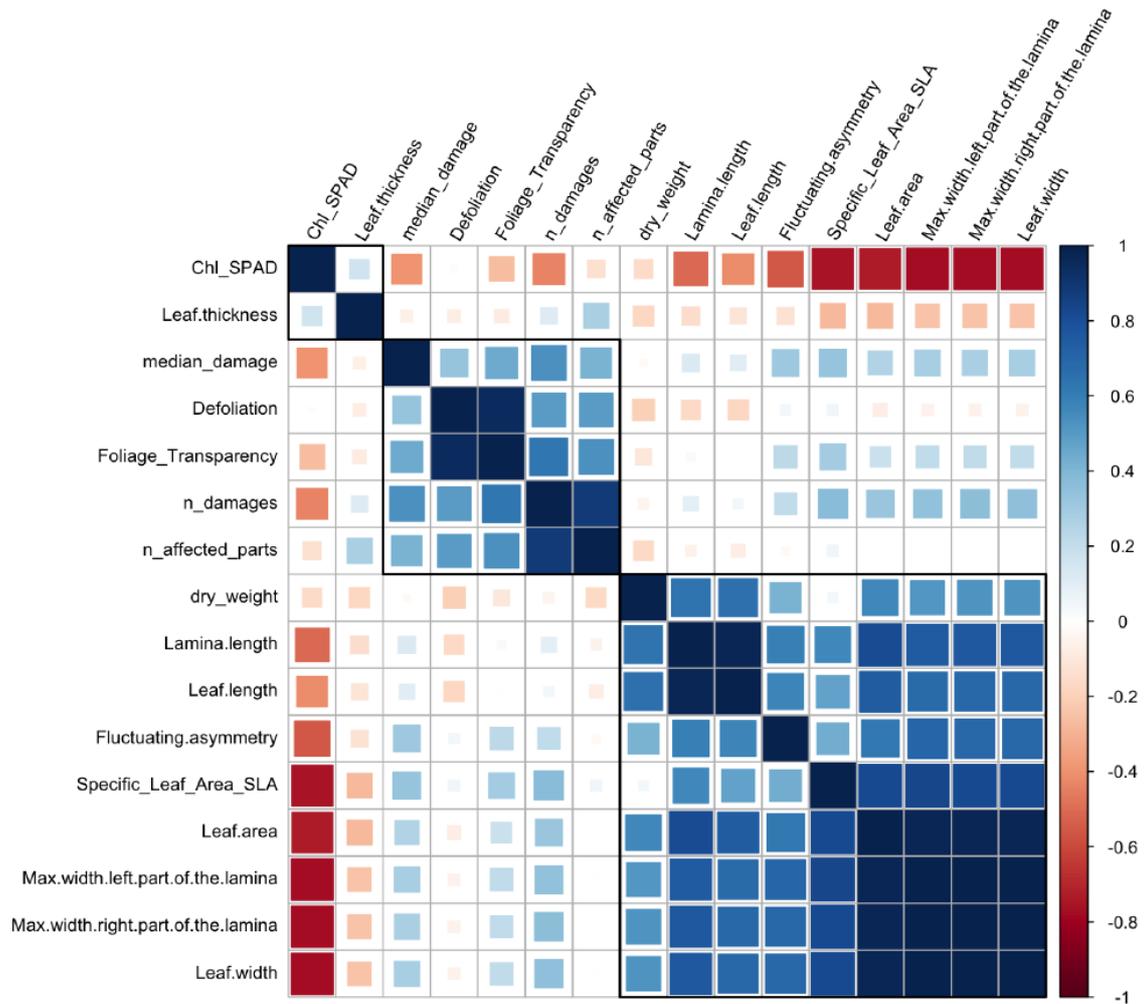


Fig. 6.83 – Matrice di correlazione tra indicatori innovativi e tradizionali considerando l'intero dataset.

Complessivamente, si evidenzia una - seppur debole - correlazione negativa tra i danni (n. danni ed estensione mediana del danno) ed il contenuto di clorofilla (Chl SPAD).

## 6.3.1 Alberese

### 6.3.1.1 Statistiche di base

Il dataset è costituito da 11 alberi. In Tabella 6.21 sono riportate le statistiche descrittive di base delle variabili considerate.

Tab. 6.21 - Statistiche di base delle variabili considerate.

Variabile	media	DS	min	max
Chl_SPAD	45,28	2.221	42,15	48,99
Leaf thickness	0,52	0,082	0,42	0,73
Lamina length	44,59	7,213	33,49	61,67
Leaf length	53,81	7,922	39,89	70,76
Max width left part of the lamina	7,561	1,387	5,88	10,62
Max width right part of the lamina	7,553	1,388	5,739	10,62
Leaf width	15,11	2,769	11,66	21,24
Fluctuating asymmetry	0,0754	0,0151	0,0477	0,102
Leaf area	504,1	185,2	278	993,6
Dry weight	73,509	21,204	54,6	132
Specific leaf area	6,783	0,951	5,091	8,277
Fv/Fm	0,8065	0,0377	0,736	0,8413
F0	641,6	82,4	563,9	798,5
Fm	3372	277,1	3024	3771
Vj	0,5504	0,0948	0,4587	0,7593
Vi	0,8132	0,0132	0,79	0,8387
Plabs	2.097	0,8671	0,57	3,115
Transparency	32,27	22,95	5	80
Defoliation	29,09	22,89	5	75

### 6.3.1.4 Matrice di correlazione

In Figura 6.84 è riportata la matrice di correlazione per il sito di Alberese fra tutti i parametri considerati (indicatori tradizionali e innovativi); in Tabella 6.22 sono riportati i valori di correlazione tra i parametri descrittivi della condizione delle chiome (indicatori tradizionali: trasparenza, defogliazione, danni) ed i parametri di morfometria della foglia e di fluorescenza della clorofilla a (indicatori innovativi).

Per il sito di Alberese esiste una correlazione significativamente positiva anche tra i danni (numero di danni e numero di parti affette) ed i parametri che descrivono la forma della foglia (eccettuato lo spessore, l'asimmetria fluttuante e l'area specifica fogliare) ed il peso secco (dry weight). Si evidenzia inoltre una correlazione negativa (ma non significativa) tra la trasparenza della chioma (e defogliazione) e lo spessore della lamina fogliare ed il performance index (Plabs); tra i danni (n. danni e n. parti affette) e la performance fotosintetica potenziale (Fv/Fm e Plabs).



Tab. 6.22 – Valori di correlazione e relativa significatività (p-value) fra i parametri descrittivi della condizione delle chiome (indicatori tradizionali: trasparenza, defogliazione, danni) ed i parametrici di morfometria della foglia e di fluorescenza della clorofilla a (indicatori innovativi) del sito di Alberese.

**Coefficienti di correlazione**

	Foliage_Transparency	Defoliation	n_damages	n_affected_parts
Chl_SPAD	0.3530	0.3470	0.4863	0.4863
Leaf.thickness	-0.5123	-0.4269	-0.4555	-0.4555
Lamina.length	0.0495	-0.0308	0.7551	0.7551
Leaf.length	0.1242	0.0284	0.8920	0.8920
Max.width.left.part.of.the.lamina	0.3185	0.2789	0.6344	0.6344
Max.width.right.part.of.the.lamina	0.4596	0.4107	0.6836	0.6836
Leaf.width	0.3904	0.3460	0.6622	0.6622
Fluctuating.asymmetry	0.3055	0.4037	-0.2263	-0.2263
Leaf.area	0.3375	0.2701	0.8062	0.8062
dry_weight	0.2141	0.0705	0.7155	0.7155
Specific_Leaf_Area_SLA	0.2771	0.3279	0.3302	0.3302
Fv.Fm	-0.2491	-0.1761	-0.4365	-0.4365
F0	0.3868	0.3431	0.3800	0.3800
Fm	0.1004	0.2149	-0.4525	-0.4525
Vj	0.4450	0.3666	0.4332	0.4332
Vi	0.5506	0.4452	0.7226	0.7226
Plabs	-0.4122	-0.3162	-0.4023	-0.4023

**p-value**

	Foliage_Transparency	Defoliation	n_damages	n_affected_parts
Chl_SPAD	0.2157	0.2242	0.0779	0.0779
Leaf.thickness	0.0611	0.1280	0.1017	0.1017
Lamina.length	0.8667	0.9167	0.0018	0.0018
Leaf.length	0.6723	0.9231	0.0000	0.0000
Max.width.left.part.of.the.lamina	0.2670	0.3343	0.0148	0.0148
Max.width.right.part.of.the.lamina	0.0983	0.1446	0.0070	0.0070
Leaf.width	0.1675	0.2256	0.0099	0.0099
Fluctuating.asymmetry	0.2881	0.1523	0.4366	0.4366
Leaf.area	0.2380	0.3503	0.0005	0.0005
dry_weight	0.4623	0.8108	0.0040	0.0040
Specific_Leaf_Area_SLA	0.3376	0.2524	0.2489	0.2489
Fv.Fm	0.3905	0.5470	0.1186	0.1186
F0	0.1719	0.2297	0.1801	0.1801
Fm	0.7327	0.4606	0.1042	0.1042
Vj	0.1109	0.1973	0.1217	0.1217
Vi	0.0413	0.1106	0.0035	0.0035
Plabs	0.1430	0.2708	0.1539	0.1539

## 6.3.2 Buca Zamponi

### 6.3.2.1 Statistiche di base

Il dataset è costituito da 19 alberi. In Tabella 6.23 sono riportate le statistiche di base delle variabili considerate.

Tab. 6.23 – Statistiche di base delle variabili considerate.

Variable	media	DS	min	max
Chl_SPAD	36,23	2,12	33,46	40,85
Leaf thickness	0,304	0,040	0,217	0,360
Lamina length	51,92	7,01	40,76	64,88
Leaf length	60,24	7,35	47,42	73,53
Max width left part of the lamina	17,24	2,29	13,07	21,71
Max width right part of the lamina	17,45	2,28	13,06	21,37
Leaf width	34,90	4,50	26,37	43,02
Fluctuating asymmetry	0,16	0,03	0,11	0,20
Leaf area	1303,63	332,03	741,80	1924,41
Dry weight	94,80	29,22	54,30	156,70
Specific leaf area	14,46	4,63	8,92	29,31
Fv/Fm	0,82	0,01	0,79	0,85
F0	527,01	16,69	493,20	564,13
Fm	3023,02	240,83	2584,13	3520,87
Vj	0,50	0,03	0,45	0,54
Vi	0,83	0,03	0,78	0,89
Plabs	2,27	0,42	1,56	2,30
Transparency	38,42	19,65	10,00	75,00
Defoliation	28,42	19,65	0,00	65,00

### 6.3.2.4 Matrici di correlazione

In Figura 6.85 è riportata la correlazione fra tutti i parametri considerati per il sito di Buca Zamponi, mentre in Tabella 6.24 sono riportati i valori di correlazione tra i parametri descrittivi della condizione delle chiome (indicatori tradizionali: trasparenza, defogliazione, danni) ed i parametri di morfometria della foglia e di fluorescenza della clorofilla a (indicatori innovativi).

Per il sito di Buca Zamponi si evidenzia un correlazione significativamente positiva tra il contenuto di clorofilla delle foglie e tutti gli indicatori tradizionali. Una correlazione significativamente negativa tra la defogliazione e il peso secco delle foglie zione e la performance fotosintetica potenziale (Fv/Fm e Plabs). Correlazione significativamente negativa anche tra il numero di danni e Fv/Fm.

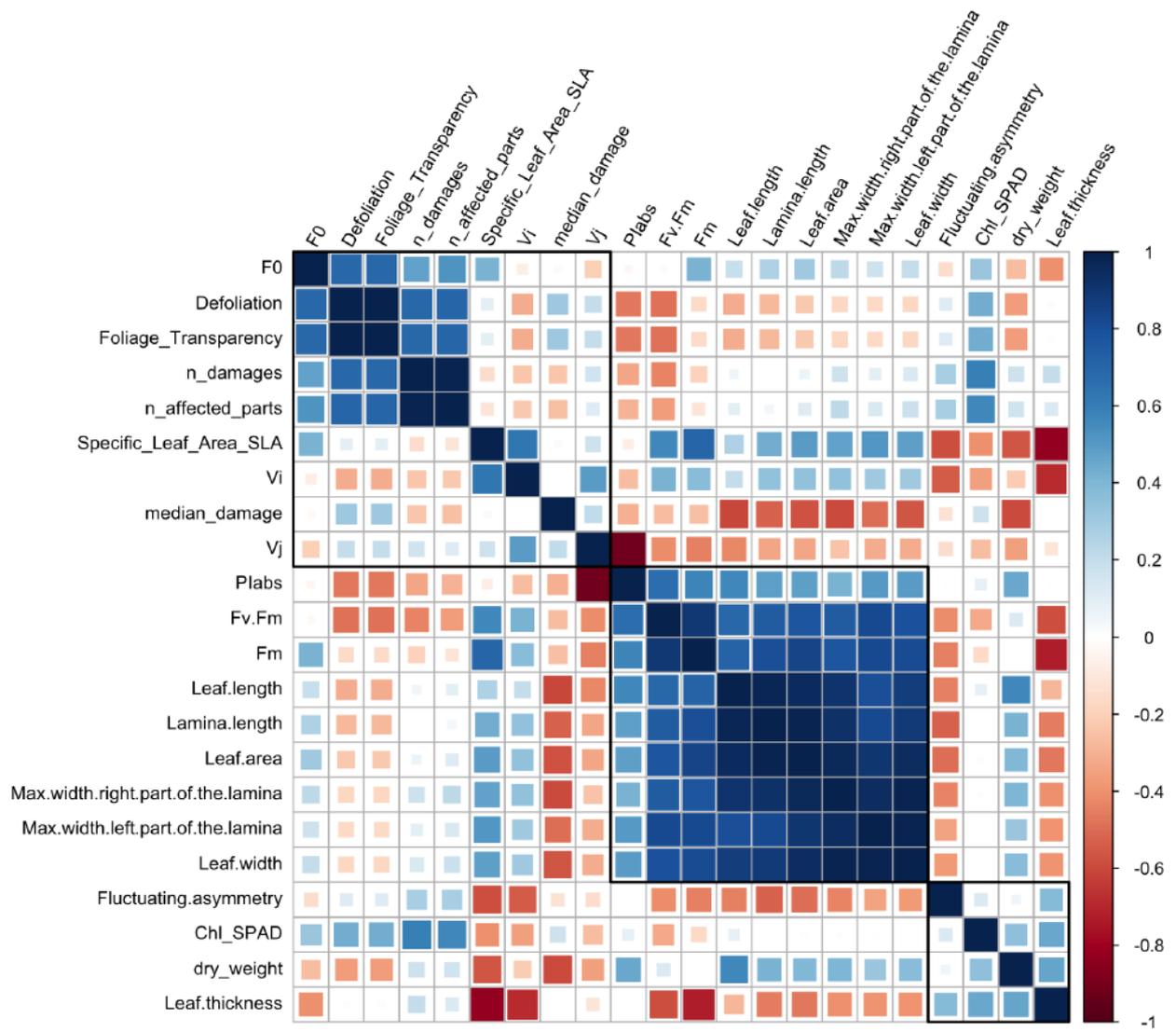


Fig. 6.85 – Correlazione fra tutti gli indicatori innovativi e tradizionali considerati nel sito di Buca Zamponi.

Tab. 6.24 – Valori di correlazione e relativa significatività (p-value) fra i parametri descrittivi della condizione delle chiome (indicatori tradizionali: trasparenza, defogliazione, danni) ed i parametri di morfometria della foglia e di fluorescenza della clorofilla a (indicatori innovativi) del sito di Buca Zamponi.

#### Coefficienti di correlazione

	Foliage_Transparency	Defoliation	n_damages	n_affected_parts
Chl_SPAD	0.4375	0.4375	0.5968	0.5638
Leaf.thickness	0.0199	0.0199	0.2056	0.1246
Lamina.length	-0.2773	-0.2773	0.0039	0.0484
Leaf.length	-0.3163	-0.3163	0.0550	0.0914
Max.width.left.part.of.the.lamina	-0.1608	-0.1608	0.0987	0.1354
Max.width.right.part.of.the.lamina	-0.1793	-0.1793	0.1750	0.2221
Leaf.width	-0.1736	-0.1736	0.1399	0.1848
Fluctuating.asymmetry	0.1108	0.1108	0.2836	0.2862
Leaf.area	-0.2211	-0.2211	0.0610	0.1104
dry_weight	-0.3629	-0.3629	0.1751	0.1687
Specific_Leaf_Area_SLA	0.0995	0.0995	-0.1453	-0.1141
Fv.Fm	-0.4892	-0.4892	-0.4331	-0.3689
F0	0.6922	0.6922	0.4739	0.5277
Fm	-0.1520	-0.1520	-0.1930	-0.1142
Vj	0.2044	0.2044	0.1700	0.1177
Vi	-0.3176	-0.3176	-0.2336	-0.2234
Plabs	-0.4613	-0.4613	-0.3388	-0.2926

#### p-value

	Foliage_Transparency	Defoliation	n_damages	n_affected_parts
Chl_SPAD	0.0325	0.0325	0.0021	0.0041
Leaf.thickness	0.9263	0.9263	0.3350	0.5618
Lamina.length	0.1895	0.1895	0.9856	0.8223
Leaf.length	0.1321	0.1321	0.7984	0.6711
Max.width.left.part.of.the.lamina	0.4530	0.4530	0.6462	0.5283
Max.width.right.part.of.the.lamina	0.4018	0.4018	0.4135	0.2970
Leaf.width	0.4172	0.4172	0.5145	0.3874
Fluctuating.asymmetry	0.6062	0.6062	0.1793	0.1752
Leaf.area	0.2991	0.2991	0.7771	0.6075
dry_weight	0.0814	0.0814	0.4131	0.4308
Specific_Leaf_Area_SLA	0.6436	0.6436	0.4981	0.5956
Fv.Fm	0.0153	0.0153	0.0345	0.0761
F0	0.0002	0.0002	0.0193	0.0080
Fm	0.4782	0.4782	0.3662	0.5952
Vj	0.3381	0.3381	0.4272	0.5838
Vi	0.1305	0.1305	0.2719	0.2941
Plabs	0.0233	0.0233	0.1053	0.1652

### 6.3.3 Is Cannoneris

#### 6.3.3.1 Statistiche di base

Il dataset è costituito da 29 alberi. In Tabella 6.25 sono riportate le statistiche di base delle variabili considerate.

Tab. 6.25 – Statistiche di base delle variabili considerate.

Variable	media	DS	min	max
Chl_SPAD	46,82	3,74	38,32	52,24
Leaf thickness	0,30	0,035	0,24	0,36
Lamina length	42,33	4,89	31,03	50,90
Leaf length	51,79	5,91	38,84	61,69
Max width left part of the lamina	7,59	1,21	5,57	11,53
Max width right part of the lamina	7,61	1,15	5,75	11,47
Leaf width	15,19	2,349	11,32	23,00
Fluctuating asymmetry	0,088	0,023	0,048	0,146
Leaf area	500,8	120,4	285,7	886,4
Dry weight	85,93	20,55	43,80	140,50
Specific leaf area	5,92	0,97	4,59	7,98
Fv/Fm	NA	NA	NA	NA
F0	NA	NA	NA	NA
Fm	NA	NA	NA	NA
Vj	NA	NA	NA	NA
Vi	NA	NA	NA	NA
Plabs	NA	NA	NA	NA
Transparency	23,97	17,9	5	75
Defoliation	23,97	17,9	5	75

#### 6.3.3.4 Matrici di correlazione

In Figura 6.86 è riportata la correlazione fra tutti i parametri considerati, mentre in Tabella 6.26 sono riportati i valori di correlazione tra i parametri descrittivi della condizione delle chiome (indicatori tradizionali: trasparenza, defogliazione, danni) ed i parametri di morfometria della foglia e di fluorescenza della clorofilla a (indicatori innovativi).

Per il sito di Is Cannoneris si evidenzia una correlazione significativamente negativa tra i danni (n. danni e n. parti affette) e la larghezza (totale, destra e sinistra) e l'area della foglia, così come tra i danni e il contenuto di clorofilla della foglia.

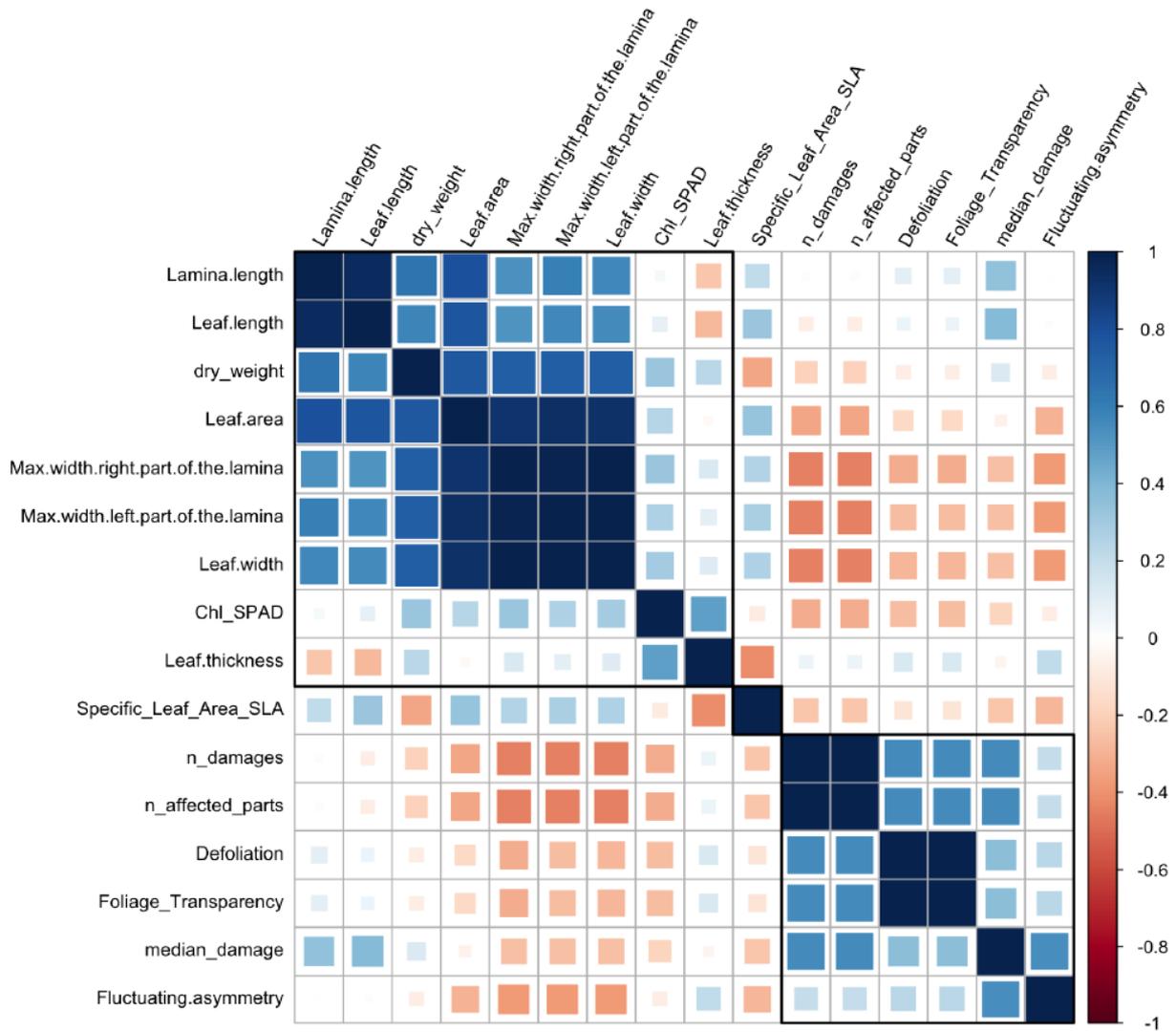


Fig. 6.86 – Correlazione fra tutti gli indicatori innovativi e tradizionali considerati nel sito di Is Cannoneris.

Tab. 6.26 - Valori di correlazione e relativa significatività (p-value) fra i parametri descrittivi della condizione delle chiome (indicatori tradizionali: trasparenza, defogliazione, danni) ed i parametri di morfometria della foglia e di contenuto di clorofilla (indicatori innovativi) del sito di Is Cannoneris.

**Coefficienti di correlazione**

	<b>Foliage_Transparency</b>	<b>Defoliation</b>	<b>n_damages</b>	<b>n_affected_parts</b>
Chl_SPAD	-0.2627	-0.2627	-0.3165	-0.3165
Leaf.thickness	0.1342	0.1342	0.0690	0.0690
Lamina.length	0.0969	0.0969	-0.0179	-0.0179
Leaf.length	0.0633	0.0633	-0.0703	-0.0703
Max.width.left.part.of.the.lamina	-0.2628	-0.2628	-0.4487	-0.4487
Max.width.right.part.of.the.lamina	-0.3141	-0.3141	-0.4471	-0.4471
Leaf.width	-0.2890	-0.2890	-0.4497	-0.4497
Fluctuating.asymmetry	0.2388	0.2388	0.2098	0.2098
Leaf.area	-0.1610	-0.1610	-0.3325	-0.3325
dry_weight	-0.0753	-0.0753	-0.1932	-0.1932
Specific_Leaf_Area_SLA	-0.1185	-0.1185	-0.2332	-0.2332

**p-value**

	<b>Foliage_Transparency</b>	<b>Defoliation</b>	<b>n_damages</b>	<b>n_affected_parts</b>
Chl_SPAD	0.0654	0.0654	0.0251	0.0251
Leaf.thickness	0.3529	0.3529	0.6341	0.6341
Lamina.length	0.5033	0.5033	0.9020	0.9020
Leaf.length	0.6625	0.6625	0.6276	0.6276
Max.width.left.part.of.the.lamina	0.0652	0.0652	0.0011	0.0011
Max.width.right.part.of.the.lamina	0.0263	0.0263	0.0011	0.0011
Leaf.width	0.0418	0.0418	0.0011	0.0011
Fluctuating.asymmetry	0.0950	0.0950	0.1436	0.1436
Leaf.area	0.2639	0.2639	0.0183	0.0183
dry_weight	0.6033	0.6033	0.1790	0.1790
Specific_Leaf_Area_SLA	0.4124	0.4124	0.1032	0.1032

## 6.3.4 Poggio Pievano

### 6.3.4.1 Statistiche di base

Il dataset è costituito da 14 alberi. In Tabella 6.27 sono riportate le statistiche di base delle variabili considerate.

Tab. 6.27 – Statistiche di base delle variabili considerate.

Variable	media	DS	min	max
Chl_SPAD	40,5	2,976	36,42	46,02
Leaf thickness	0,4063	0,0277	0,374	0,4567
Lamina length	66,75	8,336	54,78	89,02
Leaf length	77,36	8,385	63,1	99,91
Max width left part of the lamina	16,26	2,292	12,75	21,72
Max width right part of the lamina	16,59	2,301	13,65	20,71
Leaf width	32,87	4,496	26,4	42,43
Fluctuating asymmetry	0,2167	0,057	0,1433	0,3261
Leaf area	1234	275	980	1844
Dry weight	118,529	31,157	88,9	187,5
Specific leaf area	10,670	2,135	7,734	15,189
Fv/Fm	0,8288	0,0088	0,8127	0,8407
F0	526	23,16	501,7	580,4
Fm	3093	110,1	2956	3258
Vj	0,5171	0,0348	0,4613	0,5733
Vi	0,8109	0,0189	0,7773	0,8513
Plabs	2,382	0,4934	1,719	3,141
Transparency	24,64	14,61	5	45
Defoliation	19,29	13,85	0	40

### 6.3.4.4 Matrici di correlazione

In Figura 6.87 è riportata la correlazione fra tutti i parametri considerati mentre in Tabella 6.28 sono riportati i valori di correlazione tra i parametri descrittivi della condizione delle chiome (indicatori tradizionali: trasparenza, defogliazione, danni) ed i parametri di morfometria della foglia e di fluorescenza della clorofilla a (indicatori innovativi).

Per il sito di Poggio Pievano si evidenzia una correlazione significativamente positiva tra il contenuto di clorofilla della foglia e tutti gli indicatori tradizionali; una correlazione significativamente negativa tra defoliazione e performance fotosintetica potenziale (Fv/Fm e Plabs).

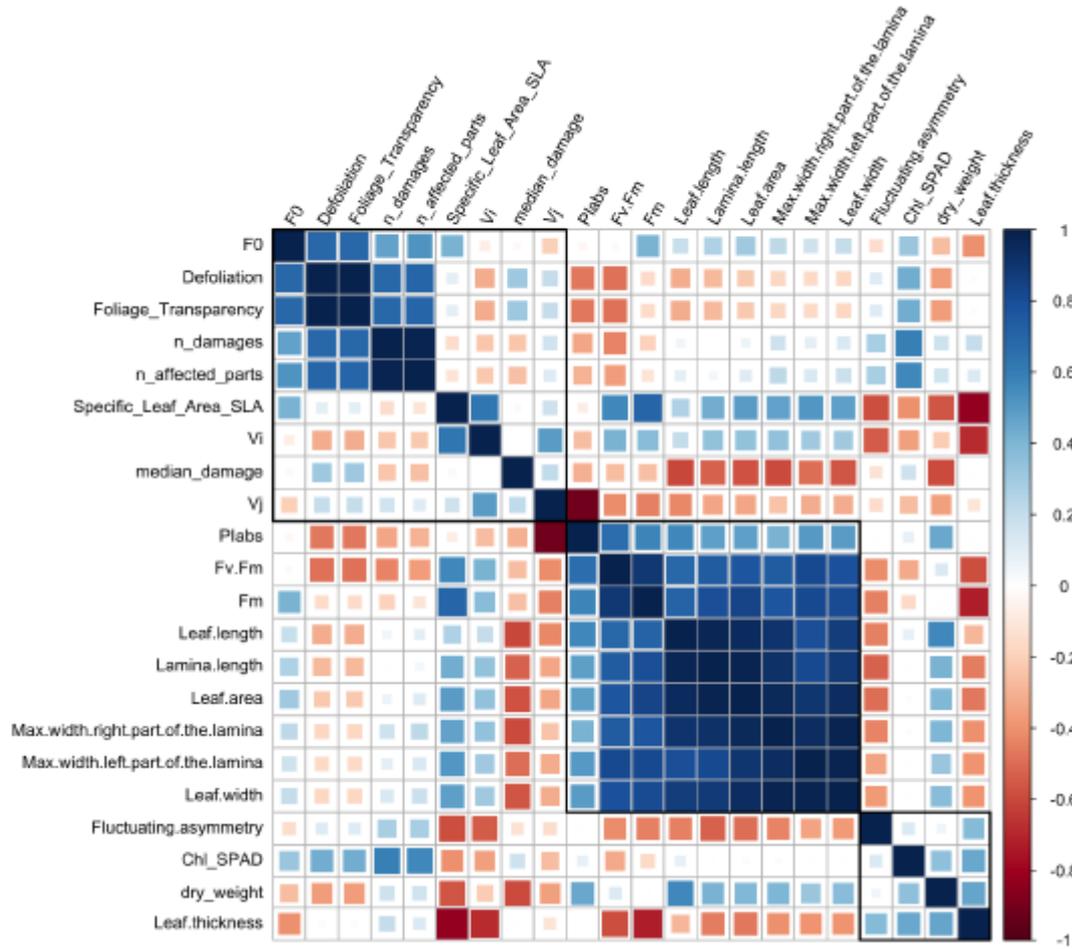


Fig. 6.87 – Correlazione fra tutti gli indicatori innovativi e tradizionali considerati nel sito di Poggio Pevano.

Tab. 6.28 - Valori di correlazione e relativa significatività (p-value) fra i parametri descrittivi della condizione delle chiome (indicatori tradizionali: trasparenza, defogliazione, danni) ed i parametri di morfometria della foglia e di fluorescenza della clorofilla a (indicatori innovativi) del sito di Poggio Pievano.

**Coefficienti di correlazione**

	Foliage_Transparency	Defoliation	n_damages	n_affected_parts
Chl_SPAD	0.4375	0.4375	0.5968	0.5638
Leaf.thickness	0.0199	0.0199	0.2056	0.1246
Lamina.length	-0.2773	-0.2773	0.0039	0.0484
Leaf.length	-0.3163	-0.3163	0.0550	0.0914
Max.width.left.part.of.the.lamina	-0.1608	-0.1608	0.0987	0.1354
Max.width.right.part.of.the.lamina	-0.1793	-0.1793	0.1750	0.2221
Leaf.width	-0.1736	-0.1736	0.1399	0.1848
Fluctuating.asymmetry	0.1108	0.1108	0.2836	0.2862
Leaf.area	-0.2211	-0.2211	0.0610	0.1104
dry_weight	-0.3629	-0.3629	0.1751	0.1687
Specific_Leaf_Area_SLA	0.0995	0.0995	-0.1453	-0.1141
Fv.Fm	-0.4892	-0.4892	-0.4331	-0.3689
F0	0.6922	0.6922	0.4739	0.5277
Fm	-0.1520	-0.1520	-0.1930	-0.1142
Vj	0.2044	0.2044	0.1700	0.1177
Vi	-0.3176	-0.3176	-0.2336	-0.2234
Plabs	-0.4613	-0.4613	-0.3388	-0.2926

**p-value**

	Foliage_Transparency	Defoliation	n_damages	n_affected_parts
Chl_SPAD	0.0325	0.0325	0.0021	0.0041
Leaf.thickness	0.9263	0.9263	0.3350	0.5618
Lamina.length	0.1895	0.1895	0.9856	0.8223
Leaf.length	0.1321	0.1321	0.7984	0.6711
Max.width.left.part.of.the.lamina	0.4530	0.4530	0.6462	0.5283
Max.width.right.part.of.the.lamina	0.4018	0.4018	0.4135	0.2970
Leaf.width	0.4172	0.4172	0.5145	0.3874
Fluctuating.asymmetry	0.6062	0.6062	0.1793	0.1752
Leaf.area	0.2991	0.2991	0.7771	0.6075
dry_weight	0.0814	0.0814	0.4131	0.4308
Specific_Leaf_Area_SLA	0.6436	0.6436	0.4981	0.5956
Fv.Fm	0.0153	0.0153	0.0345	0.0761
F0	0.0002	0.0002	0.0193	0.0080
Fm	0.4782	0.4782	0.3662	0.5952
Vj	0.3381	0.3381	0.4272	0.5838
Vi	0.1305	0.1305	0.2719	0.2941
Plabs	0.0233	0.0233	0.1053	0.1652

## 7. Sintesi e conclusioni

### 7.1 Effetti delle diverse opzioni di gestione su salute e vitalità dell'ecosistema foresta

#### 7.1.1 Indicatori tradizionali

Per quanto riguarda la defogliazione, non è possibile evidenziare una differenza tra le diverse opzioni di gestione; dei sei possibili confronti, in tre casi la defogliazione è risultata più alta nel trattamento a *conversione ad alto fusto* [Is Cannoneris (leccio), Poggio Pievano (cerro) e Buca Zamponi (faggio)] rispetto ad *evoluzione naturale*; viceversa, la defogliazione è risultata più alta nel trattamento ad *evoluzione naturale* rispetto a *conversione ad alto fusto* ad Alberese (leccio), Valsavignone (cerro) e Caselli (cerro). In assoluto i valori più elevati di defogliazione si sono però riscontrati nel *ceduo tradizionale* di Buca Zamponi 1 (Toscana; 37%).

I danni sembrano generalmente seguire il pattern della defogliazione; diverso comportamento è stato però osservato in un sito a cerro (Poggio Pievano, Toscana) dove nella *conversione ad alto fusto* si sono contestualmente rilevati valori più elevati di defogliazione e un numero inferiore di danni rispetto agli altri due trattamenti (*evoluzione naturale* e *ceduo tradizionale*).

Per quanto riguarda la chimica del suolo e relativamente allo strato più superficiale (0-10 cm), si è complessivamente osservato che nel *ceduo tradizionale* si verifica la condizione di acidità più elevata ed il minor contenuto di carbonio, per passare ad una situazione intermedia nel caso di *conversione ad alto fusto* ed alla situazione opposta con minor acidità e maggior contenuto di carbonio nell'opzione *evoluzione naturale*.

#### 7.1.2 Indicatori innovativi

Il contenuto di clorofilla non sembra essere influenzato dal tipo di trattamento selvicolturale per quanto riguarda il leccio, anche se generalmente i valori sono più elevati nell'*evoluzione naturale* rispetto alla *conversione*. Valori significativamente più elevati si sono invece osservati per il faggio in *evoluzione naturale* (rispetto alla *conversione ad alto fusto*) e per il cerro trattato a *conversione* e *ceduo tradizionale* (rispetto all'*evoluzione naturale*).

Relativamente alla fluorescenza della clorofilla a, non è emerso un chiaro segnale univoco che permetta di distinguere tra i vari trattamenti. Solo ad Alberese sono stati riscontrati valori medi di potenziale fotosintetico (Fv/Fm e Plabs) più elevati nel trattamento a *conversione ad alto fusto* rispetto all'*evoluzione naturale*.

Per quanto riguarda la morfologia fogliare, lo spessore della lamina fogliare sembra essere un buon indicatore di risposta al trattamento selvicolturale, anche se il tipo di risposta varia da specie a specie: per leccio e cerro i valori più bassi si sono riscontrati nelle situazioni di *evoluzione naturale* mentre il faggio sottoposto a questo tipo di trattamento ha evidenziato i valori più elevati rispetto alla *conversione ad alto fusto*. La simmetria fluttuante non è risultata un buon indicatore.

## 7.2 Relazione tra indicatori tradizionali ed innovativi

Complessivamente, a valori di defogliazione (e trasparenza) più elevati sono stati riscontrati un minor contenuto di clorofilla, una minor performance fotosintetica potenziale (valori più bassi di Fv/Fm e Plabs), un minor spessore della lamina fogliare (LT), suggerendo una generale condizione di ridotta resistenza a fattori di stress.

Considerando i casi specifici, anche in relazione alle diverse forme di gestione del bosco, ad Alberese (leccio) si sono riscontrati valori più elevati di defogliazione in *evoluzione naturale* e contestualmente una minor efficienza fotosintetica (valori significativamente più bassi di Fv/Fm e Plabs) ed un ridotto spessore della lamina fogliare. Nei siti di Is Cannoneris (leccio), Poggio Pievano (cerro) e Buca Zamponi (faggio) è stata riscontrata una maggior defogliazione nella gestione a *conversione ad alto fusto*, ma anche in questo caso associata ad un ridotto spessore della lamina fogliare (Poggio Pievano e Buca Zamponi) e ad una minore performance fotosintetica potenziale (Plabs; Poggio Pievano).

In conclusione, si sono riscontrate situazioni specie (sito)-specifiche tali da non poter chiaramente evidenziare un effetto univoco da parte di una particolare opzione di gestione su salute e vitalità degli ecosistemi forestali considerati, sia se valutato con indicatori tradizionali che innovativi.

Risulta invece interessante il potenziale informativo derivante dall'applicazione di alcuni indicatori innovativi testati nell'ambito del progetto, che si sono rivelati utili nel fornire informazioni di tipo funzionale. In particolare, la misura della fluorescenza della clorofilla e dello spessore della lamina fogliare sembrano poter evidenziare il verificarsi di situazioni di ridotta vitalità delle piante e di minor resistenza a fattori di stress in condizioni di maggior defogliazione delle chiome.

## 8. Bibliografia ed ulteriori letture

- Brendel O., Le Thiec D., Scotti-Saintagne C. et al. *Tree Genetics & Genomes* (2008) 4: 263.  
<https://doi.org/10.1007/s11295-007-0107-z>
- Cools N., De Vos B., 2013. Forest Soil: Characterization, Sampling, Physical, and Chemical Analyses, in: Ferretti, M., Fischer, R. (Eds.), *Forest Monitoring. Methods for Terrestrial Investigations in Europe with an Overview of North America and Asia*. Developments in Environmental Science, Elsevier, UK, pp. 267-300.
- Eichhorn J., Roskams P., 2013. Assessment of Tree Condition, in: Ferretti, M., Fischer, R. (Eds.), *Forest Monitoring. Methods for Terrestrial Investigations in Europe with an Overview of North America and Asia*. Developments in Environmental Science, Elsevier, UK, pp. 139-167.
- Fabbio G., 2016. Coppice forests, or the changeable aspect of things, a review. *Annals of Silvicultural Research*, 4:108-132
- Ferretti M., Cutini A., Gottardini E., 2016. Linee Guida per una preparazione coerente delle indagini e dei dati (V1 R0). Documento LIFE FutureForCoppiceS, pp. 22.
- FOREST EUROPE, 2015: State of Europe's Forests 2015. [www.foresteurope.org](http://www.foresteurope.org)
- Gottardini E., Cristofolini F., Cristofori A., Pollastrini M., Ferretti M., 2016. Misura della fluorescenza della clorofilla a, contenuto di clorofilla e tratti fogliari: campionamento, raccolta e misurazioni. Guida per studi in campo. Documento del progetto LIFE FutureForCoppiceS, Azione B.2, pp. 34.  
<http://www.futureforcoppices.eu/en/documents/manuals.html>
- Hansen K., Thimonier A., Clarke N., Staelens J., Zlindra D., Waldner P., Marchetto A., 2013. Atmospheric Deposition to Forest Ecosystems, in: Ferretti, M., Fischer, R. (Eds.), *Forest Monitoring. Methods for Terrestrial Investigations in Europe with an Overview of North America and Asia*. Developments in Environmental Science, Elsevier, UK, pp. 337-374.
- Schmitz A., Waldner P., Verstraeten A., Hansen K., 2017. Spatial variation of atmospheric deposition in Europe in 2015. In: Michel A, Seidling W, editors (2017) *Forest Condition in Europe: 2017 Technical Report of ICP Forests*. Report under the UNECE Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution (CLRTAP). BFW Dokumentation 24/2017. Vienna: BFW Austrian Research Centre for Forests. 128 p.
- Timmermann V., Potočić N., Sanders T.G.M., Schmitz A., 2017. Tree crown condition in 2016. In: Michel A, Seidling W, editors (2017) *Forest Condition in Europe: 2017 Technical Report of ICP Forests*. Report under the UNECE Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution (CLRTAP). BFW Dokumentation 24/2017. Vienna: BFW Austrian Research Centre for Forests. 128 p.

## 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



## CRITERIO 2 - Salute e vitalità delle foreste - Stato ed andamento degli indicatori di GFS

Sito	Tipologia indicatore	Indicatore	Trend di dati storici stimati
Buca Zamponi (faggeta montana)	Tradizionale	Deposizione di inquinanti atmosferici	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p><b>Buca Zamponi (R2= 0.2807 )</b></p> </div> <div style="text-align: center;"> <p><b>Buca Zamponi (R2=0.3372)</b></p> </div> <div style="text-align: center;"> <p><b>Buca Zamponi (R2= 0.9352 )</b></p> </div> </div> <p style="text-align: center; margin-top: 20px;">Le deposizioni di azoto ossidato sono comprese tra 196 e 804 mg(N)/m2, relativi rispettivamente agli anni 2000 e 1997. Le deposizioni di azoto ridotto sono comprese tra 582 e 858 mg/m2, relativi rispettivamente agli anni 2011 e 2002. Le deposizioni di ossidi di zolfo sono comprese tra 357 e 1111 mg/m2, relativi rispettivamente agli anni 2014 e 1997. I valori di tutti e tre le serie temporali sono tendenzialmente in diminuzione; tale diminuzione è particolarmente marcata per gli ossidi di zolfo.</p>



**LIFE FutureFor Coppices**

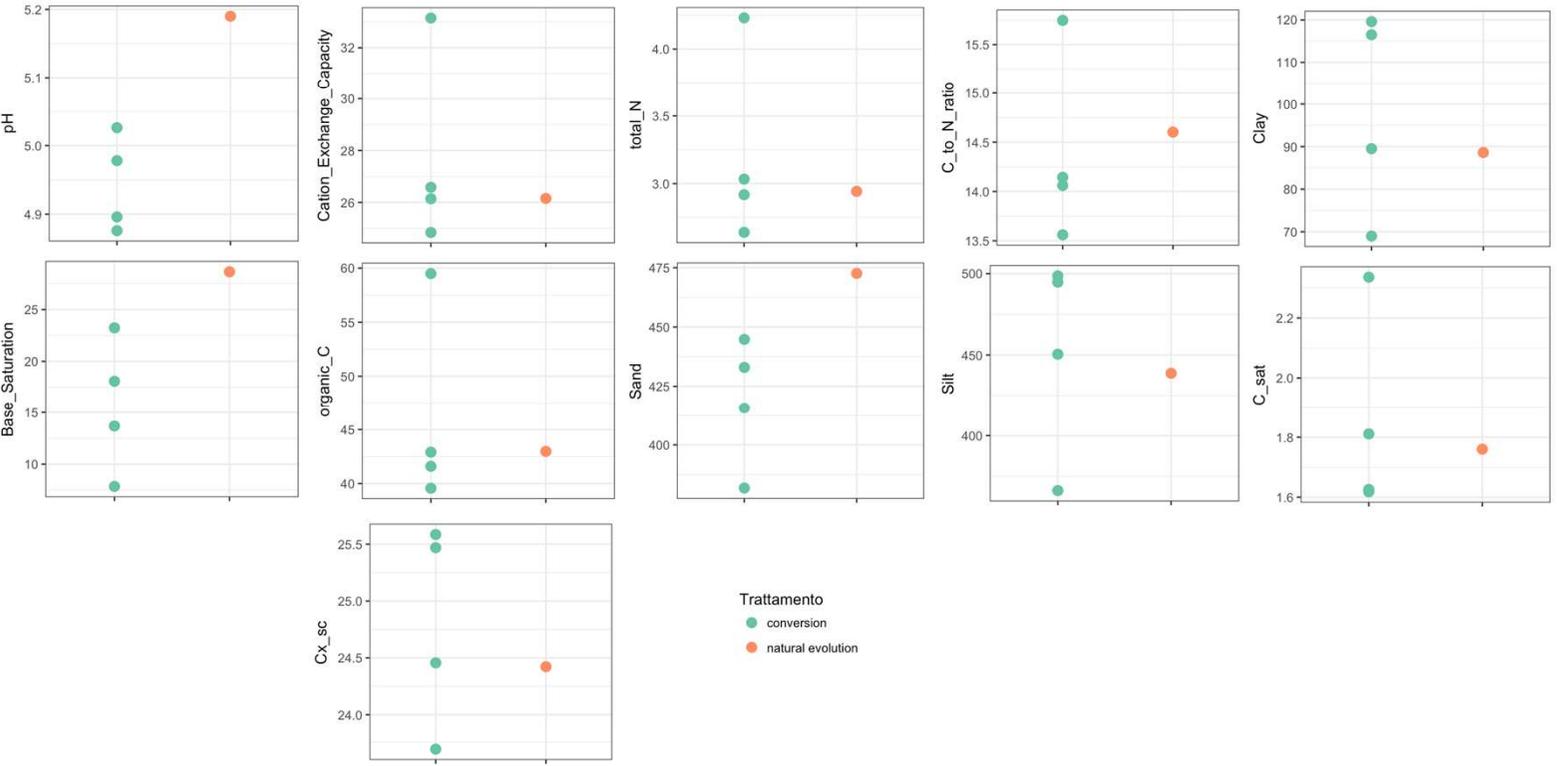
futureforcoppices.eu

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

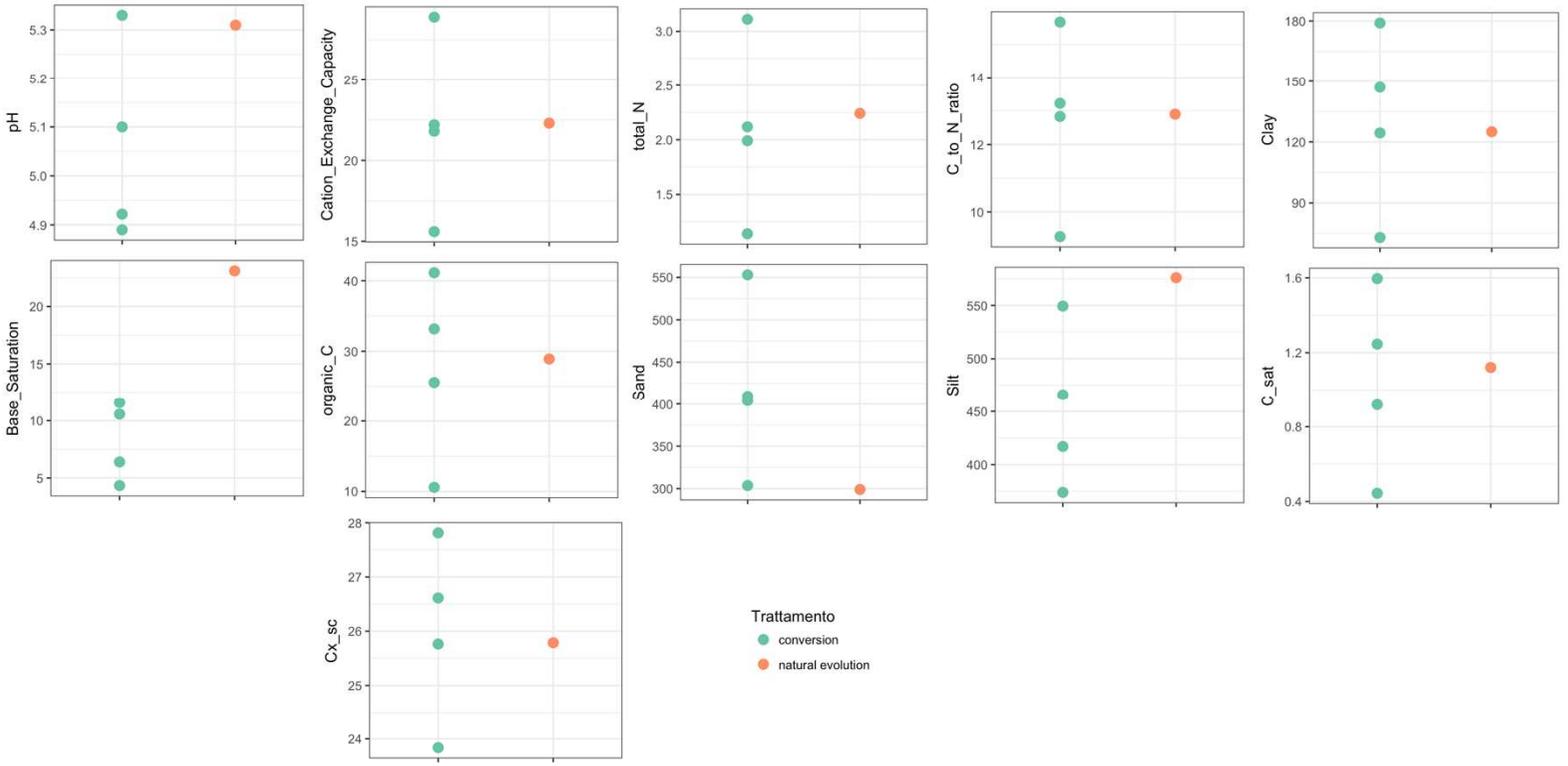


LIFE14 ENV/IT/000514

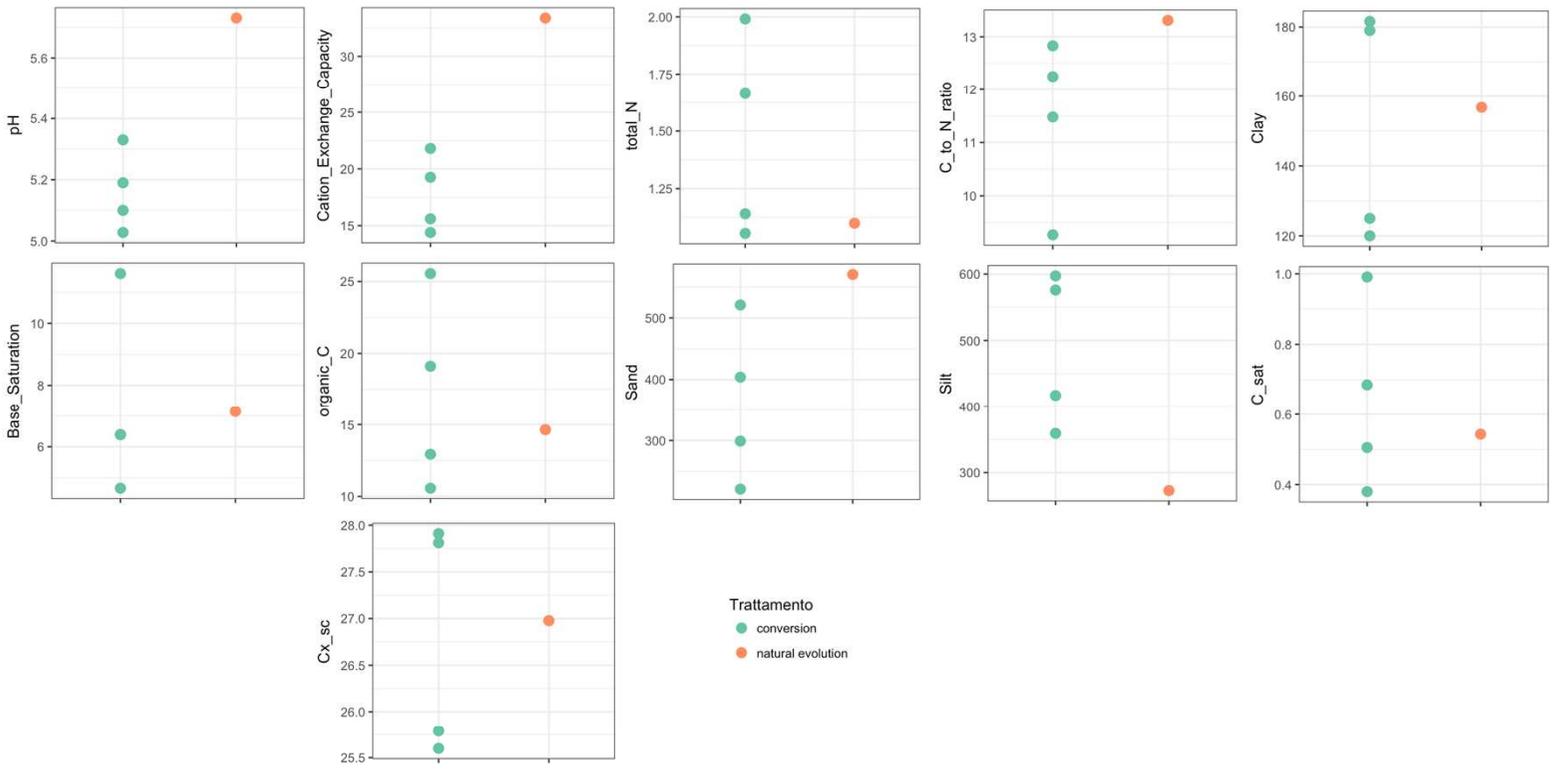
## CRITERIO 2 - Salute e vitalità delle foreste - Stato ed andamento degli indicatori di GFS

Sito	Tipologia indicatore	Indicatore	Stato nei diversi trattamenti
Buca Zamponi (faggeta montana)	Tradizionale	Condizioni del suolo - strato 0-10	<div style="text-align: center;">  </div> <p style="text-align: center; margin-top: 20px;">La tessitura è generalmente di tipo franco o franco-sabbioso in entrambe le aree corrispondenti ai trattamenti a confronto. Il pH mediamente è molto acido o acido. Il contenuto di C organico e di N totale sono risultati mediamente alti in entrambi i trattamenti per tutti i tre orizzonti di suolo. Nei primi due orizzonti, il suolo è risultato sovrassaturo di C organico.</p>

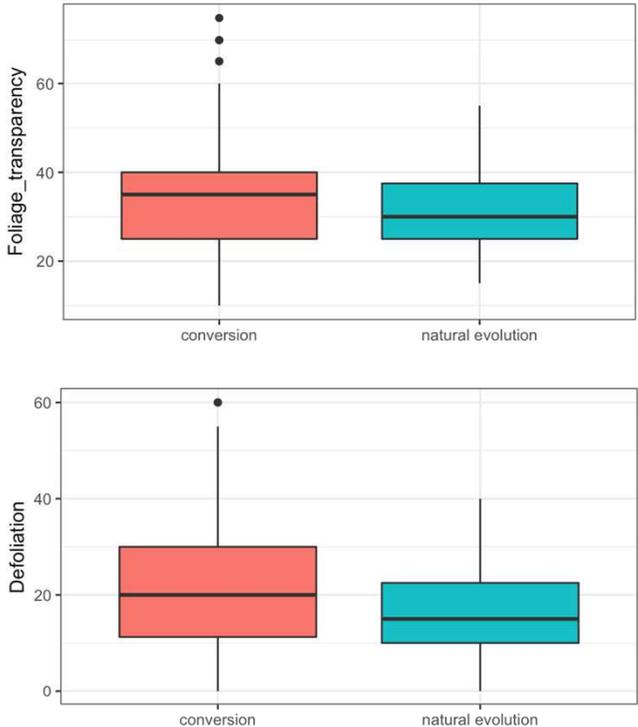
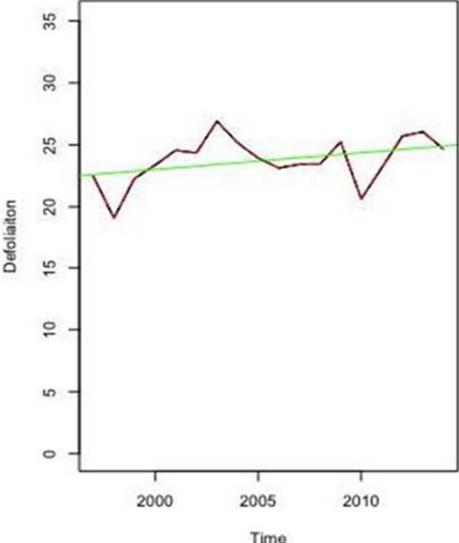
## CRITERIO 2 - Salute e vitalità delle foreste - Stato ed andamento degli indicatori di GFS

Sito	Tipologia indicatore	Indicatore	Stato nei diversi trattamenti
Buca Zamponi (faggeta montana)	Tradizionale	Condizioni del suolo -strato 10-20	<div style="text-align: center;">  <p style="text-align: center;">Trattamento ● conversion ● natural evolution</p> </div> <p style="text-align: center; margin-top: 20px;">Vedere scheda: condizioni suolo strato 0-10</p>

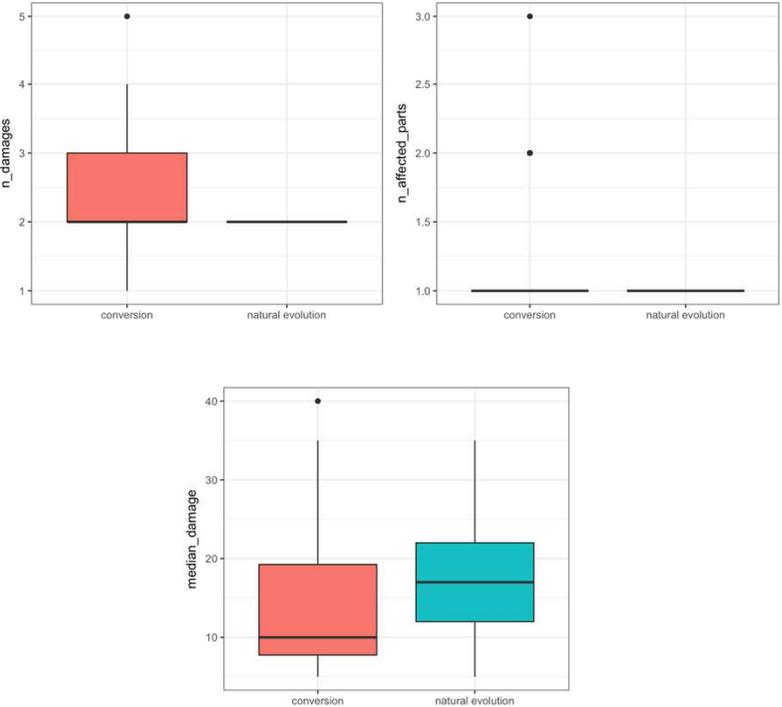
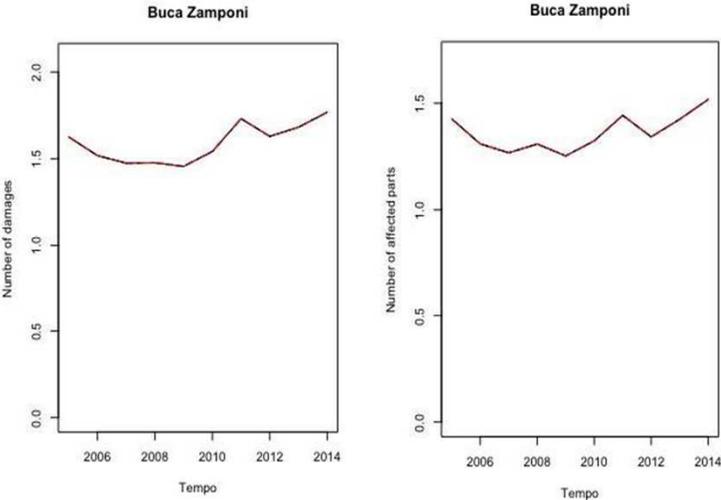
## CRITERIO 2 - Salute e vitalità delle foreste - Stato ed andamento degli indicatori di GFS

Sito	Tipologia indicatore	Indicatore	Stato nei diversi trattamenti
Buca Zamponi (faggeta montana)	Tradizionale	Condizioni del suolo - strato 20-40	<div style="text-align: center;">  <p style="text-align: center;">Trattamento ● conversion ● natural evolution</p> </div> <p style="text-align: center; margin-top: 20px;">Vedere scheda: condizioni suolo strato 0-10</p>

## CRITERIO 2 - Salute e vitalità delle foreste - Stato ed andamento degli indicatori di GFS

Sito	Tipologia indicatore	Indicatore	Stato nei diversi trattamenti	Trend di dati storici stimati
Buca Zamponi (faggeta montana)	Tradizionale	Defogliazione		
		<p>Per entrambi gli indicatori non sono state osservate differenze significative tra i due trattamenti (conversione ad alto fusto ed evoluzione naturale; <math>p &gt; 0,05</math>).</p>	<p>I valori sono compresi tra 19 e 27%, relativi rispettivamente agli anni 1998 e 2003. L'andamento temporale dei valori risulta tendenzialmente in aumento. Il valore medio stimato della serie storica (23,8%) è leggermente superiore a quello misurato nel 2016 (21,8%).</p>	

## CRITERIO 2 - Salute e vitalità delle foreste - Stato ed andamento degli indicatori di GFS

Sito	Tipologia indicatore	Indicatore	Stato nei diversi trattamenti	Trend di dati storici stimati
Buca Zamponi (faggeta montana)	Tradizionale	Danni	 <p>The figure contains three box plots comparing 'conversion' (red) and 'natural evolution' (teal) treatments. The top-left plot shows 'n_damages' (y-axis 1-5), with 'conversion' having a higher median (~2.2) and more outliers than 'natural evolution' (median ~2.0). The top-right plot shows 'n_affected_parts' (y-axis 1.0-3.0), with 'conversion' having a higher median (~1.0) and more outliers than 'natural evolution' (median ~1.0). The bottom plot shows 'median_damage' (y-axis 10-40), with 'conversion' having a higher median (~10) and more outliers than 'natural evolution' (median ~18).</p>	 <p>The figure contains two line graphs for 'Buca Zamponi' showing trends from 2006 to 2014. The left graph shows 'Number of damages' (y-axis 0.0-2.0) fluctuating between 1.46 and 1.77. The right graph shows 'Number of affected parts' (y-axis 0.0-1.5) fluctuating between 1.25 and 1.52.</p>
<p>I risultati dell'ANOVA mostrano una differenza significativa tra i diversi trattamenti (<math>p &lt; 0,05</math>) per due dei tre indicatori (numero danni e numero di parti danneggiate), con valori più elevati nei boschi in conversione ad alto fusto.</p>			<p>Il numero di danni è compreso tra 1,46 e 1,77, relativi rispettivamente agli anni 2009 e 2014. Il numero di parti affette è compreso tra 1,25 e 1,52, relativi rispettivamente agli anni 2009 e 2014.</p>	



**LIFE FutureFor Coppices**

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



LIFE14 ENV/IT/000514

CRITERIO 2 - Salute e vitalità delle foreste - Stato ed andamento degli indicatori di GFS

Sito	Tipologia indicatore	Indicatore	Trend nei diversi trattamenti															
Buca Zamponi (faggeta montana)	Innovativo	Accrescimento	<div data-bbox="763 331 1583 999" data-label="Figure"> <table border="1"> <caption>Data extracted from the 'Buca Zamponi' graph</caption> <thead> <tr> <th>Periodo</th> <th>natural evolution (m³ ha⁻¹ anno⁻¹)</th> <th>conversion (m³ ha⁻¹ anno⁻¹)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1972-1982</td> <td>~8.1</td> <td>~11.0</td> </tr> <tr> <td>1982-1992</td> <td>~8.8</td> <td>~12.8</td> </tr> <tr> <td>1992-2002</td> <td>~10.8</td> <td>~14.2</td> </tr> <tr> <td>2002-2012</td> <td>~6.5</td> <td>~9.8</td> </tr> </tbody> </table> </div> <p data-bbox="434 1090 2022 1254">L'andamento dell'incremento corrente di volume (stand growth) mostra, oltre la ridotta variazione iniziale tra i valori, un andamento simile nelle varianti della opzione colturale di avviamento (conversion), ma soprattutto la comune età di culminazione con l'evoluzione naturale (natural evolution). I diradamenti, nel caso analizzato, non spostano questa soglia di età (Fabbio 2016). I valori sono compresi tra 7 e 14 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> anno<sup>-1</sup>, a significare non solo il livello di fertilità medio-buono, ma soprattutto il mantenimento degli stessi valori fino ad età relativamente elevate.</p>	Periodo	natural evolution (m³ ha⁻¹ anno⁻¹)	conversion (m³ ha⁻¹ anno⁻¹)	1972-1982	~8.1	~11.0	1982-1992	~8.8	~12.8	1992-2002	~10.8	~14.2	2002-2012	~6.5	~9.8
Periodo	natural evolution (m³ ha⁻¹ anno⁻¹)	conversion (m³ ha⁻¹ anno⁻¹)																
1972-1982	~8.1	~11.0																
1982-1992	~8.8	~12.8																
1992-2002	~10.8	~14.2																
2002-2012	~6.5	~9.8																

## CRITERIO 2 - Salute e vitalità delle foreste - Stato ed andamento degli indicatori di GFS

Sito	Tipologia indicatore	Indicatore	Stato nei diversi trattamenti
Buca Zamponi (faggeta montana)	Innovativo	Fluorescenza della clorofilla <i>a</i>	<div style="text-align: center;"> </div> <p style="text-align: center;">I risultati dell'ANOVA mostrano una differenza significativa tra i diversi trattamenti (<math>p &lt; 0,05</math>) solo per alcuni indicatori. In particolare fluorescenza variabile relativa al tempo <math>t=30</math> ms (<math>V_i</math>) mostra valori più elevati nei boschi in evoluzione naturale, mentre i valori di fluorescenza iniziale (<math>F_0</math>) sono più alti nei boschi in conversione.</p>



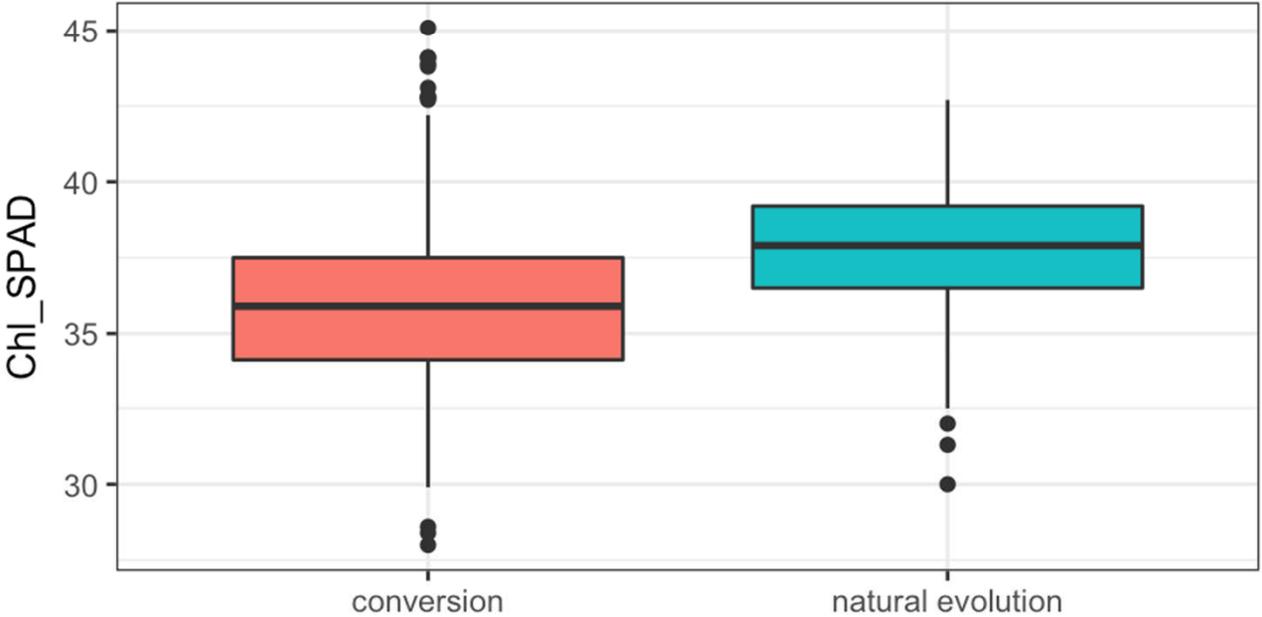
**LIFE FutureFor Coppices**

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



LIFE14 ENV/IT/000514

## CRITERIO 2 - Salute e vitalità delle foreste - Stato ed andamento degli indicatori di GFS

Sito	Tipologia indicatore	Indicatore	Stato nei diversi trattamenti
Buca Zamponi (faggeta montana)	Innovativo	Contenuto di clorofilla	 <p>The box plot displays the distribution of Chl_SPAD values for two treatments: 'conversion' (red box) and 'natural evolution' (teal box). The y-axis represents Chl_SPAD values, ranging from 30 to 45. The 'conversion' treatment shows a median value of approximately 36, with a box spanning from roughly 34 to 37.5. The 'natural evolution' treatment shows a higher median value of approximately 38, with a box spanning from roughly 36.5 to 39.5. Whiskers extend from the boxes to the minimum and maximum values of the data. Outliers are present for both treatments: the 'conversion' group has three outliers at approximately 28, 29, and 45; the 'natural evolution' group has three outliers at approximately 30, 32, and 33.</p>
			<p>I risultati dell'ANOVA mostrano una differenza significativa tra i diversi trattamenti (<math>p &lt; 0,05</math>) solo per alcuni indicatori; in particolare il contenuto di clorofilla (Chl_SPAD) mostra valori più elevati nei boschi in evoluzione naturale.</p>

## CRITERIO 2 - Salute e vitalità delle foreste - Stato ed andamento degli indicatori di GFS

Sito	Tipologia indicatore	Indicatore	Stato nei diversi trattamenti
Buca Zamponi (faggeta montana)	Innovativo	Tratti fogliari	<p>I risultati dell'ANOVA mostrano una differenza significativa tra i diversi trattamenti (<math>p &lt; 0,05</math>) solo per alcuni indicatori. In particolare lo spessore della lamina (leaf thickness) mostra valori più elevati nei boschi in evoluzione naturale.</p>



**LIFE FutureFor Coppices**

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



LIFE14 ENV/IT/000514

## CRITERIO 2 - Salute e vitalità delle foreste - Stato ed andamento degli indicatori di GFS

Sito	Tipologia indicatore	Indicatore	Trend di dati storici stimati
Buca Zamponi 1 (faggeta montana)	Tradizionale	Deposizione di inquinanti atmosferici	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p><b>Buca Zamponi1 (R2= 0.2807 )</b></p> </div> <div style="text-align: center;"> <p><b>Buca Zamponi1 (R2=0.3372)</b></p> </div> <div style="text-align: center;"> <p><b>Buca Zamponi1 (R2= 0.9352 )</b></p> </div> </div> <p style="text-align: center; margin-top: 20px;">Le deposizioni di azoto ossidato sono comprese tra 196 e 804 mg(N)/m<sup>2</sup>, relativi rispettivamente agli anni 2000 e 1997. Le deposizioni di azoto ridotto sono comprese tra 582 e 858 mg(N)/m<sup>2</sup>, relativi rispettivamente agli anni 2011 e 2002. Le deposizioni di ossidi di zolfo sono comprese tra 357 e 1111 mg(S)/m<sup>2</sup>, relativi rispettivamente agli anni 2011 e 2002. I valori di tutte e tre le serie temporali sono tendenzialmente in diminuzione; tale diminuzione è particolarmente marcata per gli ossidi di zolfo.</p>



**LIFE FutureFor Coppices**

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



LIFE14 ENV/IT/000514

## CRITERIO 2 - Salute e vitalità delle foreste - Stato ed andamento degli indicatori di GFS

Sito	Tipologia indicatore	Indicatore	Stato nei diversi trattamenti
Buca Zamponi 1 (faggeta montana)	Tradizionale	Condizioni del suolo - strato 0-10	<div style="text-align: center;"> </div> <p style="text-align: center;">Trattamento ● traditional coppice</p> <p style="text-align: center;">La tessitura è generalmente di tipo franco-sabbioso. Il pH mediamente è molto acido. Il contenuto di C organico e di N totale sono risultati medio-alti in tutti i tre orizzonti di suolo. Nel primo orizzonte, il suolo è risultato sovrassaturo di C organico.</p>



**LIFE FutureFor Coppices**

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



LIFE14 ENV/IT/000514

## CRITERIO 2 - Salute e vitalità delle foreste - Stato ed andamento degli indicatori di GFS

Sito	Tipologia indicatore	Indicatore	Stato nei diversi trattamenti
Buca Zamponi 1 (faggeta montana)	Tradizionale	Condizioni del suolo - strato 10-20	<p style="text-align: center;">Trattamento ● traditional coppice</p>
			Vedere scheda: condizioni suolo strato 0-10



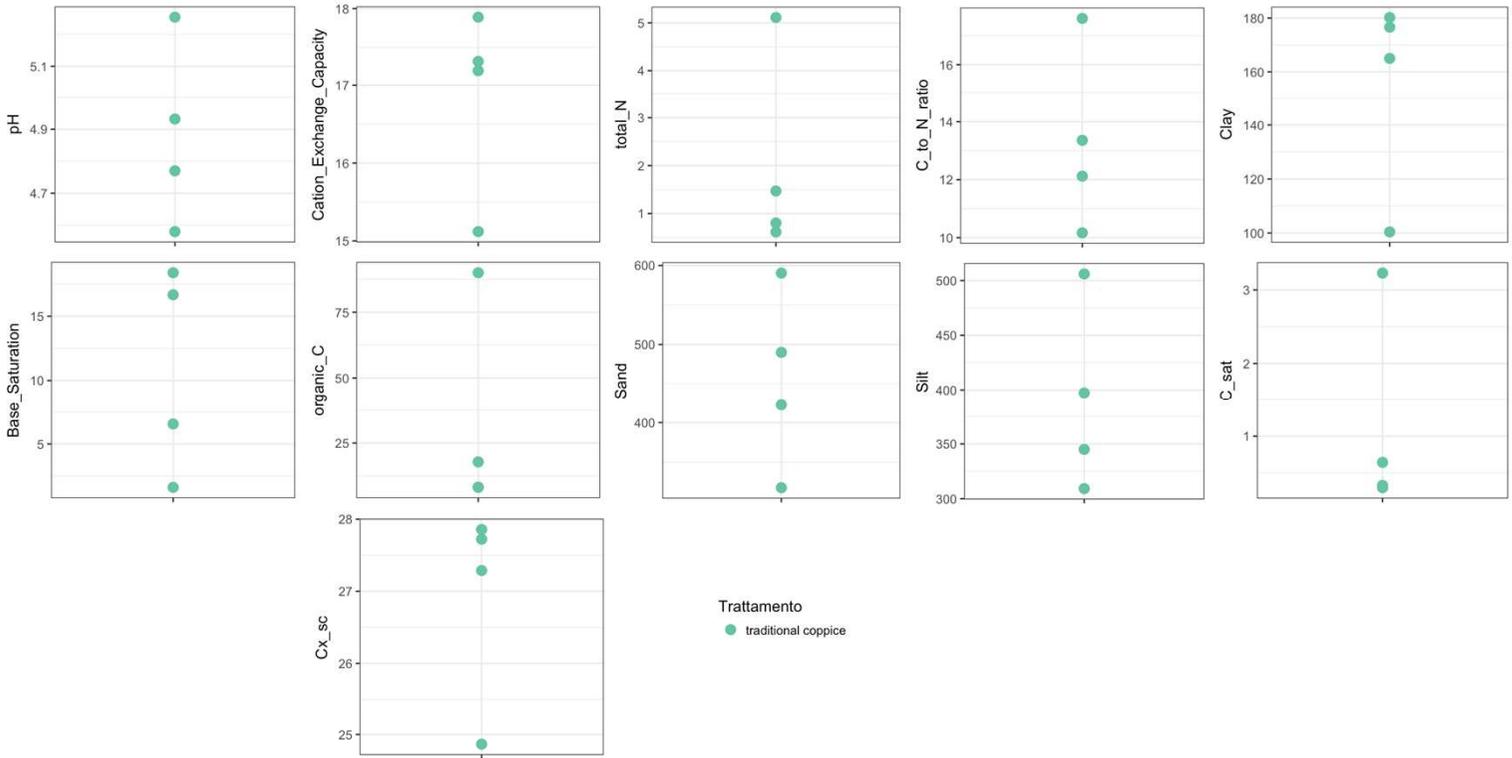
**LIFE FutureFor Coppices**

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

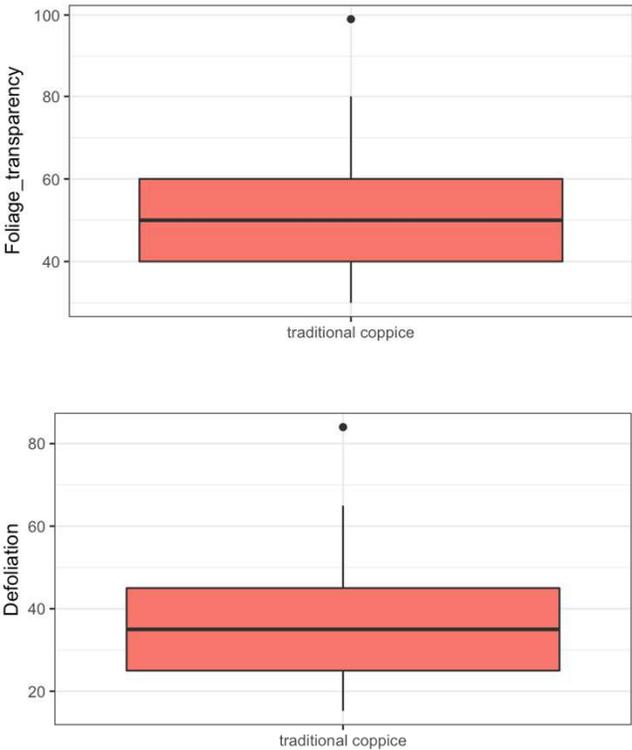
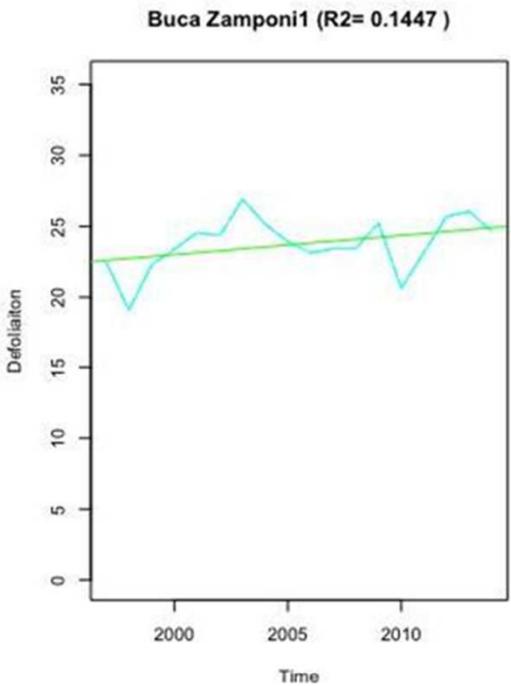


LIFE14 ENV/IT/000514

## CRITERIO 2 - Salute e vitalità delle foreste - Stato ed andamento degli indicatori di GFS

Sito	Tipologia indicatore	Indicatore	Stato nei diversi trattamenti
Buca Zamponi 1 (faggeta montana)	Tradizionale	Condizioni del suolo - strato 20-40	<div style="text-align: center;">  <p style="text-align: center;">Trattamento ● traditional coppice</p> </div> <p style="text-align: center; margin-top: 20px;">Vedere scheda: condizioni suolo strato 0-10</p>

## CRITERIO 2 - Salute e vitalità delle foreste - Stato ed andamento degli indicatori di GFS

Sito	Tipologia indicatore	Indicatore	Stato nei diversi trattamenti	Trend di dati storici stimati
Buca Zamponi 1 (faggeta montana)	Tradizionale	Defogliazione	 <p>The figure contains two box plots for the 'traditional coppice' treatment. The top plot shows 'Foliage_transparency' with a median around 50% and an interquartile range from 40% to 60%. The bottom plot shows 'Defoliation' with a median around 35% and an interquartile range from 25% to 45%. Both plots have whiskers extending from approximately 35% to 80% and outliers at 100% and 85% respectively.</p>	 <p>The line graph shows 'Defoliation' (Y-axis, 0-35) over 'Time' (X-axis, 2000-2016). A fluctuating cyan line represents the data, and a green trend line shows a slight upward trend. The R-squared value is 0.1447.</p>
<p>I valori dell'intervallo interquartile sono compresi tra 40 e 60% per la trasparenza e tra 25 e 45% per la defogliazione.</p>			<p>I valori sono compresi tra 19 e 27%, relativi rispettivamente agli anni 1998 e 2003. L'andamento temporale dei valori risulta tendenzialmente in aumento. Il valore medio stimato della serie storica (23,8%) è inferiore a quello misurato nel 2016 (36,4%).</p>	



**LIFE FutureFor Coppices**

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



LIFE14 ENV/IT/000514

## CRITERIO 2 - Salute e vitalità delle foreste - Stato ed andamento degli indicatori di GFS

Sito	Tipologia indicatore	Indicatore	Stato nei diversi trattamenti	Trend di dati storici stimati
Buca Zamponi 1 (faggeta montana)	Tradizionale	Danni		
<p style="text-align: center;">Si riporta la distribuzione dei danni forestali (un solo trattamento: ceduo tradizionale).</p>			<p style="text-align: center;">Il numero di danni è compreso tra 1,46 e 1,77, relativi rispettivamente agli anni 2009 e 2014. Il numero di parti affette è compreso tra 1,25 e 1,52, relativi rispettivamente agli anni 2009 e 2014. Tali valori risultano analoghi a quelli misurati nel 2016.</p>	



**LIFE FutureFor Coppices**

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

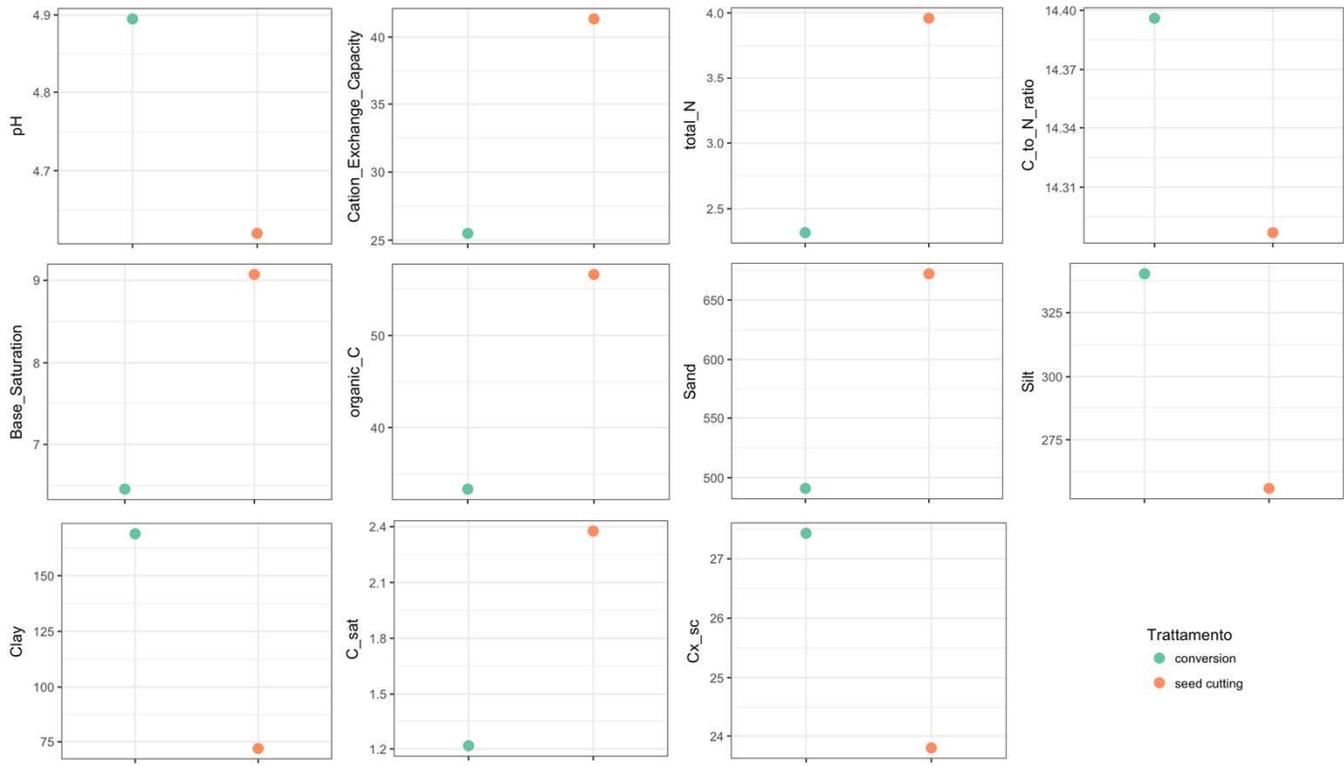


LIFE14 ENV/IT/000514

## CRITERIO 2 - Salute e vitalità delle foreste - Stato ed andamento degli indicatori di GFS

Sito	Tipologia indicatore	Indicatore	Trend di dati storici stimati
Eremo Casella (faggeta montana)	Tradizionale	Deposizione di inquinanti atmosferici	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p><b>Eremo della Casella (R2= 0.2807 )</b></p> </div> <div style="text-align: center;"> <p><b>Eremo della Casella (R2=0.3372)</b></p> </div> <div style="text-align: center;"> <p><b>Eremo della Casella (R2= 0.9352 )</b></p> </div> </div> <p style="text-align: center; margin-top: 20px;">Le deposizioni di azoto ossidato sono comprese tra 196 e 804 mg(N)/m<sup>2</sup>, relativi rispettivamente agli anni 2000 e 1997. Le deposizioni di azoto ridotto sono comprese tra 582 e 858 mg(N)/m<sup>2</sup>, relativi rispettivamente agli anni 2011 e 2002. Le deposizioni di ossidi di zolfo sono comprese tra 357 e 1111 mg(S)/m<sup>2</sup>, relativi rispettivamente agli anni 2014 e 1997. Tutte e tre le serie storiche di valori di deposizione risultano tendenzialmente in diminuzione.</p>

## CRITERIO 2 - Salute e vitalità delle foreste - Stato ed andamento degli indicatori di GFS

Sito	Tipologia indicatore	Indicatore	Stato nei diversi trattamenti
Eremo Casella (faggeta montana)	Tradizionale	Condizioni del suolo - strato 0-10	<div style="text-align: center;">  </div> <p style="text-align: center; margin-top: 20px;">Le due aree corrispondenti ai due trattamenti a confronto sono risultate simili da un punto di vista della tessitura e di tutti gli altri indicatori considerati. Mediamente il pH è risultato acido e la tessitura franco-sabbiosa. I valori di capacità di scambio cationico e contenuto di C e N indicano un suolo di medio-buona fertilità.</p>



**LIFE FutureFor Coppices**

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

futureforcoppices.eu



LIFE14 ENV/IT/000514

## CRITERIO 2 - Salute e vitalità delle foreste - Stato ed andamento degli indicatori di GFS

Sito	Tipologia indicatore	Indicatore	Stato nei diversi trattamenti
Eremo Casella (faggeta montana)	Tradizionale	Condizioni del suolo - strato 10-20	<div style="text-align: center;"> </div> <div style="text-align: right; margin-top: 10px;"> <p>Trattamento</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><span style="color: green;">●</span> conversion</li> <li><span style="color: orange;">●</span> seed cutting</li> </ul> </div> <div style="text-align: center; margin-top: 20px;"> <p>Vedere scheda: condizioni suolo strato 0-10</p> </div>

## CRITERIO 2 - Salute e vitalità delle foreste - Stato ed andamento degli indicatori di GFS

Sito	Tipologia indicatore	Indicatore	Stato nei diversi trattamenti
Eremo Casella (faggeta montana)	Tradizionale	Condizioni del suolo - strato 20-40	<div style="text-align: center;"> </div> <div style="text-align: right; margin-top: 10px;"> <p>Trattamento</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><span style="color: green;">●</span> conversion</li> <li><span style="color: orange;">●</span> seed cutting</li> </ul> </div> <div style="text-align: center; margin-top: 20px;"> <p>Vedere scheda: condizioni suolo strato 0-10</p> </div>

## CRITERIO 2 - Salute e vitalità delle foreste - Stato ed andamento degli indicatori di GFS

Sito	Tipologia indicatore	Indicatore	Stato nei diversi trattamenti	Trend di dati storici stimati
Eremo Casella (faggeta montana)	Tradizionale	Defogliazione		
<p>Per entrambi gli indicatori non sono state osservate differenze significative tra i due trattamenti (conversione ad alto fusto e taglio di sementazione; Tab. 6.2, <math>p &gt; 0,05</math>). In entrambi i trattamenti gli indicatori mostrano una variabilità piuttosto contenuta.</p>			<p>I valori sono compresi tra 20 e 27%, relativi rispettivamente agli anni 1998 e 2003. I valori risultano leggermente in diminuzione nel tempo. Il valore medio stimato della serie storica (23,8%) è pressochè pari a quello misurato nel 2016 (23%).</p>	



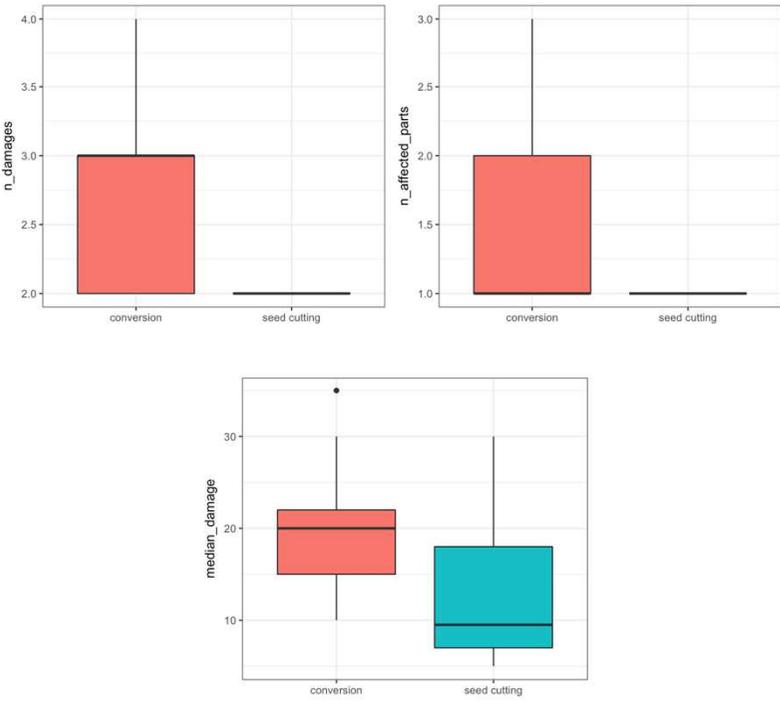
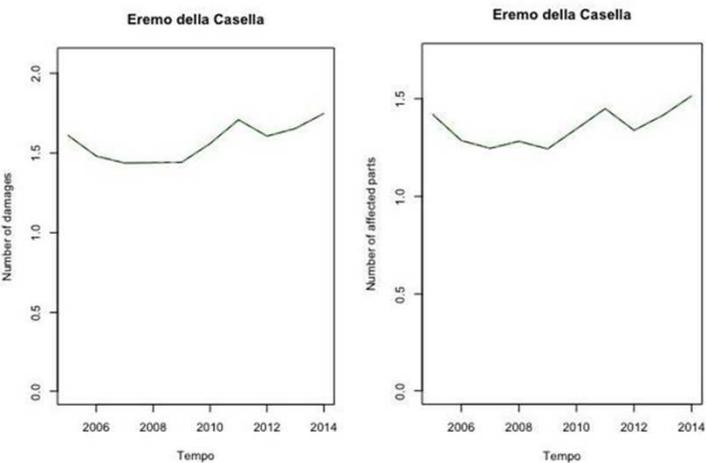
**LIFE FutureFor Coppices**

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



LIFE14 ENV/IT/000514

## CRITERIO 2 - Salute e vitalità delle foreste - Stato ed andamento degli indicatori di GFS

Sito	Tipologia indicatore	Indicatore	Stato nei diversi trattamenti	Trend di dati storici stimati
Eremo Casella (faggeta montana)	Tradizionale	Danni		
<p>I risultati dell'ANOVA mostrano una differenza significativa tra i diversi trattamenti (Tab. 6.4, <math>p &lt; 0,05</math>) solo per il numero di danni, con valori più elevati nei boschi in conversione.</p>			<p>Il numero di danni è compreso tra 1,44 e 1,75, relativi rispettivamente agli anni 2007-2009 e 2014. Il numero di parti affette è compreso tra 1,24 e 1,51, relativi rispettivamente agli anni 2009 e 2014.</p>	



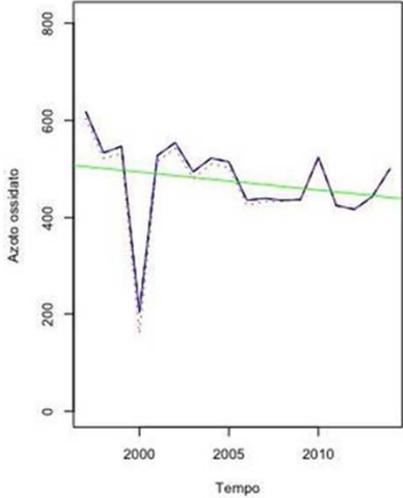
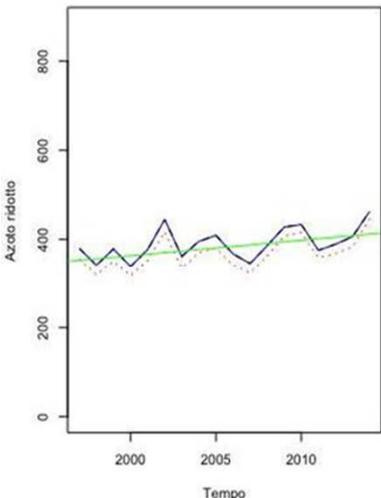
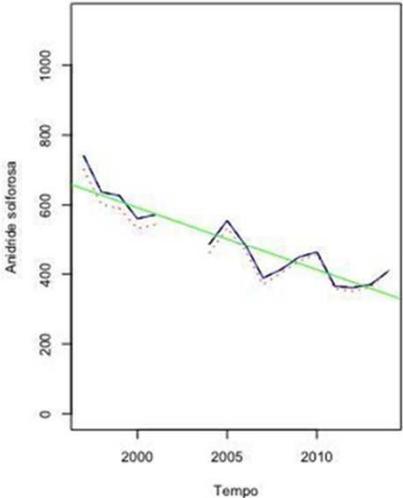
**LIFE FutureFor Coppices**

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



LIFE14 ENV/IT/000514

## CRITERIO 2 - Salute e vitalità delle foreste - Stato ed andamento degli indicatori di GFS

Sito	Tipologia indicatore	Indicatore	Trend di dati storici stimati
Alberese (foresta di latifoglie sempreverdi)	Tradizionale	Deposizione di inquinanti atmosferici	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p><b>Alberese (R2= 0.0494 )</b></p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p><b>Alberese (R2=0.2744)</b></p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p><b>Alberese (R2= 0.8338 )</b></p>  </div> </div> <p style="margin-top: 20px;">Le deposizioni di azoto ossidato sono comprese tra 161 e 619 mg(N)/m2, relativi rispettivamente agli anni 2000 e 1997. Le deposizioni di azoto ridotto sono comprese tra 316 e 462 mg(N)/m2, relativi rispettivamente agli anni 2000 e 2014. Le deposizioni di anidride solforosa sono comprese tra 351 e 742 mg(S)/m2, relativi rispettivamente agli anni 2000 e 2014. I valori di anidride solforosa risultano tendenzialmente in diminuzione nel tempo, come riportato anche a scala europea (European Forests, 2015); analogo andamento si osserva per l'azoto ossidato, mentre l'azoto ridotto mostra un trend in leggero aumento.</p>



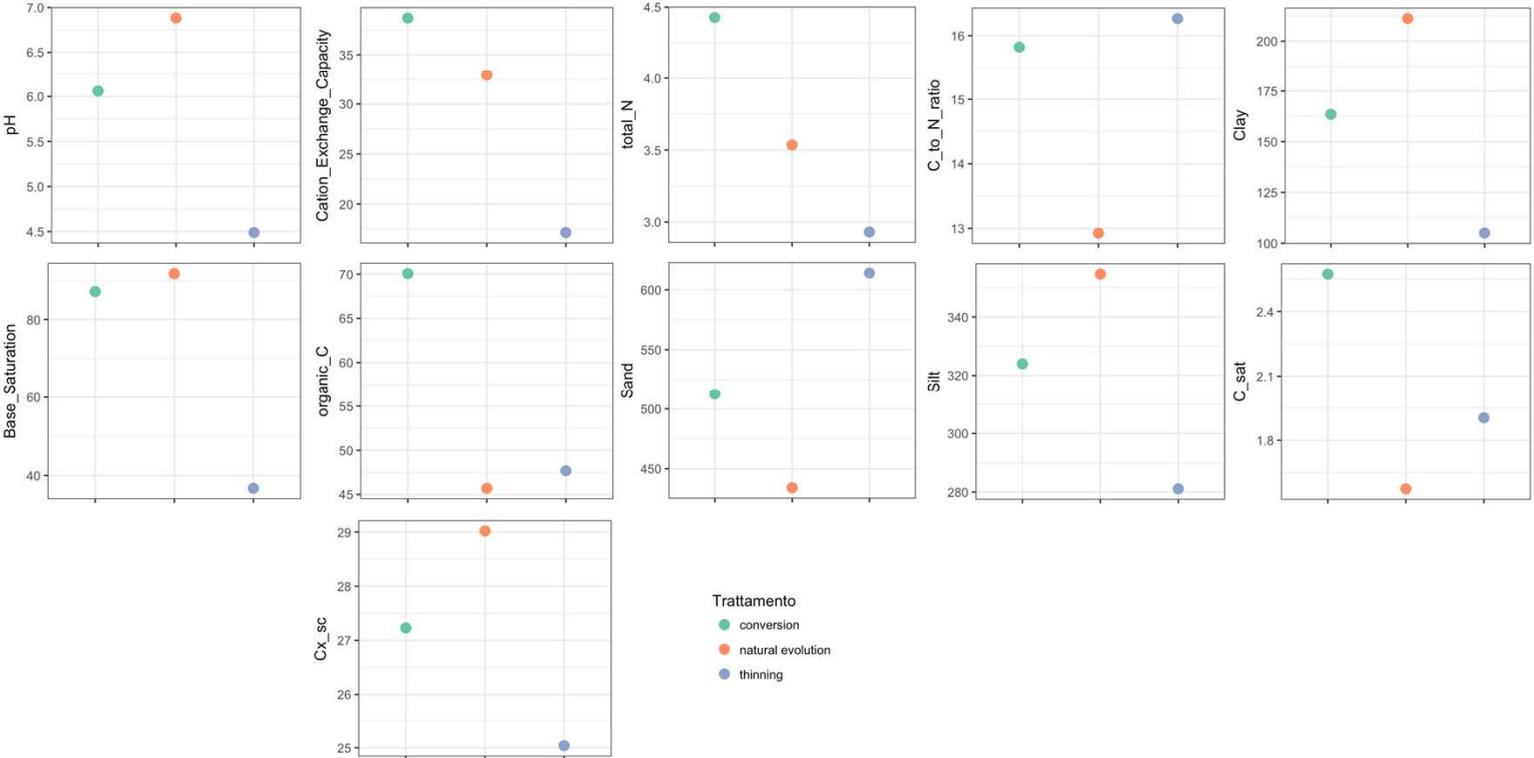
**LIFE FutureFor Coppices**

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



LIFE14 ENV/IT/000514

## CRITERIO 2 - Salute e vitalità delle foreste - Stato ed andamento degli indicatori di GFS

Sito	Tipologia indicatore	Indicatore	Stato nei diversi trattamenti
Alberese (foresta di latifoglie sempreverdi)	Tradizionale	Condizioni del suolo - strato 0-10	<div style="text-align: center;">  <p style="text-align: center;">Trattamento  <span style="color: green;">●</span> conversion  <span style="color: orange;">●</span> natural evolution  <span style="color: blue;">●</span> thinning</p> </div> <p style="text-align: center;">La tessitura è di tipo franco-sabbioso in tutti le tre aree corrispondenti ai trattamenti a confronto. Nell'area corrispondente al trattamento "diradamento" i valori di pH, capacità di scambio cationico e somma i basi in tutti e tre gli orizzonti sono risultati molto differenti rispetto alle aree in cui ricadano i trattamenti "conversione ad alto fusto" e "evoluzione naturale". Nei primi 10 cm di suolo, il contenuto di C organico e di N totale hanno mostrato valori superiori nel trattamento "conversione ad alto fusto", mentre nessuna differenza è stata osservata nello strato 10-20 cm. In tutti gli orizzonti, il suolo è risultato sovrassaturo di C organico.</p> <p style="text-align: center;">Inserire breve commento in italiano e inglese</p>

## CRITERIO 2 - Salute e vitalità delle foreste - Stato ed andamento degli indicatori di GFS

Sito	Tipologia indicatore	Indicatore	Stato nei diversi trattamenti
Alberese (foresta di latifoglie sempreverdi)	Tradizionale	Condizioni del suolo - strato 10-20	<p style="text-align: center;">Trattamento</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><span style="color: green;">●</span> conversion</li> <li><span style="color: orange;">●</span> natural evolution</li> <li><span style="color: blue;">●</span> thinning</li> </ul>
			Vedere scheda: condizioni suolo strato 0-10



**LIFE FutureFor Coppices**

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



LIFE14 ENV/IT/000514

## CRITERIO 2 - Salute e vitalità delle foreste - Stato ed andamento degli indicatori di GFS

Sito	Tipologia indicatore	Indicatore	Stato nei diversi trattamenti
Alberese (foresta di latifoglie sempreverdi)	Tradizionale	Condizioni del suolo - strato 20-40	<div style="text-align: center;"> <p style="text-align: center;">Trattamento  <span style="color: green;">●</span> conversion  <span style="color: orange;">●</span> natural evolution  <span style="color: blue;">●</span> thinning</p> </div>
			Vedere scheda: condizioni suolo strato 0-10

## CRITERIO 2 - Salute e vitalità delle foreste - Stato ed andamento degli indicatori di GFS

Sito	Tipologia indicatore	Indicatore	Stato nei diversi trattamenti	Trend di dati storici stimati
Alberese (foresta di latifoglie sempreverdi)	Tradizionale	Defogliazione		
		<p>I risultati dell'ANOVA mostrano una differenza significativa tra i diversi trattamenti (<math>p &lt; 0,05</math>) per entrambi gli indicatori, con valori più elevati nei boschi in evoluzione naturale.</p>	<p>I valori sono compresi tra 15 e 35%, relativi rispettivamente agli anni 2007 e 2013. I valori risultano tendenzialmente in aumento nel tempo. Il valore medio stimato della serie storica (25,6%) è superiore a quello misurato nel 2016 (17,4%).</p>	



**LIFE FutureFor Coppices**

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



LIFE14 ENV/IT/000514

## CRITERIO 2 - Salute e vitalità delle foreste - Stato ed andamento degli indicatori di GFS

Sito	Tipologia indicatore	Indicatore	Stato nei diversi trattamenti	Trend di dati storici stimati
Alberese (foresta di latifoglie sempreverdi)	Tradizionale	Danni		
<p>I risultati dell'ANOVA mostrano una differenza significativa tra i diversi trattamenti (<math>p &lt; 0,05</math>) per due dei tre indicatori (numero danni e numero di parti danneggiate), con valori più elevati nei boschi in evoluzione naturale. A parte l'estensione mediana del danno che non si discosta dai valori riscontrati analizzando l'intero dataset, le altre variabili hanno mostrato valori lievementi superiori.</p>			<p>Il numero di danni è compreso tra 1,56 e 2,08, valori relativi rispettivamente agli anni 2007 e 2014. Il numero di parti affette è compreso tra 1,31 e 1,72, relativi rispettivamente agli anni 2007 e 2008.</p>	



**LIFE FutureFor Coppices**

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



LIFE14 ENV/IT/000514

## CRITERIO 2 - Salute e vitalità delle foreste - Stato ed andamento degli indicatori di GFS

Sito	Tipologia indicatore	Indicatore	Trend nei diversi trattamenti						
Alberese (foresta di latifoglie sempreverdi)	Innovativo	Accrescimento	<div data-bbox="734 293 1635 906"> <table border="1"> <caption>Data from Alberese scatter plot</caption> <thead> <tr> <th>Treatment</th> <th>Growth (m³ ha⁻¹ anno⁻¹)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>thinning</td> <td>~0.6</td> </tr> <tr> <td>natural evolution</td> <td>~3.0</td> </tr> </tbody> </table> </div> <p data-bbox="441 1157 2018 1252">I due rilievi disponibili rendono possibile calcolare un unico valore incrementale nei 15 anni di osservazione. I valori, compresi tra 0,6 (thinning) e 3 (natural evolution) m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>anno<sup>-1</sup>, sono relativamente bassi, ma tipici delle formazioni di leccio e sclerofille sempreverdi sub-costiere qui rappresentati.</p>	Treatment	Growth (m³ ha⁻¹ anno⁻¹)	thinning	~0.6	natural evolution	~3.0
Treatment	Growth (m³ ha⁻¹ anno⁻¹)								
thinning	~0.6								
natural evolution	~3.0								



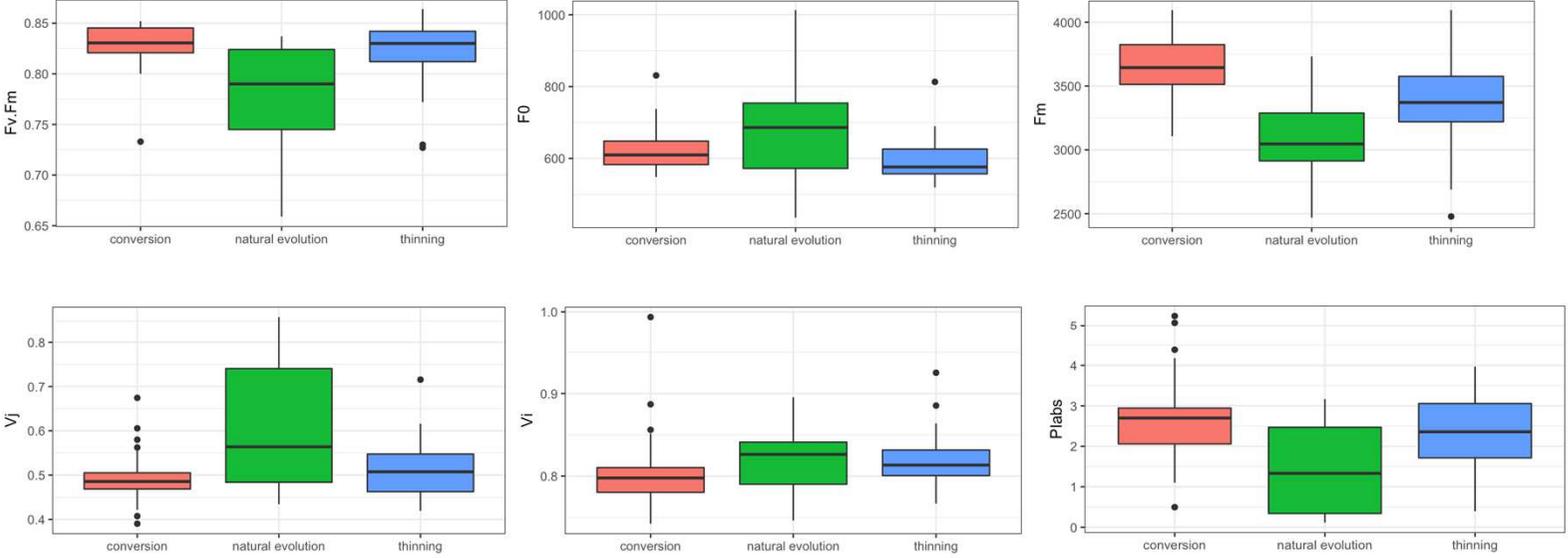
**LIFE FutureFor Coppices**

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



LIFE14 ENV/IT/000514

## CRITERIO 2 - Salute e vitalità delle foreste - Stato ed andamento degli indicatori di GFS

Sito	Tipologia indicatore	Indicatore	Stato nei diversi trattamenti
Alberese (foresta di latifoglie sempreverdi)	Innovativo	Fluorescenza della clorofilla a	 <p>The figure displays six box plots arranged in a 2x3 grid, comparing three forest management treatments: conversion (red), natural evolution (green), and thinning (blue). The indicators are: Fv/Fm (top-left), F0 (top-middle), Fm (top-right), Vi (bottom-left), Vj (bottom-middle), and Plabs (bottom-right). Each plot shows the median, interquartile range, and range of values for each treatment, with individual data points plotted as dots.</p> <p>I risultati dell'ANOVA mostrano una differenza significativa tra i diversi trattamenti per la maggior parte degli indicatori. In particolare, per quanto riguarda la fluorescenza della clorofilla a, tutte le variabili hanno mostrato differenze significative tra trattamenti, tranne la fluorescenza variabile al tempo t=30 ms (Vi), anche se al limite della significatività (p=0,052). Ai boschi in conversione ad alto fusto sono associati valori più elevati di massima resa della fotochimica primaria del PSII (Fv/Fm), fluorescenza massima (Fm) e Performance index (Plabs). I valori più elevati di fluorescenza iniziale (F0) e Fluorescenza variabile relativa al tempo t=2 ms (Vj) sono stati registrati in corrispondenza dei boschi in evoluzione naturale.</p>



**LIFE FutureFor Coppices**

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



LIFE14 ENV/IT/000514

## CRITERIO 2 - Salute e vitalità delle foreste - Stato ed andamento degli indicatori di GFS

Sito	Tipologia indicatore	Indicatore	Stato nei diversi trattamenti
Alberese (foresta di latifoglie sempreverdi)	Innovativo	Contenuto di clorofilla	<p>The box plot displays the distribution of Chl_SPAD values across three forest management treatments. The y-axis represents Chl_SPAD values from 30 to 55. The x-axis categories are conversion, natural evolution, and thinning. The conversion treatment (red box) shows a median Chl_SPAD of approximately 45, with a box from 43 to 48 and whiskers from 39 to 54. The natural evolution treatment (green box) has a median of approximately 47, a box from 44 to 49, and whiskers from 37 to 55, with three outliers at approximately 30, 33, and 35. The thinning treatment (blue box) has a median of approximately 46, a box from 43 to 49, and whiskers from 35 to 53.</p>
			<p>I risultati dell'ANOVA mostrano una differenza non significativa tra i diversi trattamenti per l' indicatore relativo al contenuto di clorofilla.</p>

## CRITERIO 2 - Salute e vitalità delle foreste - Stato ed andamento degli indicatori di GFS

Sito	Tipologia indicatore	Indicatore	Stato nei diversi trattamenti
Alberese (foresta di latifoglie sempreverdi)	Innovativo	Tratti fogliari	<div style="text-align: center;"> </div> <p style="text-align: center;">I risultati dell'ANOVA mostrano una differenza significativa tra i diversi trattamenti (<math>p &lt; 0,05</math>) per la maggior parte degli indicatori. In particolare, per quanto riguarda la morfologia fogliare, tutti gli indicatori che descrivono la dimensione della foglia (spessore, larghezza, lunghezza, area) hanno mostrato differenze significative tra trattamenti. Ai boschi in conversione ad alto fusto sono associati valori più elevati di spessore della lamina (Leaf thickness); i valori più elevati di lunghezza della lamina (Lamina length) e della foglia (Leaf length), area fogliare (Leaf area), sono stati registrati in corrispondenza dei boschi in evoluzione naturale, mentre i boschi in diradamento mostrano valori maggiori di larghezza lamina (Leaf width) [compreso larghezza max. parte sinistra (Max width left part of the lamina) e destra della lamina (Max width right part of the lamina)]</p>

## CRITERIO 2 - Salute e vitalità delle foreste - Stato ed andamento degli indicatori di GFS

Sito	Tipologia indicatore	Indicatore	Trend di dati storici stimati
Is Cannoneris (evergreen broadleaved forests)	Tradizionale	Deposizione di inquinanti atmosferici	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p><b>Is Cannoneris (R2= 0.1925 )</b></p> </div> <div style="text-align: center;"> <p><b>Is Cannoneris (R2=0.6394)</b></p> </div> <div style="text-align: center;"> <p><b>Is Cannoneris (R2= 0.6163 )</b></p> </div> </div> <p style="text-align: center; margin-top: 20px;">Le deposizioni di azoto ossidato sono comprese tra 121 e 513 mg(N)/m2, relativi rispettivamente agli anni 2000 e 1997. Le deposizioni di azoto ridotto sono comprese tra 152 e 271 mg(N)/m2, relativi rispettivamente agli anni 2000 e 2007. Le deposizioni di ossidi di zolfo sono comprese tra 287 e 556 mg(S)/m2, relativi rispettivamente agli anni 2014 e 1997. Azoto ossidato e ossidi di zolfo mostrano un trend temporale in diminuzione, al contrario dell'azoto ridotto.</p>



**LIFE FutureFor Coppices**

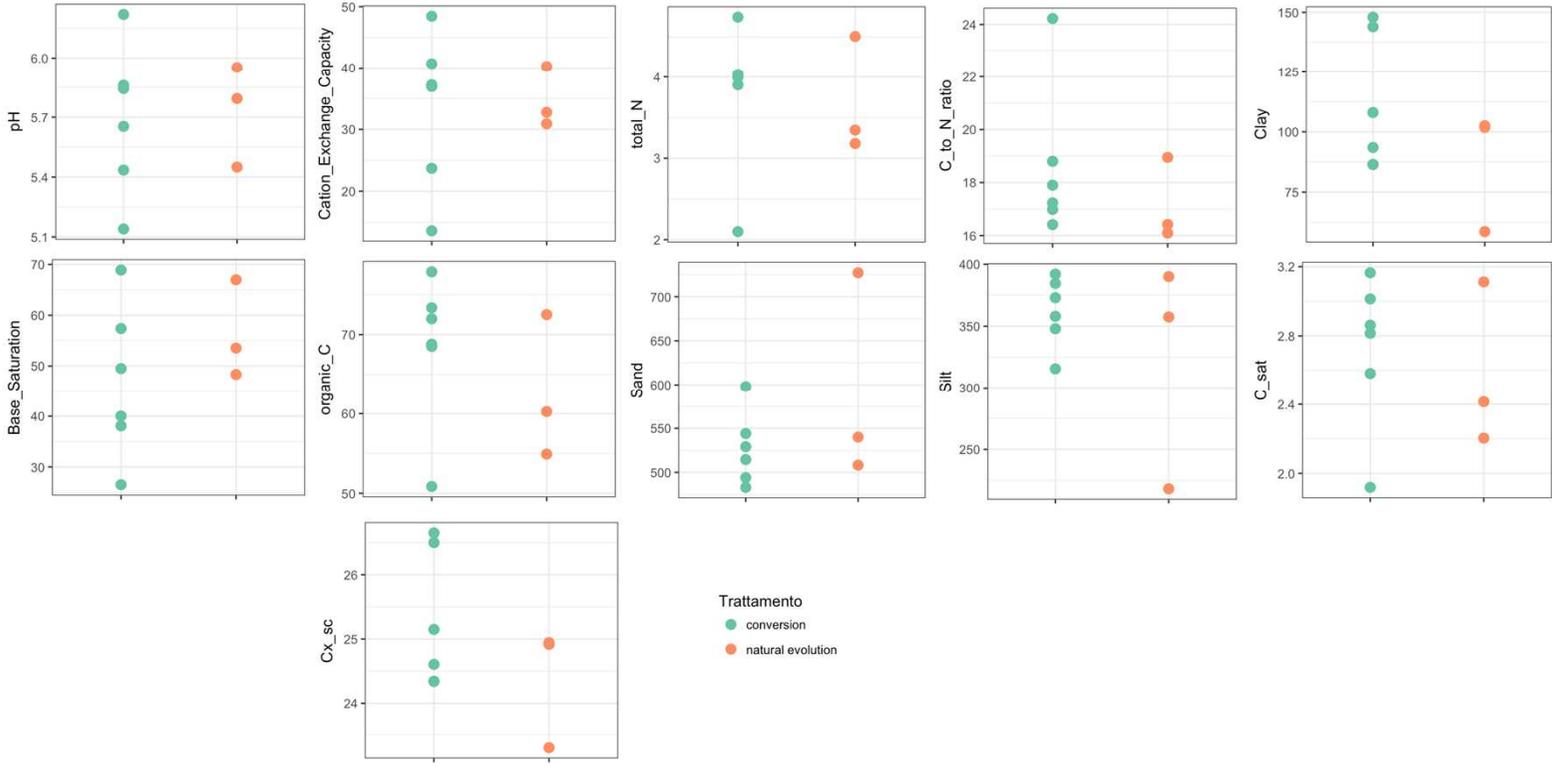
futureforcoppices.eu

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



LIFE14 ENV/IT/000514

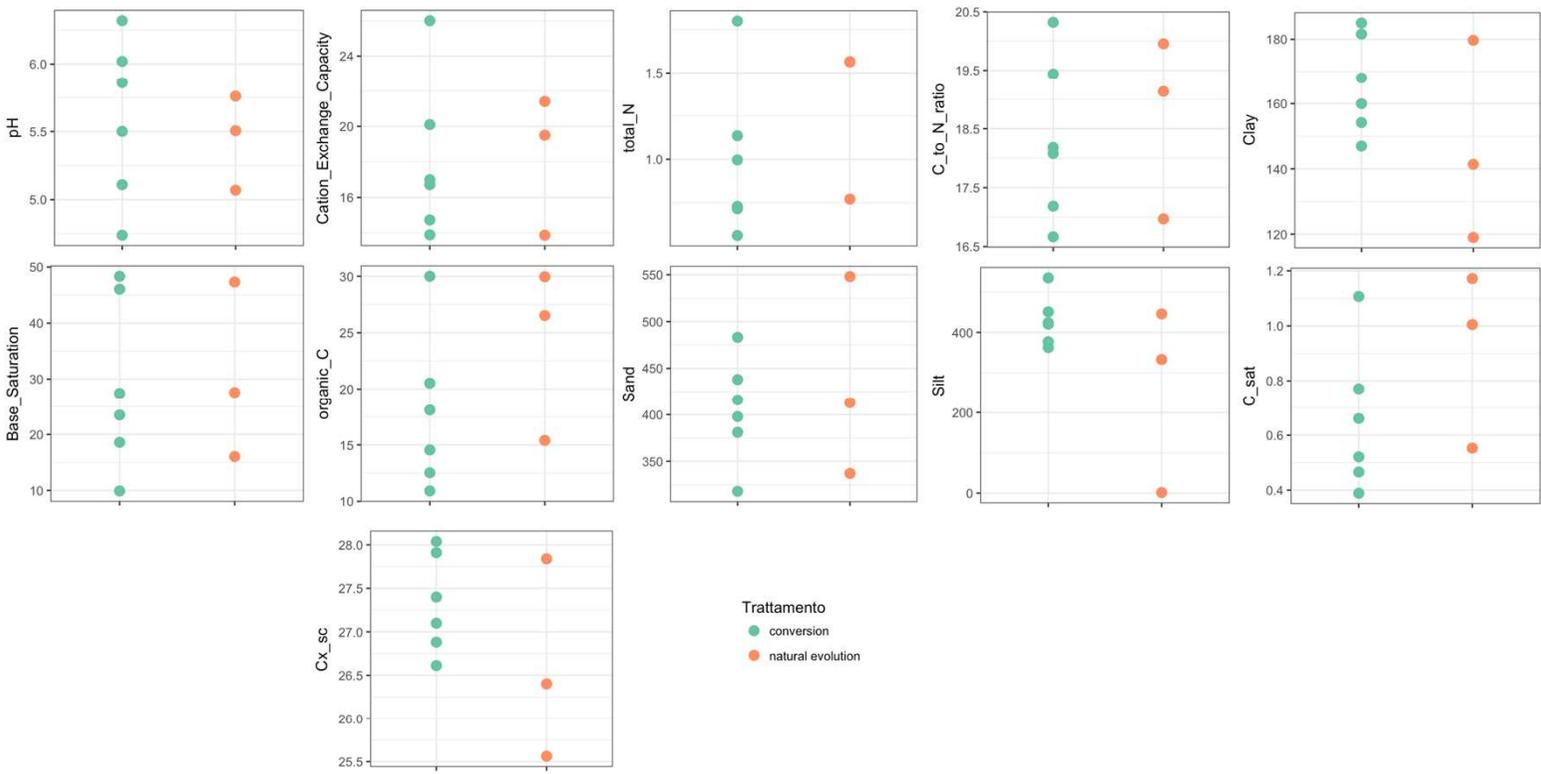
## CRITERIO 2 - Salute e vitalità delle foreste - Stato ed andamento degli indicatori di GFS

Sito	Tipologia indicatore	Indicatore	Stato nei diversi trattamenti
Is Cannoneris (foresta di latifoglie sempreverdi)	Tradizionale	Condizioni del suolo - strato 0-10	<div style="text-align: center;">  </div> <p data-bbox="427 1157 2029 1252" style="text-align: center;">La tessitura è di tipo franco o franco-sabbioso e il pH è acido o sub-acido in entrambe le aree corrispondenti ai trattamenti a confronto. I due trattamenti non hanno differito in misura rilevante per contenuto di C organico e di N totale. Nello strato 0-10 cm, il suolo è risultato sovrassaturo di C organico.</p>

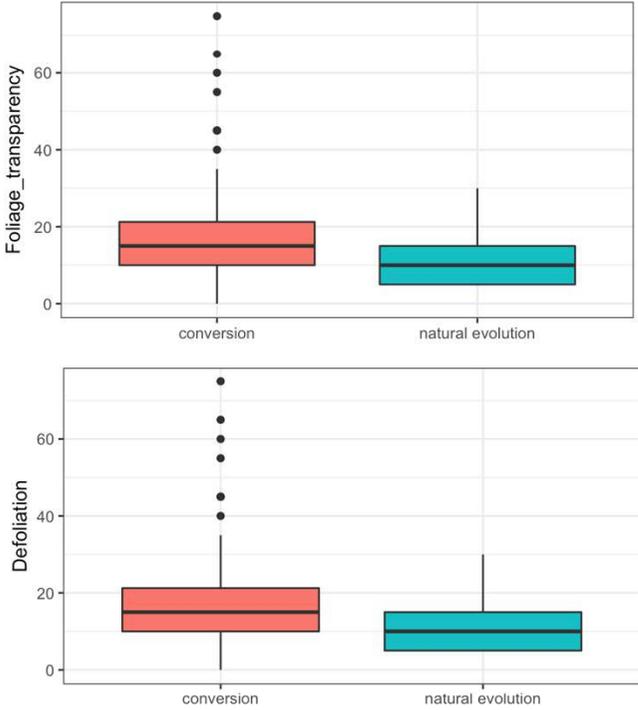
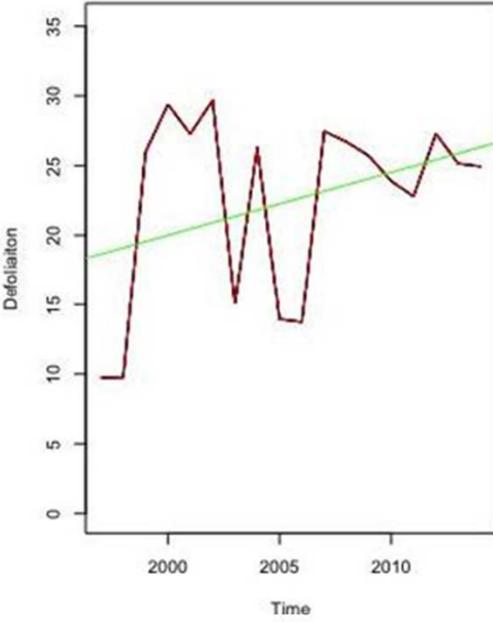
## CRITERIO 2 - Salute e vitalità delle foreste - Stato ed andamento degli indicatori di GFS

Sito	Tipologia indicatore	Indicatore	Stato nei diversi trattamenti
Is Cannoneris (foresta di latifoglie sempreverdi)	Tradizionale	Condizioni del suolo - strato 10-20	<p style="text-align: center;">Trattamento ● conversion ● natural evolution</p>
			Vedere scheda: condizioni suolo strato 0-10

## CRITERIO 2 - Salute e vitalità delle foreste - Stato ed andamento degli indicatori di GFS

Sito	Tipologia indicatore	Indicatore	Stato nei diversi trattamenti
Is Cannoneris (foresta di latifoglie sempreverdi)	Tradizionale	Condizioni del suolo- strato 20-40	 <p style="text-align: center;">Trattamento ● conversion ● natural evolution</p>
			Vedere scheda: condizioni suolo strato 0-10

## CRITERIO 2 - Salute e vitalità delle foreste - Stato ed andamento degli indicatori di GFS

Sito	Tipologia indicatore	Indicatore	Stato nei diversi trattamenti	Trend di dati storici stimati
Is Cannoneris (foresta di latifoglie sempreverdi)	Tradizionale	Defogliazione		
		<p>Nonostante i valori di entrambi gli indicatori siano piuttosto bassi e con una variabilità piuttosto contenuta, si assiste ad una differenza significativa (<math>p &lt; 0,05</math>) tra i due trattamenti, con valori più alti nei cedui in conversione ad alto fusto rispetto a quelli in evoluzione naturale.</p>	<p>I valori sono compresi tra 10 e 30%, relativi rispettivamente agli anni 1997-1998 e 2002. Il valore medio stimato di defogliazione della serie storica è risultato pari a 22,5%, decisamente superiore a quello misurato nel 2016 (14,4%). La tendenza appare in chiaro aumento.</p>	

## CRITERIO 2 - Salute e vitalità delle foreste - Stato ed andamento degli indicatori di GFS

Sito	Tipologia indicatore	Indicatore	Stato nei diversi trattamenti	Trend di dati storici stimati
Is Cannoneris (foresta di latifoglie sempreverdi)	Tradizionale	Danni		
		<p>I risultati dell'ANOVA mostrano una differenza significativa tra i due diversi trattamenti (<math>p &lt; 0,05</math>) per i tre indicatori (numero danni, numero di parti danneggiate, mediana dei danni), con valori più elevati nei boschi in conversione ad alto fusto.</p>	<p>Il numero di danni è compreso tra 1,40 e 1,72, relativi rispettivamente agli anni 2010 e 2013. Il numero di parti affette è compreso tra 1,22 e 1,39, relativi rispettivamente agli anni 2010 e 2013. Anche per i danni, i valori stimati per la serie storica sono superiori a quelli misurati nel 2016.</p>	



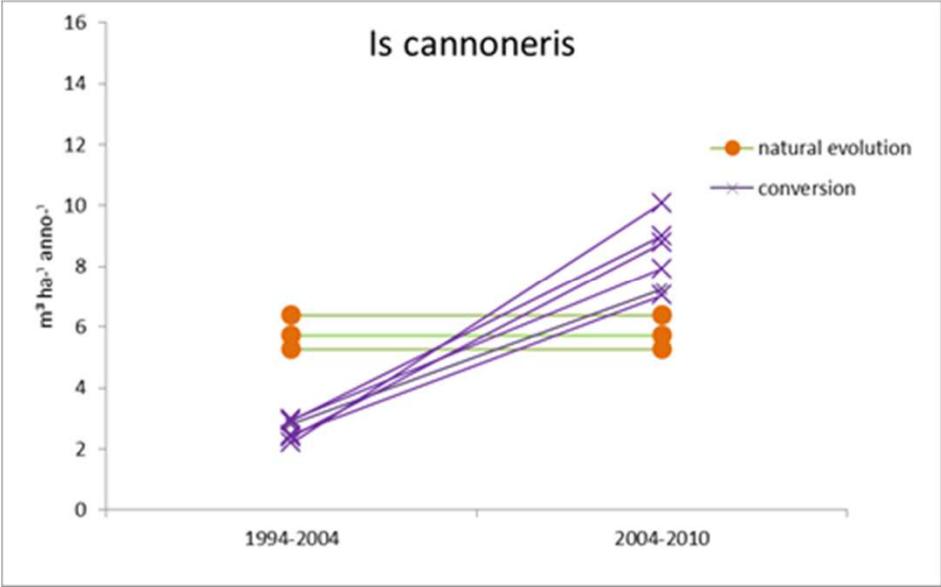
**LIFE FutureFor Coppices**

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

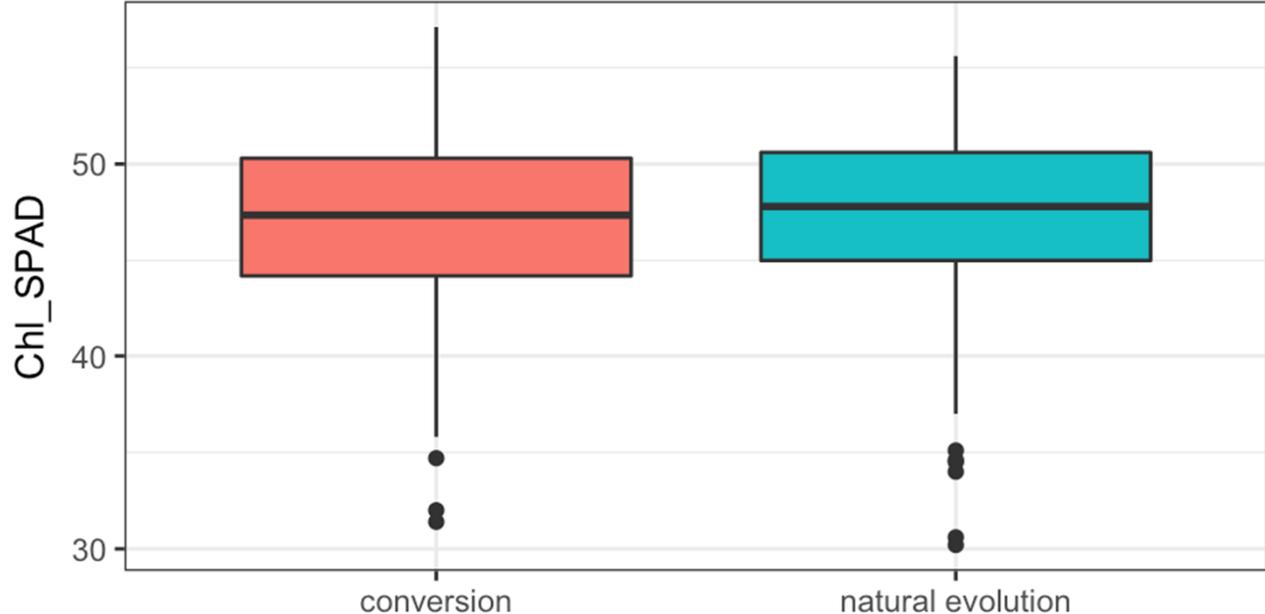


LIFE14 ENV/IT/000514

## CRITERIO 2 - Salute e vitalità delle foreste - Stato ed andamento degli indicatori di GFS

Sito	Tipologia indicatore	Indicatore	Trend nei diversi trattamenti
Is Cannoneris (foresta di latifoglie sempreverdi)	innovativo	Accrescimento	<div style="text-align: center;">  </div> <p style="text-align: center;">Si osservano andamenti nettamente differenziati tra le due opzioni, con valori pressoché costanti nella opzione evoluzione naturale (natural evolution) lungo tutto il periodo osservato. L'aumento deciso della pendenza incrementale si mantiene altrettanto costante nella opzione avviamento (conversion), pure con pendenze differenziate tra le repliche e le tesi. I valori sono compresi tra 2 e 10 m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup>anno<sup>-1</sup>. La variabilità di accrescimento è una componente costante in ambienti forestali mediterraneo-montani quali quelli rappresentati.</p>

## CRITERIO 2 - Salute e vitalità delle foreste - Stato ed andamento degli indicatori di GFS

Sito	Tipologia indicatore	Indicatore	Stato nei diversi trattamenti
Is Cannoneris (foresta di latifoglie sempreverdi)	innovativo	Contenuto di clorofilla	 <p data-bbox="448 1173 2004 1236">Gli indicatori misurati mostrano valori molto simili per i due trattamenti e l'ANOVA non ha evidenziato differenze significative tra i due set di dati</p>



**LIFE FutureFor Coppices**

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



LIFE14 ENV/IT/000514

## CRITERIO 2 - Salute e vitalità delle foreste - Stato ed andamento degli indicatori di GFS

Sito	Tipologia indicatore	Indicatore	Stato nei diversi trattamenti
Is Cannoneris (foresta di latifoglie sempreverdi)	innovativo	Tratti fogliari	<div style="text-align: center;"> </div> <p style="text-align: center; margin-top: 20px;">Gli indicatori misurati mostrano valori molto simili per i due trattamenti e l'ANOVA non ha evidenziato differenze significative per nessuno di questi indicatori considerati.</p>



**LIFE FutureFor Coppices**

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



LIFE14 ENV/IT/000514

## CRITERIO 2 - Salute e vitalità delle foreste - Stato ed andamento degli indicatori di GFS

Sito	Tipologia indicatore	Indicatore	Trend di dati storici stimati
Settefratelli (foresta di latifoglie sempreverdi)	Tradizionale	Deposizione di inquinanti atmosferici	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p><b>Settefratelli (R2= 0.332)</b></p> </div> <div style="text-align: center;"> <p><b>Settefratelli (R2=0.275)</b></p> </div> <div style="text-align: center;"> <p><b>Settefratelli (R2= 0.7718)</b></p> </div> </div>
		<p>Le deposizioni di azoto ossidato sono comprese tra 174 e 531 mg(N)/m<sup>2</sup>, relativi rispettivamente agli anni 2000 e 1997. Le deposizioni di azoto ridotto sono comprese tra 244 e 354 mg(N)/m<sup>2</sup>, relativi rispettivamente agli anni 2000 e 2005. Le deposizioni di ossidi di zolfo sono comprese tra 297 e 679 mg(S)/m<sup>2</sup>, relativi rispettivamente agli anni 2014 e 1997. Azoto ossidato e ossidi di zolfo mostrano un trend temporale in diminuzione, al contrario dell'azoto ridotto.</p>	



**LIFE FutureFor Coppices**

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



LIFE14 ENV/IT/000514

## CRITERIO 2 - Salute e vitalità delle foreste - Stato ed andamento degli indicatori di GFS

Sito	Tipologia indicatore	Indicatore	Stato nei diversi trattamenti
Settefratelli (foresta di latifoglie sempreverdi)	Tradizionale	Condizioni del suolo - strato 0-10	<div style="text-align: center;"> </div> <p style="text-align: right; margin-top: 10px;">                     Trattamento  <span style="color: green;">●</span> conversion                 </p>
			<p>Le due aree di studio sono risultate differenti per tutte le variabili misurate in particolare per lo strato di suolo 0-10 cm.</p>

## CRITERIO 2 - Salute e vitalità delle foreste - Stato ed andamento degli indicatori di GFS

Sito	Tipologia indicatore	Indicatore	Stato nei diversi trattamenti
Settefratelli (foresta di latifoglie sempreverdi)	Tradizionale	Condizioni del suolo - strato 10-20	<div style="text-align: center;"> </div> <p style="text-align: center; margin-top: 20px;">Vedere scheda: condizioni suolo strato 0-10</p>



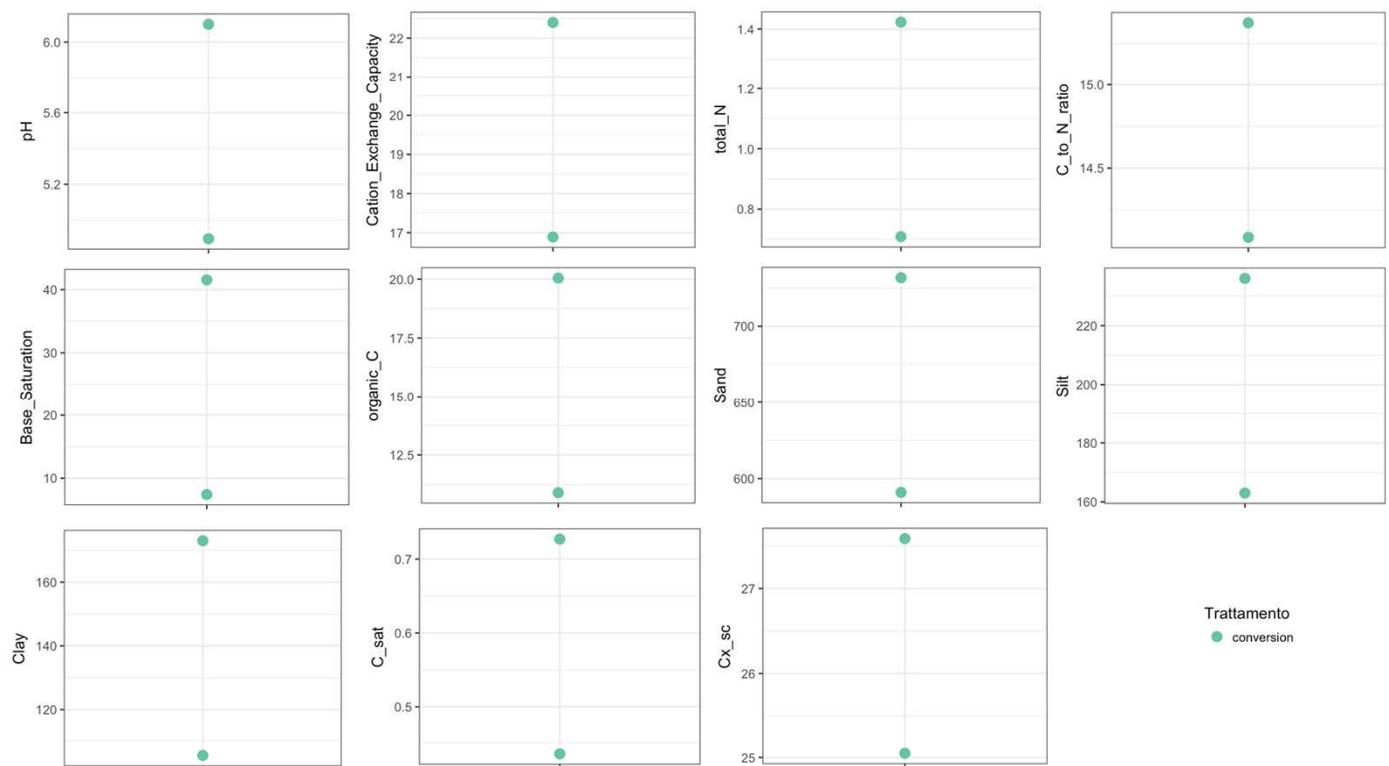
**LIFE FutureFor Coppices**

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

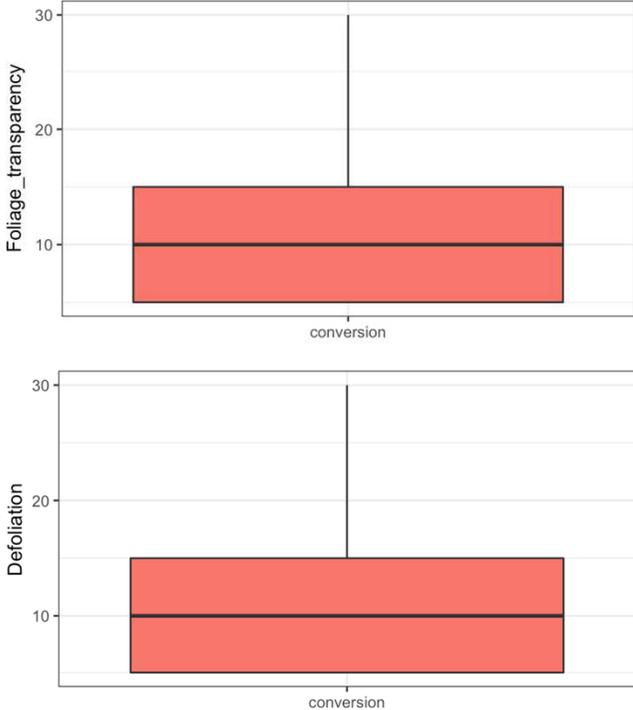
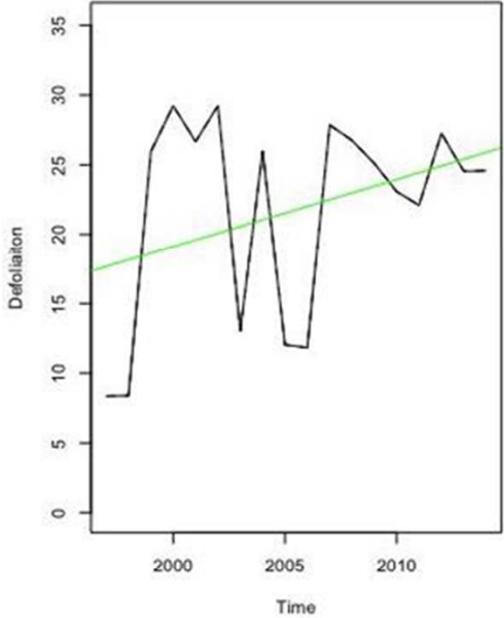


LIFE14 ENV/IT/000514

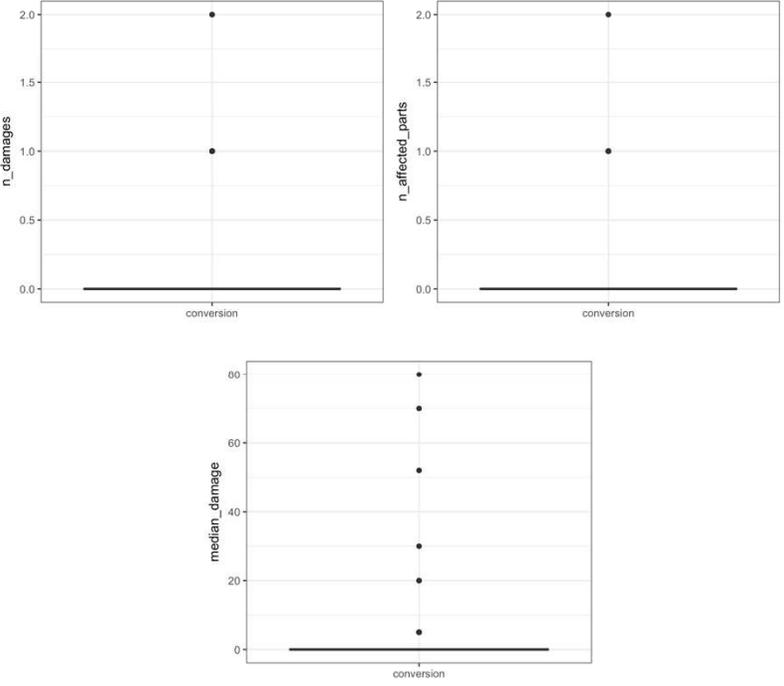
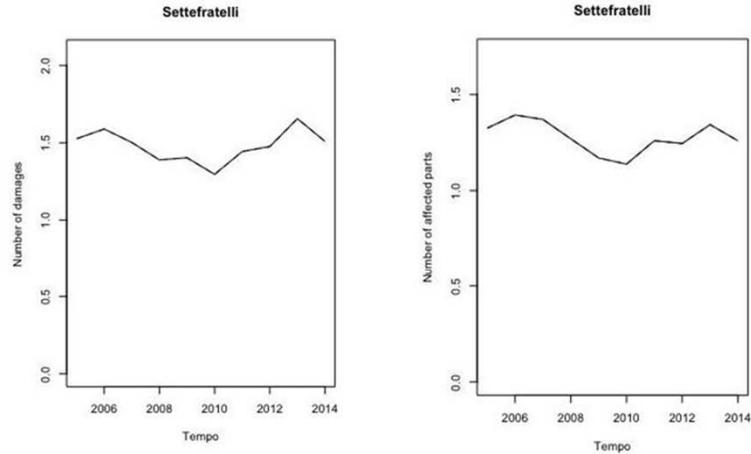
## CRITERIO 2 - Salute e vitalità delle foreste - Stato ed andamento degli indicatori di GFS

Sito	Tipologia indicatore	Indicatore	Stato nei diversi trattamenti
Settefratelli (foresta di latifoglie sempreverdi)	Tradizionale	Condizioni del suolo - strato 20-40	<div style="text-align: center;">  </div> <p style="text-align: center; margin-top: 20px;">Vedere scheda: condizioni suolo strato 0-10</p>

## CRITERIO 2 - Salute e vitalità delle foreste - Stato ed andamento degli indicatori di GFS

Sito	Tipologia indicatore	Indicatore	Stato nei diversi trattamenti	Trend di dati storici stimati
Settefratelli (foresta di latifoglie sempreverdi)	Tradizionale	Defogliazione		
			<p>I valori di entrambi gli indicatori sono molto bassi, con un intervallo interquartile compreso tra 5 e 15%.</p>	<p>I valori sono compresi tra 8 e 29%, relativi rispettivamente agli anni 1997-1998 e 2002 e mostrano una tendenza all'aumento. Il valore medio stimato sulla serie storica (22%) risulta quasi doppio rispetto a quello misurato nel 2016.</p>

## CRITERIO 2 - Salute e vitalità delle foreste - Stato ed andamento degli indicatori di GFS

Sito	Tipologia indicatore	Indicatore	Stato nei diversi trattamenti	Trend di dati storici stimati
Settefratelli (foresta di latifoglie sempreverdi)	Tradizionale	Danni		
			<p>Si riporta la distribuzione dei danni forestali (un solo trattamento: conversione ad alto fusto).</p>	<p>Il numero di danni è compreso tra 1,30 e 1,66, relativi rispettivamente agli anni 2010 e 2013. Il numero di parti affette è compreso tra 1,14 e 1,39, relativi rispettivamente agli anni 2010 e 2006.</p>

## CRITERIO 2 - Salute e vitalità delle foreste - Stato ed andamento degli indicatori di GFS

Sito	Tipologia indicatore	Indicatore	Trend di dati storici stimati
Caselli (foresta di latifoglie decidue termofile)	Tradizionale	Deposizione di inquinanti atmosferici	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>Caselli (R2= 0.0425)</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>Caselli (R2=0.0141)</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>Caselli (R2= 0.9059)</p> </div> </div> <p style="text-align: center; margin-top: 20px;">Le deposizioni di azoto ossidato sono comprese tra 183 e 694 mg(N)/m2, relativi rispettivamente agli anni 2000 e 1997. Le deposizioni di azoto ridotto sono comprese tra 439 e 606 mg(N)/m2, relativi rispettivamente agli anni 2007 e 2002. Le deposizioni di ossidi di zolfo sono comprese tra 431 e 872 mg(S)/m2, relativi rispettivamente agli anni 2013 e 1997. Azoto ossidato e ossidi di zolfo sono in tendenziale diminuzione nel tempo.</p>



**LIFE FutureFor Coppices**

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

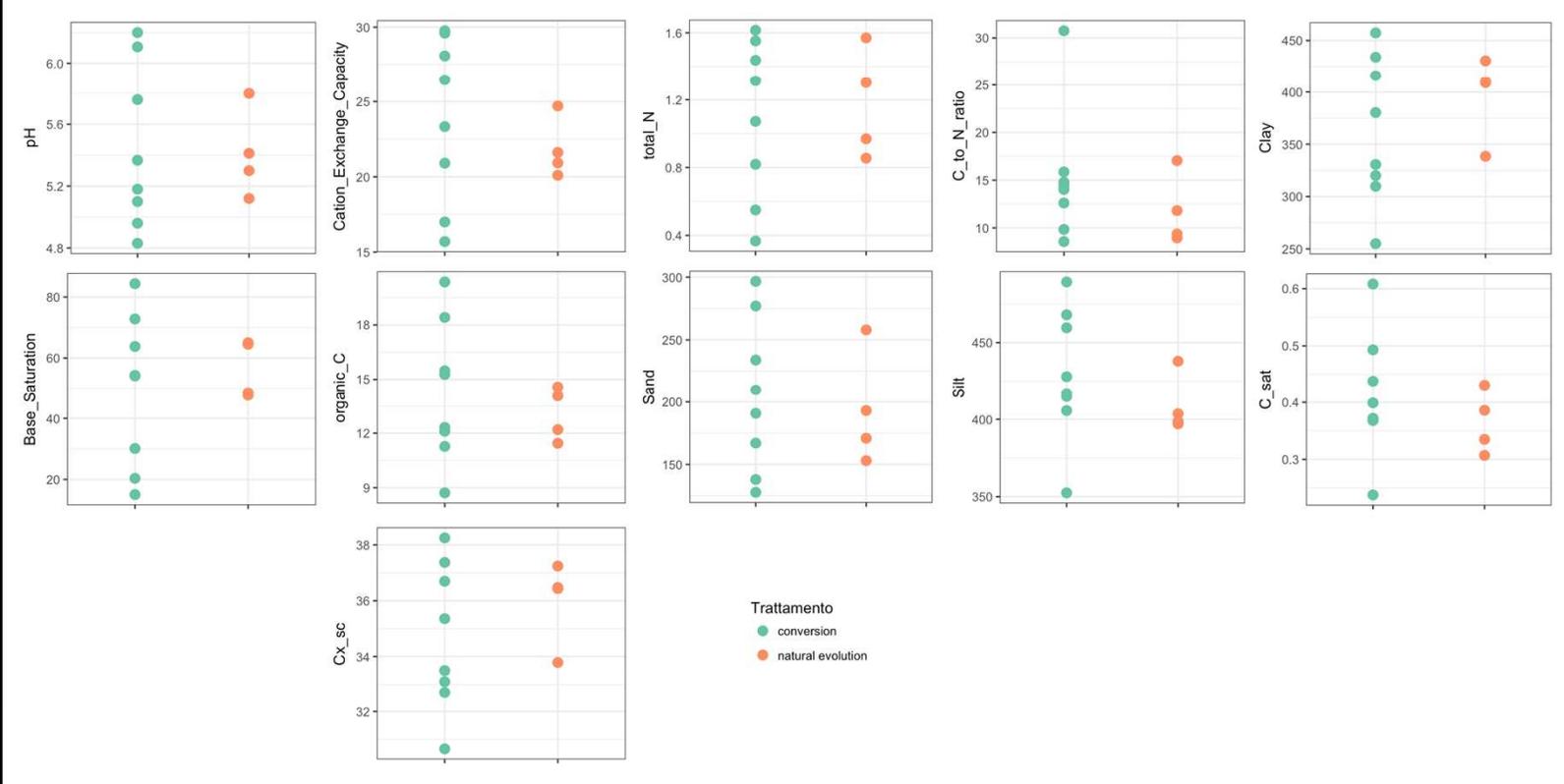


LIFE14 ENV/IT/000514

## CRITERIO 2 - Salute e vitalità delle foreste - Stato ed andamento degli indicatori di GFS

Sito	Tipologia indicatore	Indicatore	Stato nei diversi trattamenti
Caselli (foresta di latifoglie decidue termofile)	Tradizionale	Condizioni del suolo - strato 0-10	
		<p>La tessitura è di tipo franco o franco-sabbioso in entrambe le aree corrispondenti ai trattamenti a confronto. Nell'area corrispondente al trattamento "conversione ad alto fusto" i valori di pH, capacità di scambio cationico e somma i basi in tutti e tre gli orizzonti sono risultati molto più eterogenei rispetto alle aree in cui ricade il trattamento "evoluzione naturale". Il contenuto di C organico e di N totale non hanno mostrato differenze rilevanti tra i due trattamenti a confronto. Nello strato 0-10 cm, il suolo è risultato sovrasaturo di C organico.</p>	

## CRITERIO 2 - Salute e vitalità delle foreste - Stato ed andamento degli indicatori di GFS

Sito	Tipologia indicatore	Indicatore	Stato nei diversi trattamenti
Caselli (foresta di latifoglie decidue termofile)	Tradizionale	Condizioni del suolo - strato 10-20	 <p style="text-align: center;">Vedere scheda: condizioni suolo strato 0-10</p>



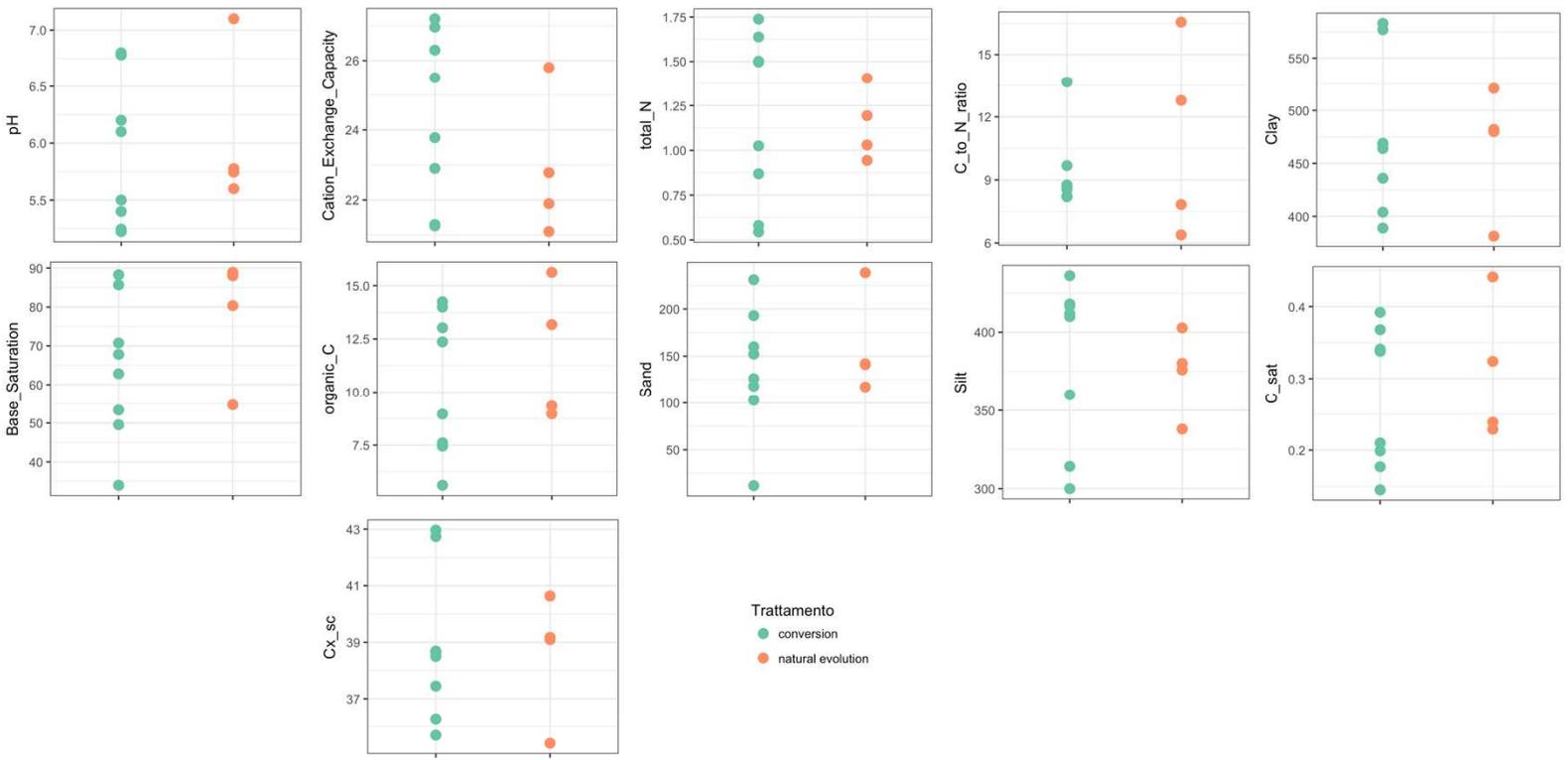
**LIFE FutureFor Coppices**

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



LIFE14 ENV/IT/000514

## CRITERIO 2 - Salute e vitalità delle foreste - Stato ed andamento degli indicatori di GFS

Sito	Tipologia indicatore	Indicatore	Stato nei diversi trattamenti
Caselli (foresta di latifoglie decidue termofile)	Tradizionale	Condizioni del suolo - strato 20-40	 <p style="text-align: center;">Trattamento  <span style="color: green;">●</span> conversion  <span style="color: orange;">●</span> natural evolution</p>
			Vedere scheda: condizioni suolo strato 0-10



**LIFE FutureFor Coppices**

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



LIFE14 ENV/IT/000514

## CRITERIO 2 - Salute e vitalità delle foreste - Stato ed andamento degli indicatori di GFS

Sito	Tipologia indicatore	Indicatore	Stato nei diversi trattamenti	Trend di dati storici stimati
Caselli (foresta di latifoglie decidue termofile)	Tradizionale	Defogliazione		
<p>Per entrambi gli indicatori non sono state osservate differenze significative tra i due trattamenti (conversione ad alto fusto ed evoluzione naturale; <math>p &gt; 0,05</math>). I valori dei due indicatori sono piuttosto bassi e presentano una variabilità contenuta.</p>			<p>I valori sono compresi tra 13 e 23%, relativi rispettivamente agli anni 2010 e 1999. I valori risultano tendenzialmente in diminuzione nel tempo. Il valore medio stimato della serie storica (17,5%) è superiore a quello misurato nel 2016 (12%).</p>	

## CRITERIO 2 - Salute e vitalità delle foreste - Stato ed andamento degli indicatori di GFS

Sito	Tipologia indicatore	Indicatore	Stato nei diversi trattamenti	Trend di dati storici stimati
Caselli (foresta di latifoglie decidue termofile)	Tradizionale	Danni		
			<p>I risultati dell'ANOVA non hanno evidenziato differenze significative ( <math>p &gt; 0,05</math> ).</p>	<p>Il numero di danni è compreso tra 0,46 e 1,31, relativi rispettivamente agli anni 2014 e 2006. Il numero di parti affette è compreso tra 0,41 e 1,23, relativi rispettivamente agli anni 2014 e 2006.</p>



**LIFE FutureFor Coppices**

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



LIFE14 ENV/IT/000514

## CRITERIO 2 - Salute e vitalità delle foreste - Stato ed andamento degli indicatori di GFS

Sito	Tipologia indicatore	Indicatore	Trend di dati storici stimati
Poggio Pievano (foresta di latifoglie decidue termofile)	Tradizionale	Deposizione di inquinanti atmosferici	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>Poggio Pievano (R2= 0.0914)</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>Poggio Pievano (R2=0.0341)</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>Poggio Pievano (R2= 0.9236 )</p> </div> </div>
			<p>Le deposizioni di azoto ossidato sono comprese tra 166 e 701 mg(N)/m<sup>2</sup>, relativi rispettivamente agli anni 2000 e 1997. Le deposizioni di azoto ridotto sono comprese tra 423 e 609 mg(N)/m<sup>2</sup>, relativi rispettivamente agli anni 2007 e 2002. Le deposizioni di ossidi di zolfo sono comprese tra 393 e 862 mg(S)/m<sup>2</sup>, relativi rispettivamente agli anni 2013 e 1997. I valori di tutte e tre le serie temporali sono intenzionale diminuzione, particolarmente marcata per gli ossidi di zolfo.</p>



**LIFE FutureFor Coppices**

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



LIFE14 ENV/IT/000514

## CRITERIO 2 - Salute e vitalità delle foreste - Stato ed andamento degli indicatori di GFS

Sito	Tipologia indicatore	Indicatore	Stato nei diversi trattamenti
Poggio Pievano (foresta di latifoglie decidue termofile)	Tradizionale	Condizioni del suolo - strato 0-10	<p style="text-align: center;"> <b>Trattamento</b>  <span style="color: green;">●</span> conversion  <span style="color: orange;">●</span> natural evolution  <span style="color: blue;">●</span> traditional coppice         </p>
		<p>La tessitura è di tipo franco o franco-argilloso e il pH è acido o sub-acido in tutte e tre le aree corrispondenti ai trattamenti a confronto. L'area corrispondente al trattamento "evoluzione naturale" è risultata caratterizzata da valori di contenuto di C e di capacità di scambio cationico rispettivamente superiori e inferiori alle aree relative agli altri due trattamenti.</p>	



**LIFE FutureFor Coppices**

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

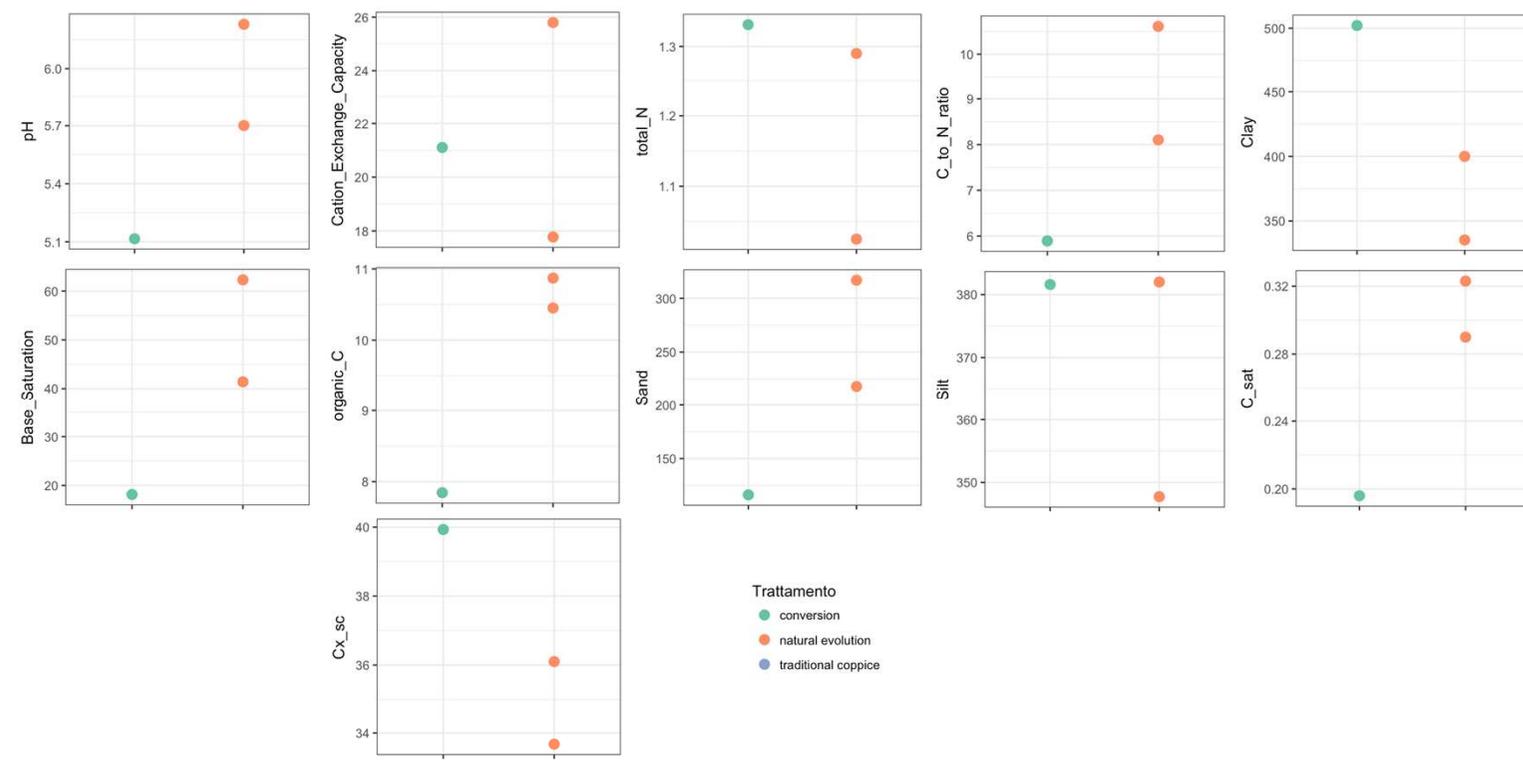


LIFE14 ENV/IT/000514

## CRITERIO 2 - Salute e vitalità delle foreste - Stato ed andamento degli indicatori di GFS

Sito	Tipologia indicatore	Indicatore	Stato nei diversi trattamenti
Poggio Pievano (foresta di latifoglie decidue termofile)	Tradizionale	Condizioni del suolo - strato 10-20	<p style="text-align: center;">Trattamento</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><span style="color: green;">●</span> conversion</li> <li><span style="color: orange;">●</span> natural evolution</li> <li><span style="color: blue;">●</span> traditional coppice</li> </ul>
			Vedere scheda: condizioni suolo strato 0-10

## CRITERIO 2 - Salute e vitalità delle foreste - Stato ed andamento degli indicatori di GFS

Sito	Tipologia indicatore	Indicatore	Stato nei diversi trattamenti
Poggio Pievano (foresta di latifoglie decidue termofile)	Tradizionale	Condizioni del suolo - strato 20-40	 <p style="text-align: center;">Trattamento</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><span style="color: green;">●</span> conversion</li> <li><span style="color: orange;">●</span> natural evolution</li> <li><span style="color: blue;">●</span> traditional coppice</li> </ul>
			Vedere scheda: condizioni suolo strato 0-10



**LIFE FutureFor Coppices**

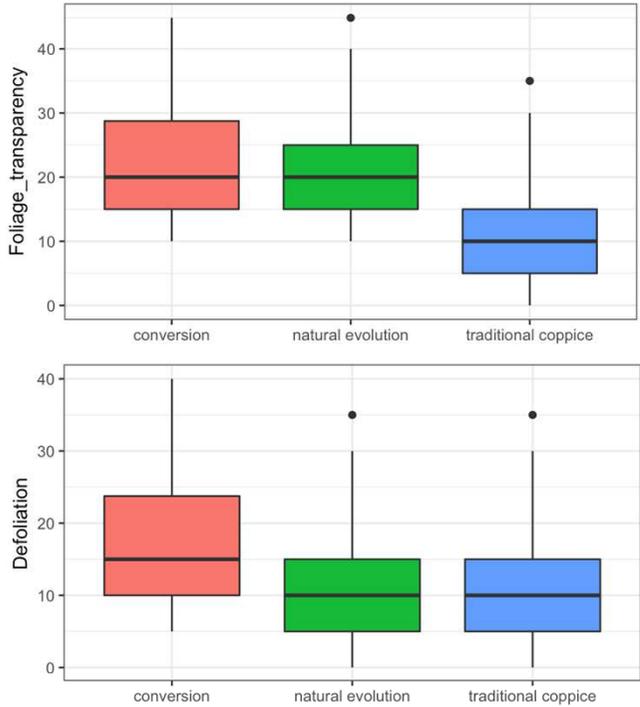
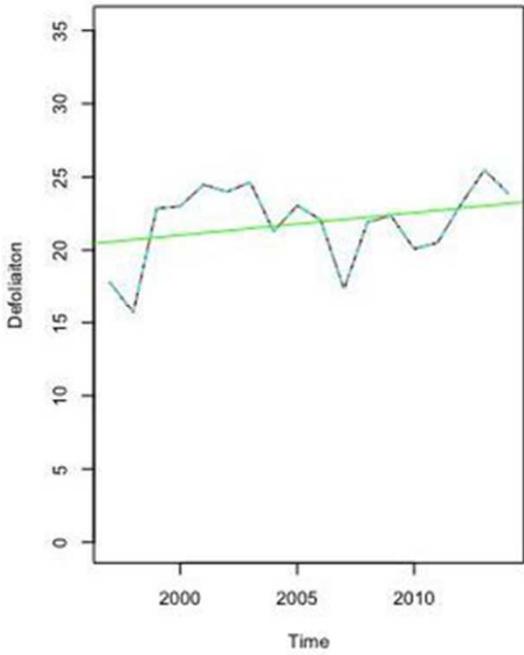
Shaping future forestry for sustainable coppices in southern Europe: the legacy of past management trials

futureforcoppices.eu



LIFE14 ENV/IT/000514

## CRITERIO 2 - Salute e vitalità delle foreste - Stato ed andamento degli indicatori di GFS

Sito	Tipologia indicatore	Indicatore	Stato nei diversi trattamenti	Trend di dati storici stimati
Poggio Pievano (foresta di latifoglie decidue termofile)	Tradizionale	Defogliazione		
			<p>I risultati dell'ANOVA mostrano una differenza significativa tra i diversi trattamenti (<math>p &lt; 0,05</math>) per entrambi gli indicatori, con valori più elevati nei boschi in conversione, seguiti dai boschi in evoluzione naturale e dai cedui tradizionali.</p>	<p>I valori sono compresi tra 16 e 25%, relativi rispettivamente agli anni 1998 e 2003, 2013. I valori risultano in tendenziale aumento. Il valore medio stimato della serie storica (22%) è quasi il doppio di quello misurato nel 2016 (12%).</p>



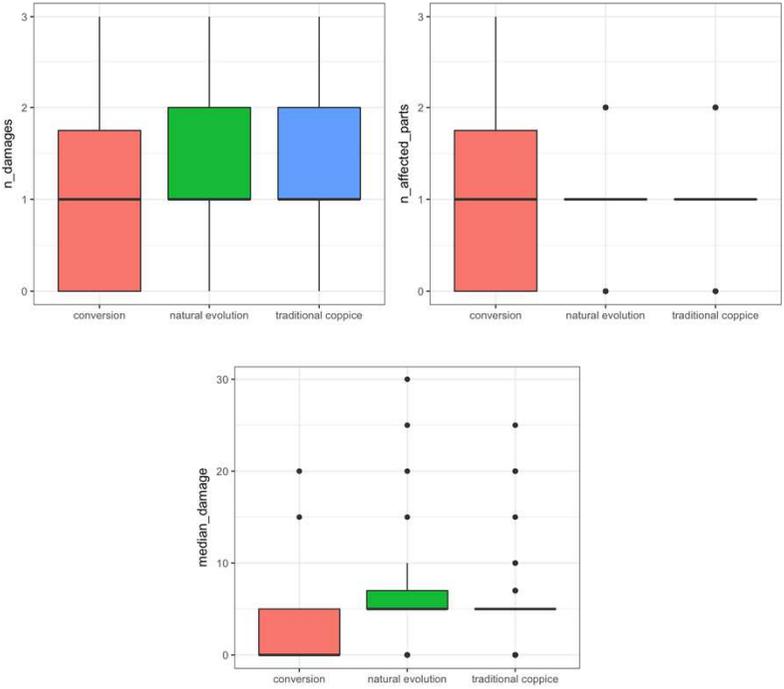
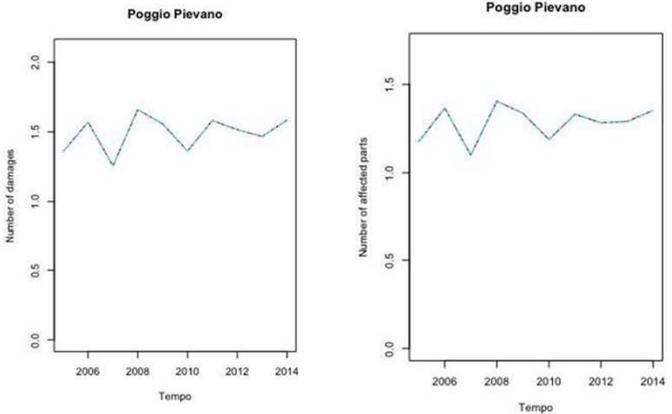
**LIFE FutureFor Coppices**

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

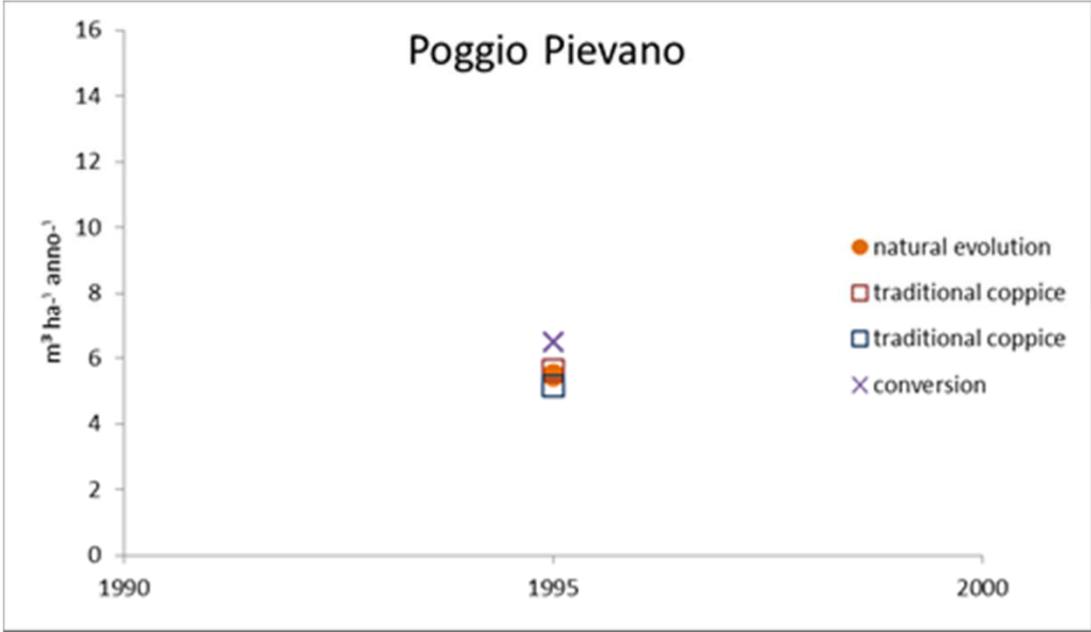


LIFE14 ENV/IT/000514

## CRITERIO 2 - Salute e vitalità delle foreste - Stato ed andamento degli indicatori di GFS

Sito	Tipologia indicatore	Indicatore	Stato nei diversi trattamenti	Trend di dati storici stimati
Poggio Pievano (foresta di latifoglie decidue termofile)	Tradizionale	Danni	 <p>The figure consists of three box plots. The top-left plot shows 'n_damages' (y-axis 0-3) for conversion (red), natural evolution (green), and traditional coppice (blue). The top-right plot shows 'n_affected_parts' (y-axis 0-3) for the same treatments. The bottom plot shows 'median_damage' (y-axis 0-30) for conversion (red), natural evolution (green), and traditional coppice (blue). In all plots, conversion generally shows higher values than the other two treatments.</p>	 <p>Two line graphs for Poggio Pievano. The left graph shows 'Number of damages' (y-axis 0.0-2.0) from 2006 to 2014. The right graph shows 'Number of affected parts' (y-axis 0.0-1.5) from 2006 to 2014. Both graphs show fluctuations over time, with notable peaks in 2007 and 2008.</p>
			<p>I risultati dell'ANOVA mostrano una differenza significativa tra i diversi trattamenti ( <math>p &lt; 0,05</math>) solo per l'indicatore 'numero di danni'.</p>	<p>Il numero di danni è compreso tra 1,26 e 1,66, relativi rispettivamente agli anni 2007 e 2008. Il numero di parti affette è compreso tra 1,10 e 1,41, relativi rispettivamente agli anni 2007 e 2008.</p>

## CRITERIO 2 - Salute e vitalità delle foreste - Stato ed andamento degli indicatori di GFS

Sito	Tipologia indicatore	Indicatore	Trend nei diversi trattamenti
Poggio Pievano (foresta di latifoglie decidue termofile)	Innovativo	Accrescimento	<div style="text-align: center;">  </div> <p>L'unico rilievo disponibile consente il calcolo di un solo valore di incremento (medio) nel periodo 1-35 anni. I valori nelle aree che originano le diverse opzioni culturali sono molto simili e compresi tra 5 e 6 m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup>anno<sup>-1</sup>, con il valore più alto per l'opzione di avviamento (conversion). Questi corrispondono ad un livello di fertilità medio per la specie e l'ambiente considerato.</p>



**LIFE FutureFor Coppices**

futureforcoppices.eu

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



LIFE14 ENV/IT/000514

## CRITERIO 2 - Salute e vitalità delle foreste - Stato ed andamento degli indicatori di GFS

Sito	Tipologia indicatore	Indicatore	Stato nei diversi trattamenti
Poggio Pievano (foresta di latifoglie decidue termofile)	Innovativo	Fluorescenza della clorofilla <i>a</i>	<div style="text-align: center;"> </div> <p style="text-align: center;">I risultati dell'ANOVA mostrano una differenza significativa tra i diversi trattamenti (<math>p &lt; 0,05</math>) solo per alcuni indicatori. In particolare fluorescenza variabile relativa al tempo <math>t=2</math> ms (<math>V_j</math>) mostra valori più elevati nei cedui tradizionali, mentre i valori di Performance index (Plabs) sono più alti nei boschi in evoluzione naturale.</p>



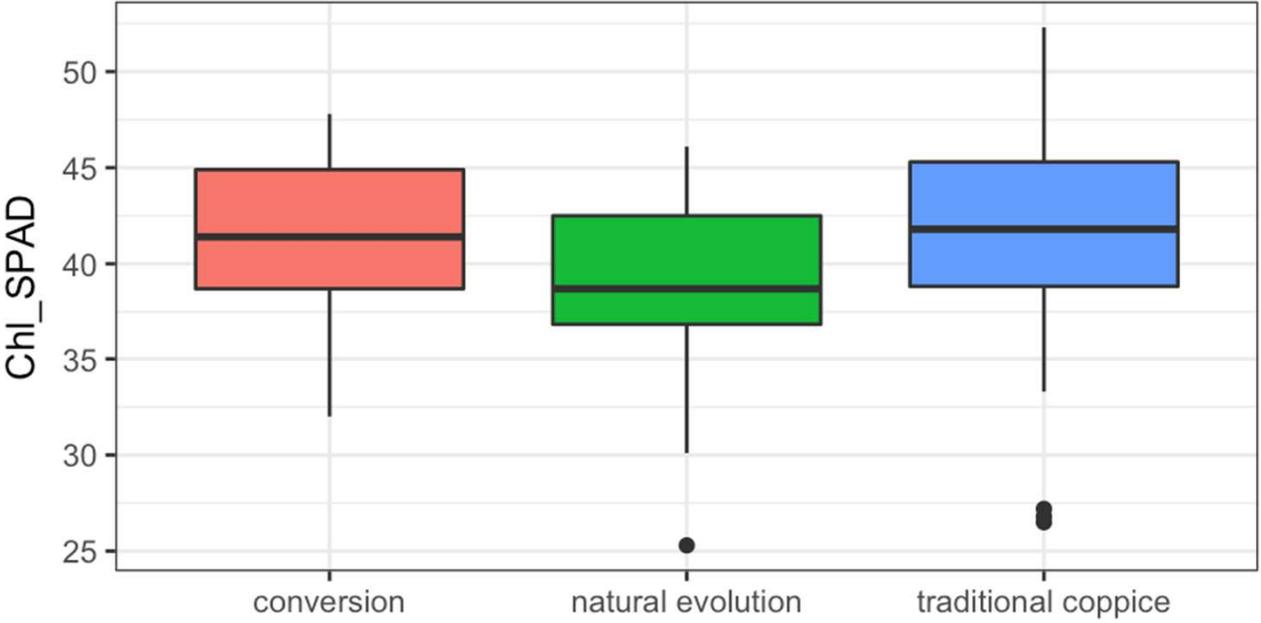
**LIFE FutureFor Coppices**

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



LIFE14 ENV/IT/000514

## CRITERIO 2 - Salute e vitalità delle foreste - Stato ed andamento degli indicatori di GFS

Sito	Tipologia indicatore	Indicatore	Stato nei diversi trattamenti
Poggio Pievano (foresta di latifoglie decidue termofile)	Innovativo	Contenuto di clorofilla	 <p data-bbox="450 1174 2007 1238">I risultati dell'ANOVA mostrano una differenza significativa tra i diversi trattamenti (<math>p &lt; 0,05</math>) solo per alcuni indicatori. In particolare il contenuto di clorofilla (Chl_SPAD) mostra valori più elevati nei cedui tradizionali.</p>

## CRITERIO 2 - Salute e vitalità delle foreste - Stato ed andamento degli indicatori di GFS

Sito	Tipologia indicatore	Indicatore	Stato nei diversi trattamenti
Poggio Pievano (foresta di latifoglie decidue termofile)	Innovativo	Tratti fogliari	
			<p>I risultati dell'ANOVA mostrano una differenza significativa tra i diversi trattamenti (<math>p &lt; 0,05</math>) solo per lo spessore della lamina (Leaf thickness) che mostra valori più elevati nei cedui tradizionali.</p>



**LIFE FutureFor Coppices**

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



LIFE14 ENV/IT/000514

## CRITERIO 2 - Salute e vitalità delle foreste - Stato ed andamento degli indicatori di GFS

Sito	Tipologia indicatore	Indicatore	Trend di dati storici stimati
Valsavignone (foresta di latifoglie decidue termofile)	Tradizionale	Deposizione di inquinanti atmosferici	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-start;"> <div style="text-align: center;"> <p><b>Valsavignone (R2= 0.2961 )</b></p> </div> <div style="text-align: center;"> <p><b>Valsavignone (R2=0.3252)</b></p> </div> <div style="text-align: center;"> <p><b>Valsavignone (R2= 0.9286 )</b></p> </div> </div> <p style="text-align: center; margin-top: 20px;">Le deposizioni di azoto ossidato sono comprese tra 185 e 811 mg(N)/m<sup>2</sup>, relativi rispettivamente agli anni 2000 e 1997. Le deposizioni di azoto ridotto sono comprese tra 593 e 885 mg(N)/m<sup>2</sup>, relativi rispettivamente agli anni 2011 e 2002. Le deposizioni di ossidi di zolfo sono comprese tra 346 e 1130 mg(S)/m<sup>2</sup>, relativi rispettivamente agli anni 2014 e 1997. Per tutte e tre le serie di valori di deposizione si osserva una tendenza alla diminuzione.</p>



**LIFE FutureFor Coppices**

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



LIFE14 ENV/IT/000514

## CRITERIO 2 - Salute e vitalità delle foreste - Stato ed andamento degli indicatori di GFS

Sito	Tipologia indicatore	Indicatore	Stato nei diversi trattamenti
Valsavignone (foresta di latifoglie decidue termofile)	Tradizionale	Condizioni del suolo - strato 0-10	<div style="text-align: center;"> </div> <p style="text-align: center;">                 La tessitura è di tipo franco o franco-argilloso e il pH è mediamente neutro in tutte e tre le aree corrispondenti ai trattamenti a confronto. L'area corrispondente al trattamento "evoluzione naturale" è risultata caratterizzata da valori di contenuto di C e N totale superiori all'area relativa al trattamento "conversione ad alto fusto". Il trattamento "evoluzione naturale" ha mostrato valori di saturazione in carbonio superiori a quelli osservati nell'altro trattamento e superiori all'unità fino alla profondità dei 20 cm.             </p>



**LIFE FutureFor Coppices**

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



LIFE14 ENV/IT/000514

## CRITERIO 2 - Salute e vitalità delle foreste - Stato ed andamento degli indicatori di GFS

Sito	Tipologia indicatore	Indicatore	Stato nei diversi trattamenti
Valsavignone (foresta di latifoglie decidue termofile)	Tradizionale	Condizioni del suolo - strato 10-20	<div style="text-align: center;"> <p style="text-align: center;">Trattamento ● conversion ● natural evolution</p> </div> <p style="text-align: center; margin-top: 20px;">Vedere scheda: condizioni suolo strato 0-10</p>

## CRITERIO 2 - Salute e vitalità delle foreste - Stato ed andamento degli indicatori di GFS

Sito	Tipologia indicatore	Indicatore	Stato nei diversi trattamenti
Valsavignone (foresta di latifoglie decidue termofile)	Tradizionale	Condizione del suolo - strato 20-40	<p style="text-align: center;">Trattamento  <span style="color: green;">●</span> conversion  <span style="color: orange;">●</span> natural evolution</p>
			Vedere scheda: condizioni suolo strato 0-10

## CRITERIO 2 - Salute e vitalità delle foreste - Stato ed andamento degli indicatori di GFS

Sito	Tipologia indicatore	Indicatore	Stato nei diversi trattamenti	Trend di dati storici stimati
Valsavignone (foresta di latifoglie decidue termofile)	Tradizionale	Defogliazione		
			<p>Per entrambi gli indicatori non sono state osservate differenze significative tra i due trattamenti (conversione ad alto fusto ed evoluzione naturale; <math>p &gt; 0,05</math>).</p>	<p>I valori sono compresi tra 21 e 30%, relativi rispettivamente agli anni 1998, 2010 e 2003 e mostrano una leggera tendenza alla diminuzione. Il valore medio stimato sulla serie storica (24,7%) è decisamente superiore rispetto a quello misurato nel 2016 (9,5%).</p>



**LIFE FutureFor Coppices**

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



LIFE14 ENV/IT/000514

## CRITERIO 2 - Salute e vitalità delle foreste - Stato ed andamento degli indicatori di GFS

Sito	Tipologia indicatore	Indicatore	Stato nei diversi trattamenti	Trend di dati storici stimati
Valsavignone (foresta di latifoglie decidue termofile)	Tradizionale	Danni		
<p>I risultati dell'ANOVA non hanno evidenziato differenze significative (<math>p &gt; 0,05</math>).</p>			<p>Il numero di danni è compreso tra 1,46 e 1,81, relativi rispettivamente agli anni 2009 e 2011. Il numero di parti affette è compreso tra 1,31 e 1,60, relativi rispettivamente agli anni 2007 e 2011.</p>	



**LIFE FutureFor Coppices**

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



LIFE14 ENV/IT/000514

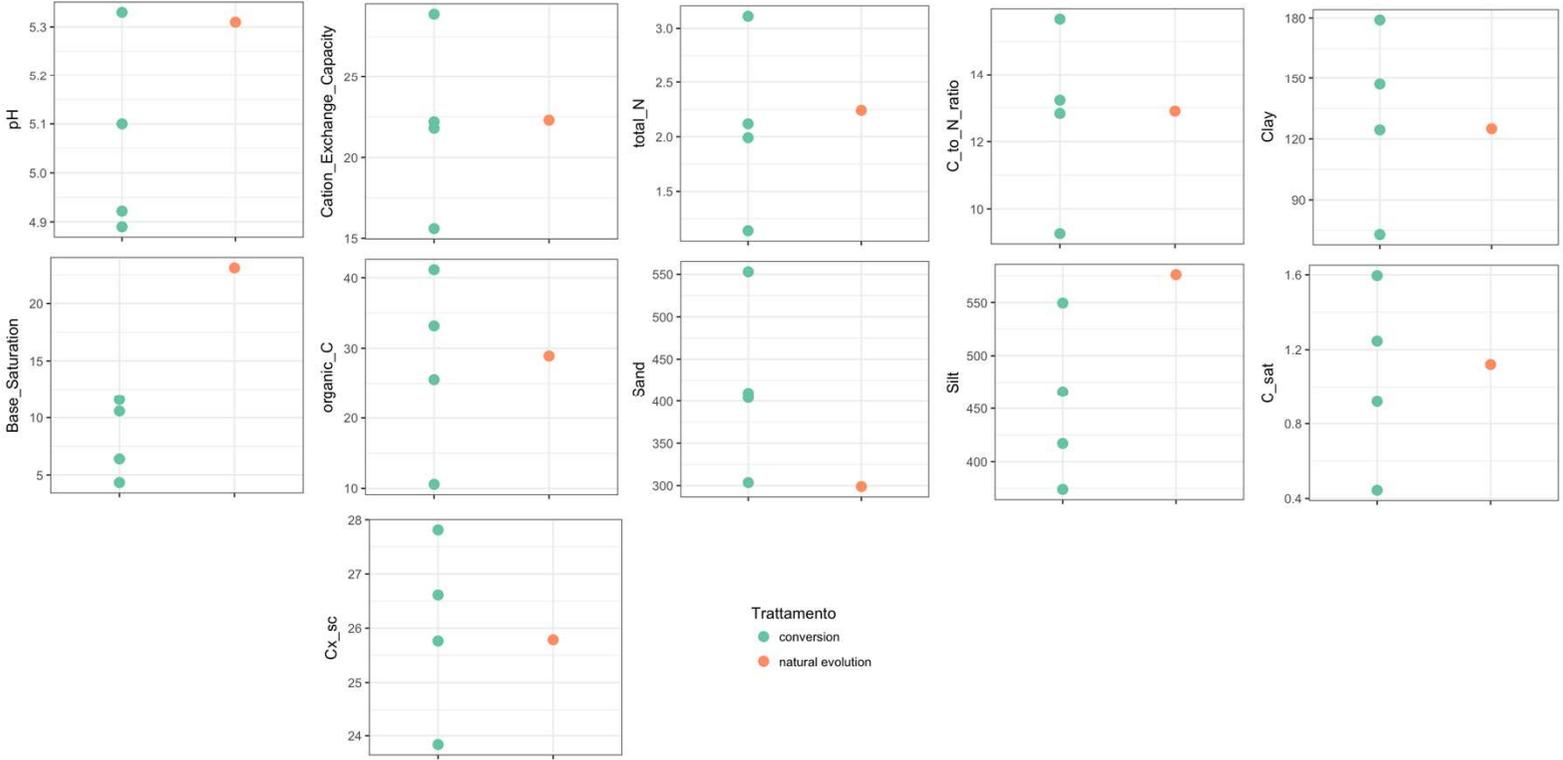
## Criterion 2. Forest ecosystems' health and vitality - Status and trend of GFS indicators

Site	Indicator Type	Indicator	Time trend to 2014
Buca Zamponi (mountainous beech forest)	Consolidated	Deposition of air pollutants	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p><b>Buca Zamponi (R2= 0.2807 )</b></p> </div> <div style="text-align: center;"> <p><b>Buca Zamponi (R2=0.3372)</b></p> </div> <div style="text-align: center;"> <p><b>Buca Zamponi (R2= 0.9352 )</b></p> </div> </div>
		<p>The depositions of oxidized nitrogen show values between 196 and 804 mg (N) / m<sup>2</sup>, for the years 2000 and 1997, respectively. The depositions of reduced nitrogen are between 582 and 858 mg / m<sup>2</sup>, for the years 2011 and 2002, respectively. The sulfate depositions are recomprised between 357 and 1111 mg / m<sup>2</sup>, for the years 2014 and 1997, respectively. The values of each time series tend to decrease, especially for sulfates.</p>	

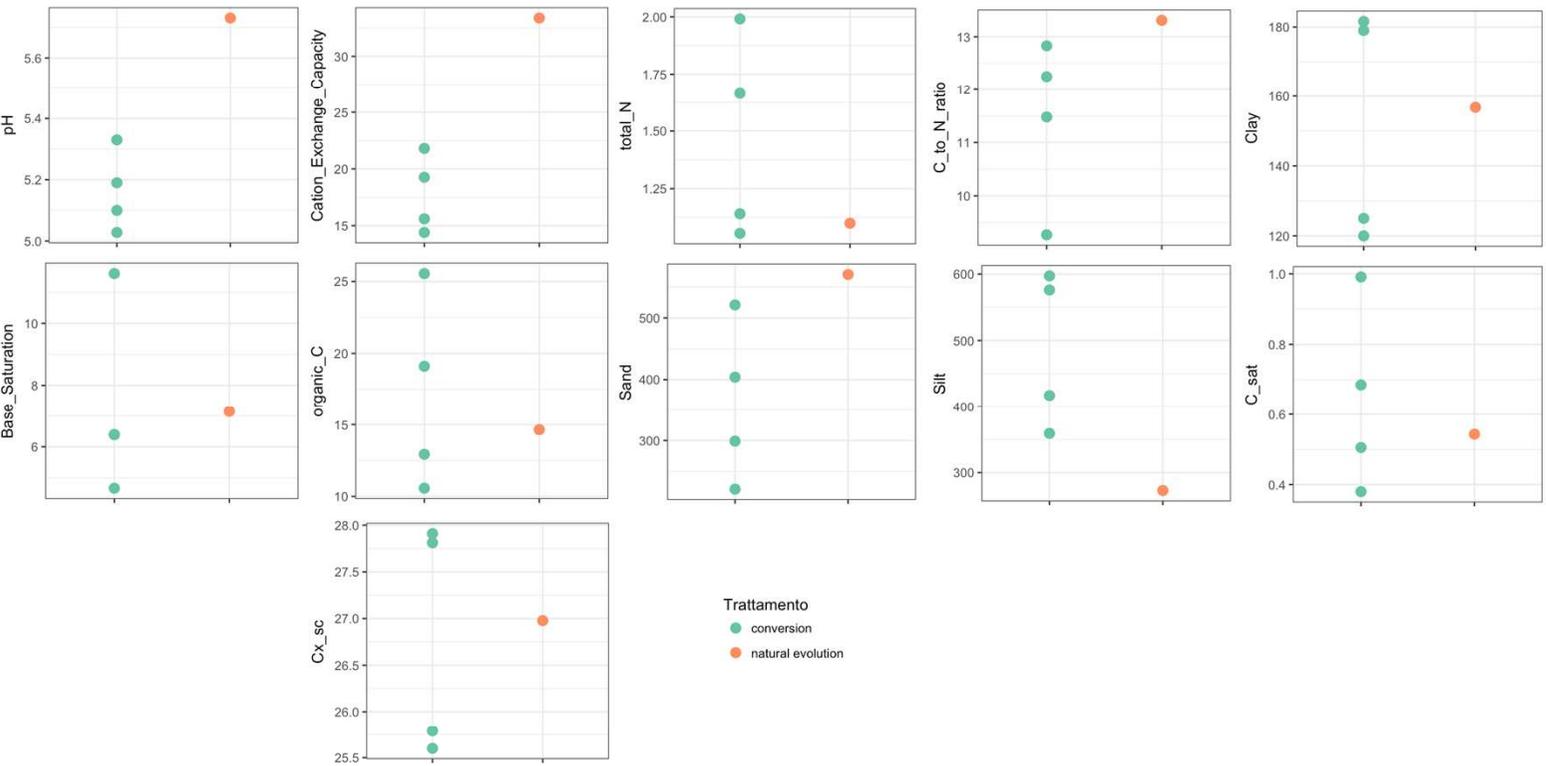
## Criterion 2. Forest ecosystems' health and vitality - Status and trend of GFS indicators

Site	Indicator Type	Indicator	Status for different management options
Buca Zamponi (mountainous beech forest)	Consolidated	Soil condition - 0-10 horizon	
		<p>Soil texture is generally of a <b>frank or frank-sandy</b> type in both areas corresponding to the compared management options. The pH is, on average, very acid or acid. The organic C and total N content are on average high in both management options for all three horizons of soil profile. In the surface two horizons, the soil is supersaturated with organic C.</p>	

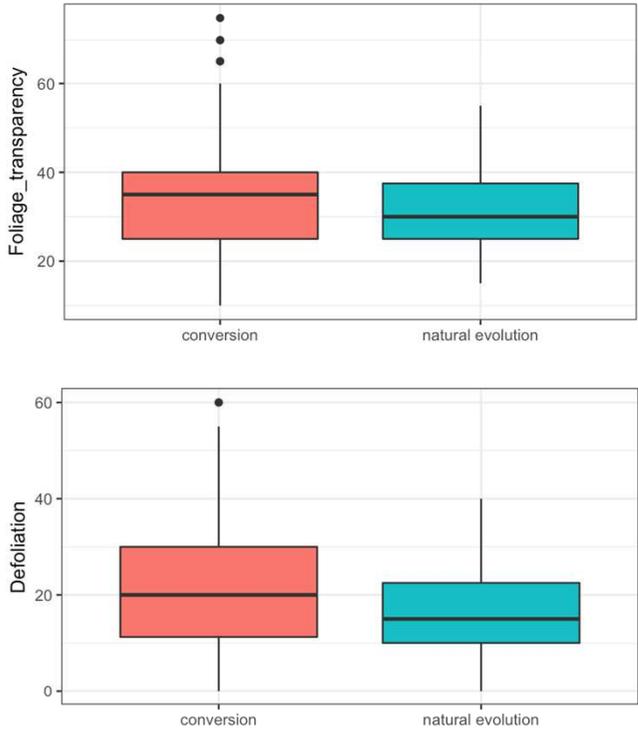
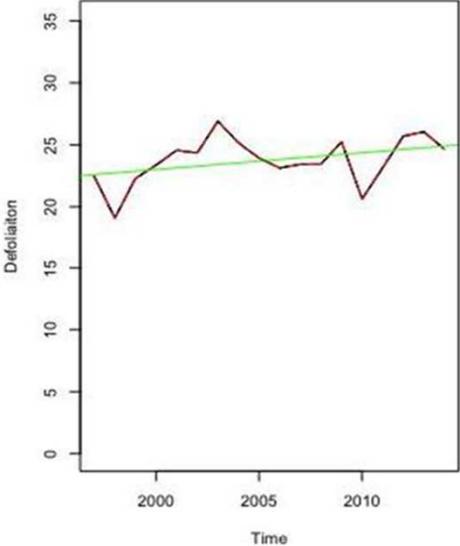
## Criterion 2. Forest ecosystems' health and vitality - Status and trend of GFS indicators

Site	Indicator Type	Indicator	Status for different management options
Buca Zamponi (mountainous beech forest)	Consolidated	Soil condition - 10-20 horizon	 <p style="text-align: center;">Trattamento  <span style="color: green;">●</span> conversion  <span style="color: orange;">●</span> natural evolution</p>
		<p>Soil texture is generally of a <b>frank or frank-sandy</b> type in both areas corresponding to the compared management options. The pH is, on average, very acid or acid. The organic C and total N content are on average high in both management options for all three horizons of soil profile. In the surface two horizons, the soil is supersaturated with organic C.</p>	

## Criterion 2. Forest ecosystems' health and vitality - Status and trend of GFS indicators

Site	Indicator Type	Indicator	Status for different management options
Buca Zamponi (mountainous beech forest)	Consolidated	Soil condition - 20-40 horizon	<div style="text-align: center;">  </div> <p style="text-align: center; margin-top: 20px;">Soil texture is generally of a <b>frank or frank-sandy</b> type in both areas corresponding to the compared management options. The pH is, on average, very acid or acid. The organic C and total N content are on average high in both management options for all three horizons of soil profile. In the surface two horizons, the soil is supersaturated with organic C.</p>

## Criterion 2. Forest ecosystems' health and vitality - Status and trend of GFS indicators

Site	Indicator Type	Indicator	Status for different management options	Time trend to 2014
Buca Zamponi (mountainous beech forest)	Consolidated	Defoliation		
			<p>No significant differences between the management options conversion and natural evolution are showed for both foliage transparency and defoliation (<math>p&gt;0.05</math>).</p>	<p>Defoliation values range between 19% and 27%, respectively for the years 1998 and 2003. The time trend shows an increase in defoliation. The estimated average value of the historical series (23.8%) is slightly higher than that measured in 2016 (21.8%).</p>



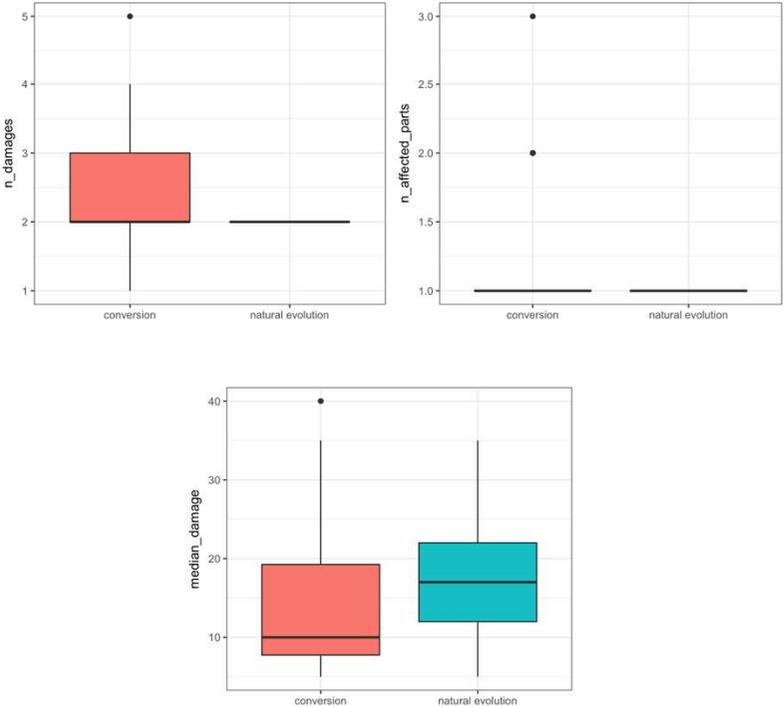
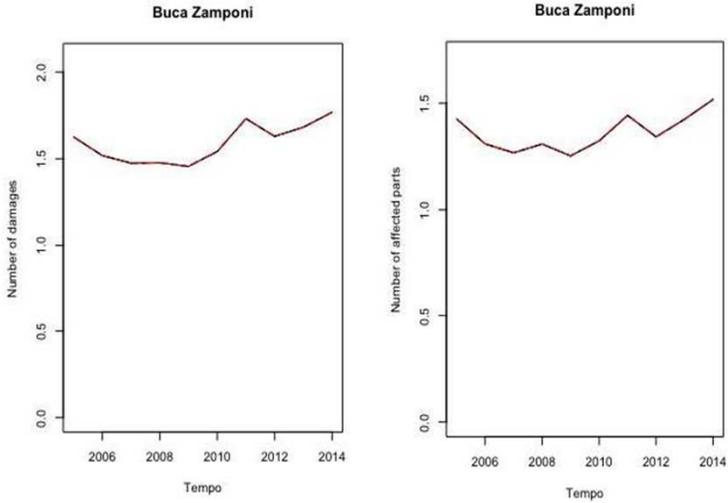
**LIFE FutureFor Coppices**

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



LIFE14 ENV/IT/000514

## Criterion 2. Forest ecosystems' health and vitality - Status and trend of GFS indicators

Site	Indicator Type	Indicator	Status for different management options	Time trend to 2014
Buca Zamponi (mountainous beech forest)	Consolidated	Forest damage		
			<p>A significant difference between the conversion and natural evolution management options (<math>p &lt; 0.05</math>) is demonstrated for the number of damages and the number of affected parts, with higher values in conversion forests.</p>	<p>The number of damages in the time series ranges between 1.46 and 1.77, respectively for 2009 and 2014. The number of affected parts ranges between 1.25 and 1.52, respectively for 2009 and 2014.</p>



**LIFE FutureFor Coppices**

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



LIFE14 ENV/IT/000514

## Criterion 2. Forest ecosystems' health and vitality - Status and trend of GFS indicators

Site	Indicator Type	Indicator	Time trend of different management options																									
Buca Zamponi (mountainous beech forest)	New	Stand growth	<table border="1" style="margin: 10px auto;"> <caption>Data for Buca Zamponi Stand Growth (m³ ha⁻¹ anno⁻¹)</caption> <thead> <tr> <th>Period</th> <th>natural evolution</th> <th>conversion (1)</th> <th>conversion (2)</th> <th>conversion (3)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1972-1982</td> <td>8.1</td> <td>11.0</td> <td>10.8</td> <td>9.2</td> </tr> <tr> <td>1982-1992</td> <td>8.8</td> <td>12.8</td> <td>12.2</td> <td>11.5</td> </tr> <tr> <td>1992-2002</td> <td>10.8</td> <td>14.2</td> <td>13.5</td> <td>13.0</td> </tr> <tr> <td>2002-2012</td> <td>6.5</td> <td>9.8</td> <td>8.5</td> <td>7.8</td> </tr> </tbody> </table>	Period	natural evolution	conversion (1)	conversion (2)	conversion (3)	1972-1982	8.1	11.0	10.8	9.2	1982-1992	8.8	12.8	12.2	11.5	1992-2002	10.8	14.2	13.5	13.0	2002-2012	6.5	9.8	8.5	7.8
		Period	natural evolution	conversion (1)	conversion (2)	conversion (3)																						
1972-1982	8.1	11.0	10.8	9.2																								
1982-1992	8.8	12.8	12.2	11.5																								
1992-2002	10.8	14.2	13.5	13.0																								
2002-2012	6.5	9.8	8.5	7.8																								
<p>The trend of the current increase in volume (stand growth) shows, a reduced initial difference between the values and a similar trend for the different variants of the conversion management option; culmination is coetaneous with the natural evolution. The thinnings, in the case analyzed, do not shift this age threshold (Fabbio 2016). The values range between 7 and 14 m3 ha-1 year-1, meaning not only the level of medium-good fertility, but above all the maintenance of the same values up to relatively high ages.</p>																												



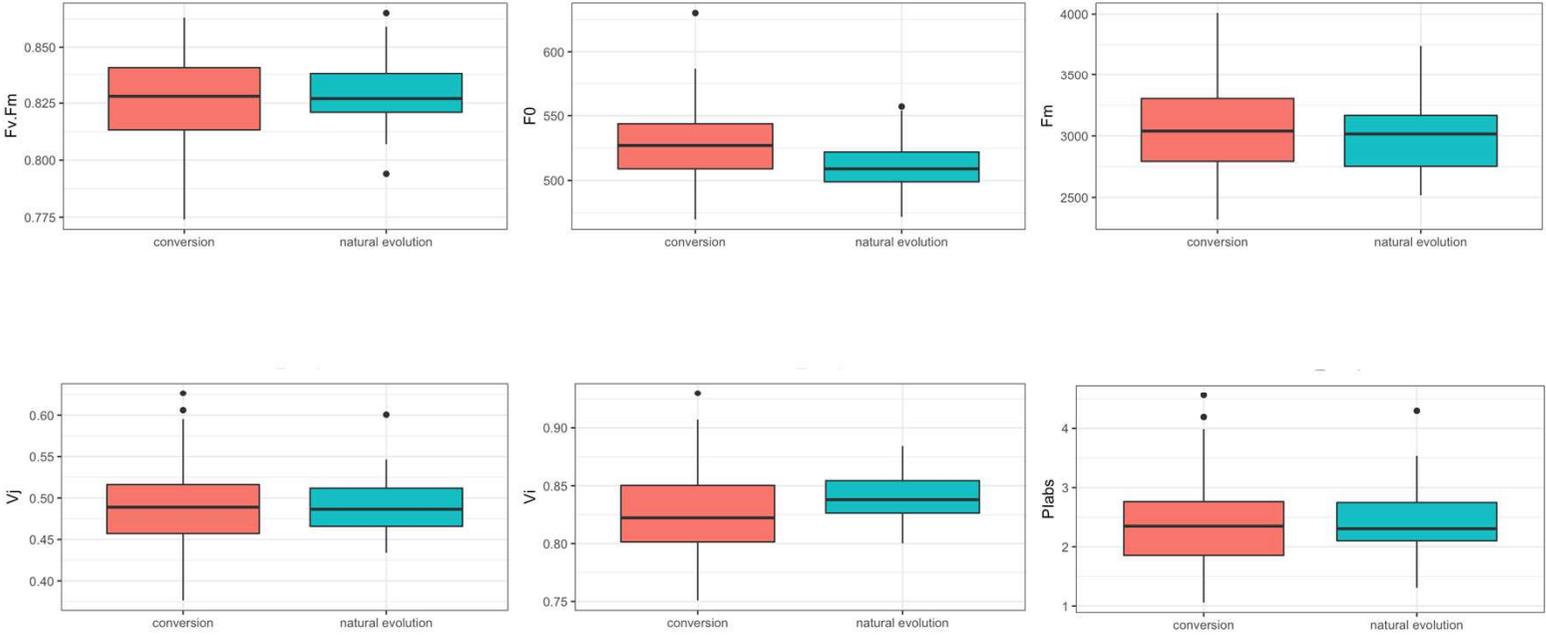
**LIFE FutureFor Coppices**

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



LIFE14 ENV/IT/000514

## Criterion 2. Forest ecosystems' health and vitality - Status and trend of GFS indicators

Site	Indicator Type	Indicator	Status for different management options
Buca Zamponi (mountainous beech forest)	New	Chlorophyll a fluorescence	 <p>Significant differences (<math>p &lt; 0.05</math>) of different management options are demonstrated for F0 and Vi. Specifically, initial fluorescence (F0) is higher in conversion, while variable fluorescence at the time <math>t = 30</math> ms (Vi) shows higher values in natural evolution forests.</p>



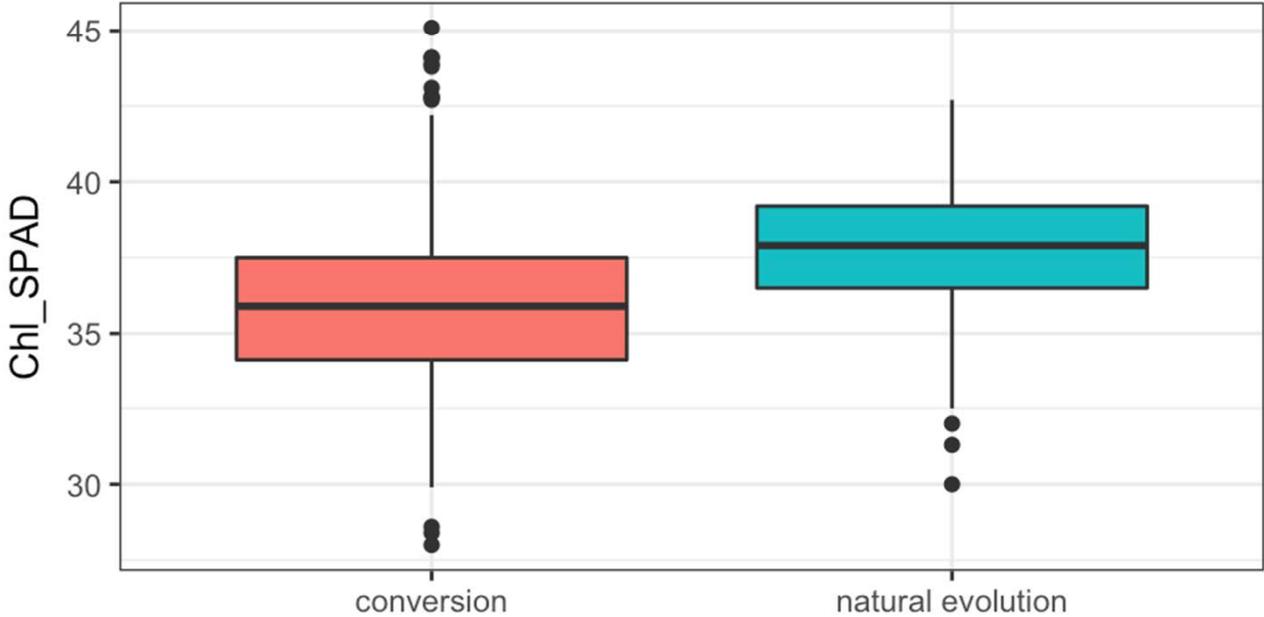
**LIFE FutureFor Coppices**

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

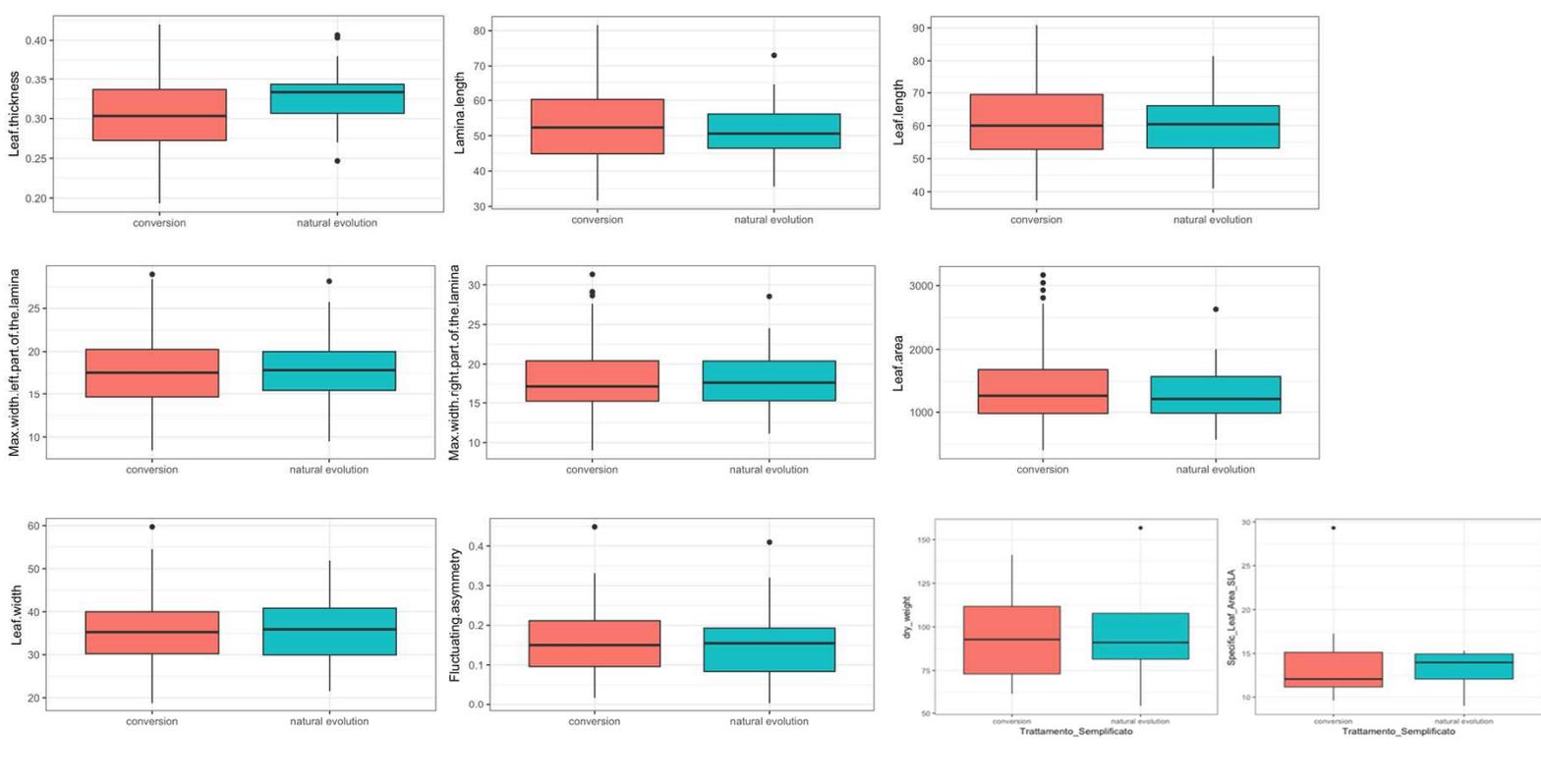


LIFE14 ENV/IT/000514

## Criterion 2. Forest ecosystems' health and vitality - Status and trend of GFS indicators

Site	Indicator Type	Indicator	Status for different management options
Buca Zamponi (mountainous beech forest)	New	Chlorophyll content	 <p>A significant difference between management options is evident (<math>p &lt; 0.05</math>), with higher chlorophyll content (Chl_SPAD) in natural evolution forests.</p>
			<p>A significant difference between management options is evident (<math>p &lt; 0.05</math>), with higher chlorophyll content (Chl_SPAD) in natural evolution forests.</p>

## Criterion 2. Forest ecosystems' health and vitality - Status and trend of GFS indicators

Site	Indicator Type	Indicator	Status for different management options
Buca Zamponi (mountainous beech forest)	New	Leaf traits	 <p>A significant difference between management options (<math>p &lt; 0.05</math>) is found for leaf thickness, with higher values in natural evolution.</p>

## Criterion 2. Forest ecosystems' health and vitality - Status and trend of GFS indicators

Site	Indicator Type	Indicator	Time trend to 2014
Buca Zamponi 1 (mountainous beech forest)	Consolidated	Deposition of air pollutants	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p><b>Buca Zamponi1 (R2= 0.2807)</b></p> </div> <div style="text-align: center;"> <p><b>Buca Zamponi1 (R2=0.3372)</b></p> </div> <div style="text-align: center;"> <p><b>Buca Zamponi1 (R2= 0.9352)</b></p> </div> </div>
		<p>The depositions of oxidized nitrogen show values between 196 and 804 mg (N) / m<sup>2</sup>, for the years 2000 and 1997, respectively. The depositions of reduced nitrogen are between 582 and 858 mg / m<sup>2</sup>, for the years 2011 and 2002, respectively. The sulfate depositions are recomprised between 357 and 1111 mg / m<sup>2</sup>, for the years 2014 and 1997, respectively. The values of each time series tend to decrease, especially for sulfates.</p>	

## Criterion 2. Forest ecosystems' health and vitality - Status and trend of GFS indicators

Site	Indicator Type	Indicator	Status for different management options
Buca Zamponi 1 (mountainous beech forest)	Consolidated	Soil condition - 0-10 horizon	<p style="text-align: center;">Trattamento ● traditional coppice</p>
			<p>Soil texture is generally of a frank-sandy type. The pH is, on average, very acid. The organic C and total N content are on average medium-high for all three horizons of soil profile. In the surface first horizon, the soil is supersaturated with organic C.</p>

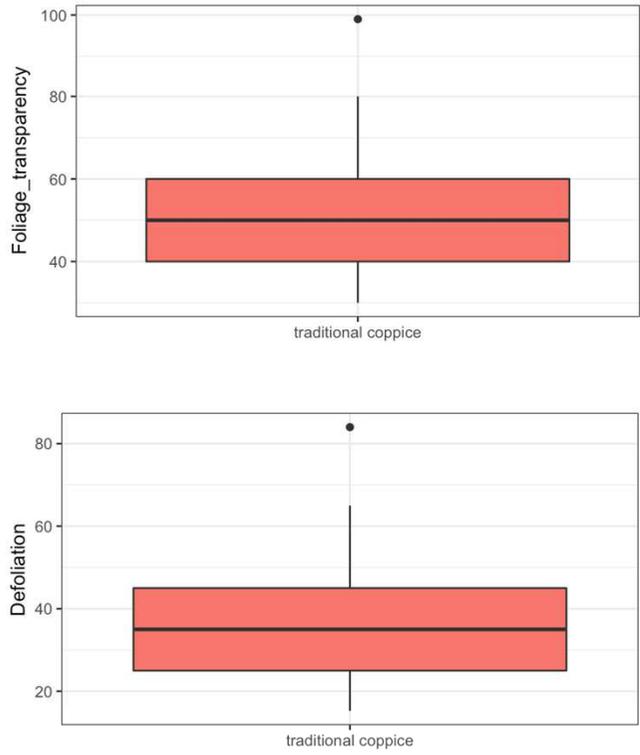
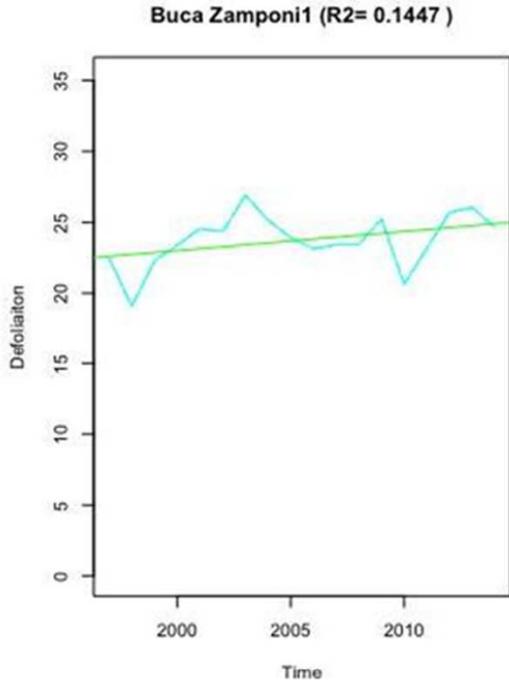
## Criterion 2. Forest ecosystems' health and vitality - Status and trend of GFS indicators

Site	Indicator Type	Indicator	Status for different management options
Buca Zamponi 1 (mountainous beech forest)	Consolidated	Soil condition - 10-20 horizon	<p style="text-align: center;">Trattamento ● traditional coppice</p>
			<p>Soil texture is generally of a frank-sandy type. The pH is, on average, very acid. The organic C and total N content are on average medium-high for all three horizons of soil profile. In the surface first horizon, the soil is supersaturated with organic C.</p>

## Criterion 2. Forest ecosystems' health and vitality - Status and trend of GFS indicators

Site	Indicator Type	Indicator	Status for different management options
Buca Zamponi 1 (mountainous beech forest)	Consolidated	Soil condition - 20-40 horizon	<div style="text-align: center;"> </div> <p style="text-align: center;">Trattamento ● traditional coppice</p> <p style="text-align: center;">Soil texture is generally of a <b>frank-sandy</b> type. The pH is, on average, very acid. The organic C and total N content are on average medium-high for all three horizons of soil profile. In the surface first horizon, the soil is supersaturated with organic C.</p>

## Criterion 2. Forest ecosystems' health and vitality - Status and trend of GFS indicators

Site	Indicator Type	Indicator	Status for different management options	Time trend to 2014
Buca Zamponi 1 (mountainous beech forest)	Consolidated	Defoliation		
			<p>Interquartile values range between 40% and 60% for transparency and between 25% and 45% for defoliation.</p>	<p>Defoliation values range between 19% and 27%, respectively for the years 1998 and 2003. The time trend shows an increase in defoliation. The estimated average value of the historical series (23.8%) is lower than that measured in 2016 (36.4%).</p>



**LIFE FutureFor Coppices**

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



LIFE14 ENV/IT/000514

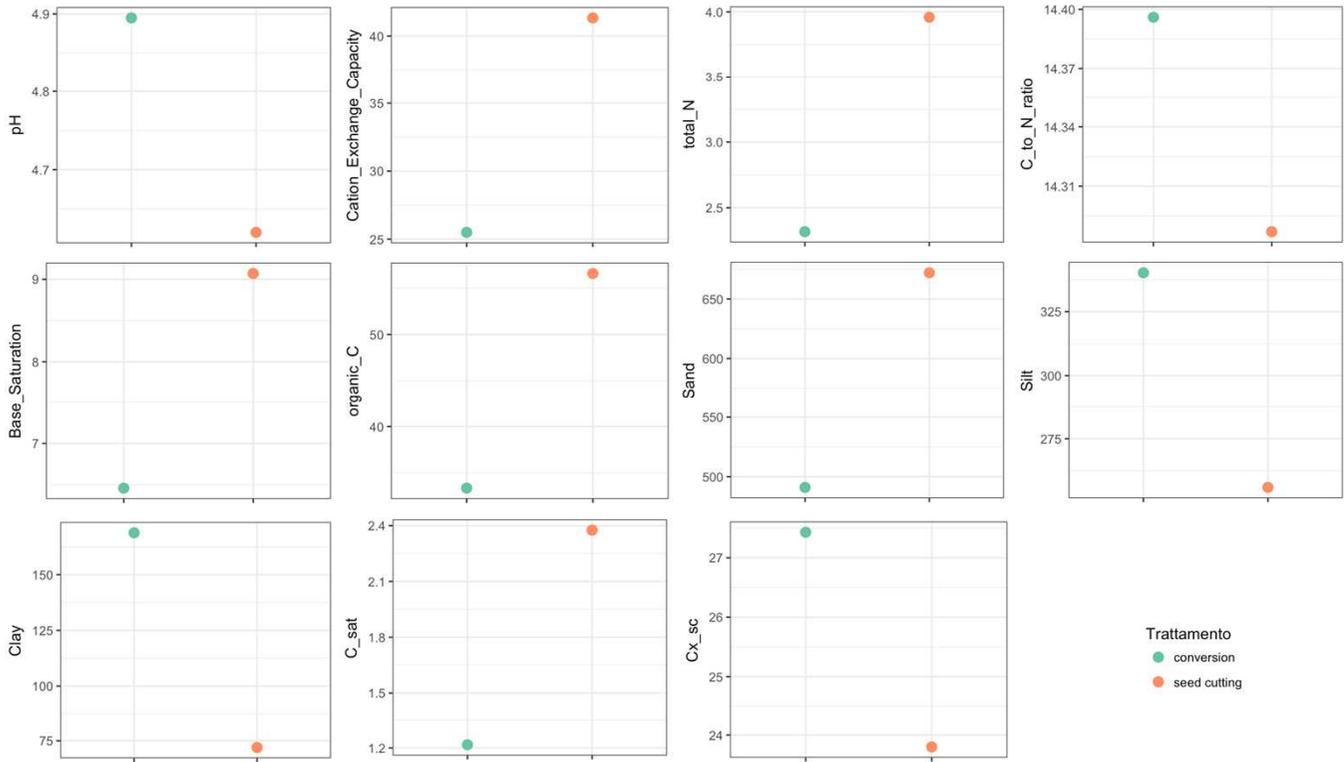
## Criterion 2. Forest ecosystems' health and vitality - Status and trend of GFS indicators

Site	Indicator Type	Indicator	Status for different management options	Time trend to 2014
Buca Zamponi 1 (mountainous beech forest)	Consolidated	Forest damage		
			<p>Distribution of forest damage indicators is showed; only one management option: traditional coppice.</p>	<p>The number of damages in the time series ranges between 1.46 and 1.77, respectively for 2009 and 2014. The number of affected parts ranges between 1.25 and 1.52, respectively for 2009 and 2014. Values are similar to 2016 measured ones.</p>

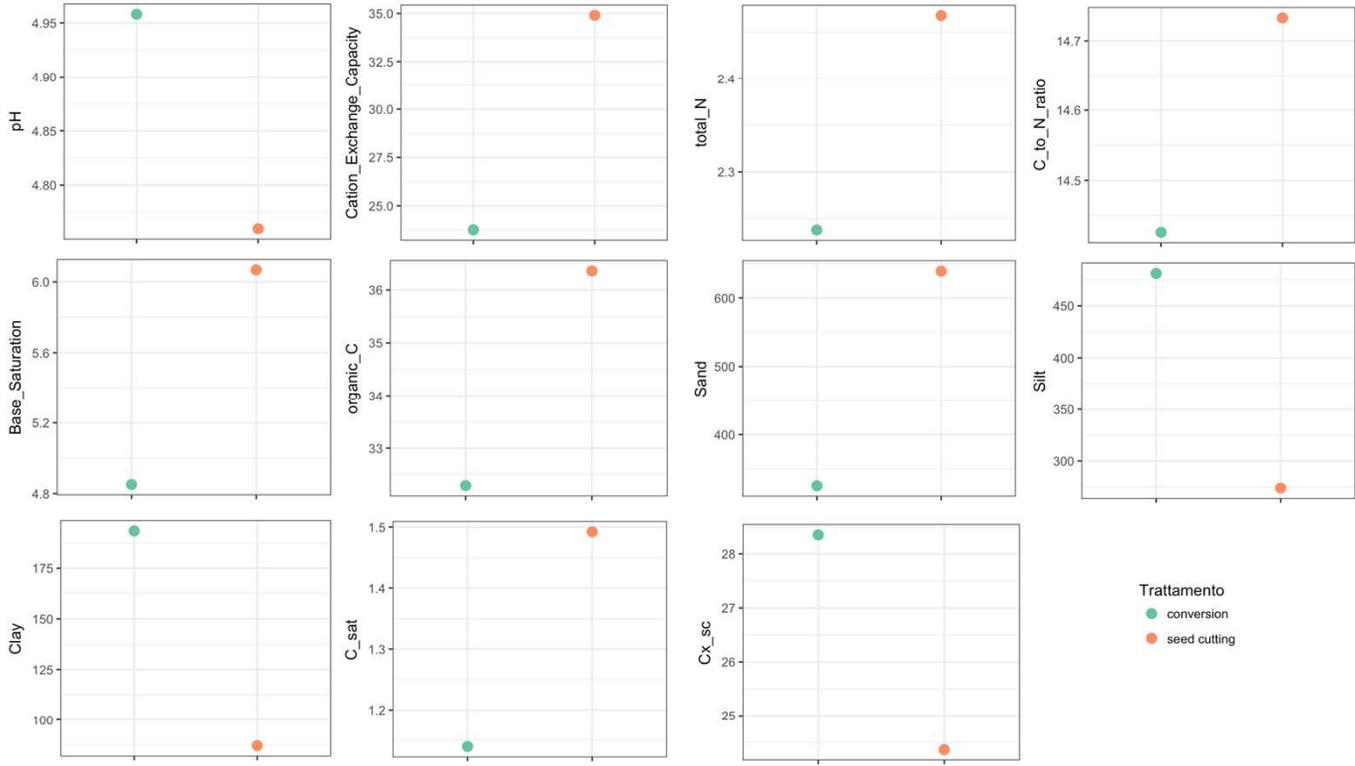
## Criterion 2. Forest ecosystems' health and vitality - Status and trend of GFS indicators

Site	Indicator Type	Indicator	Time trend to 2014
Eremo Casella (mountainous beech forest)	Consolidated	Deposition of air pollutants	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p><b>Eremo della Casella (R2= 0.2807 )</b></p> </div> <div style="text-align: center;"> <p><b>Eremo della Casella (R2=0.3372)</b></p> </div> <div style="text-align: center;"> <p><b>Eremo della Casella (R2= 0.9352 )</b></p> </div> </div> <p style="text-align: center; margin-top: 20px;">The depositions of oxidized nitrogen show values between 196 and 804 mg (N) / m<sup>2</sup>, for the years 2000 and 1997, respectively. The depositions of reduced nitrogen are between 582 and 858 mg / m<sup>2</sup>, for the years 2011 and 2002, respectively. The sulfate depositions are recomprised between 357 and 1111 mg / m<sup>2</sup>, for the years 2014 and 1997, respectively. The values of each time series tend to decrease, especially for sulfates.</p>

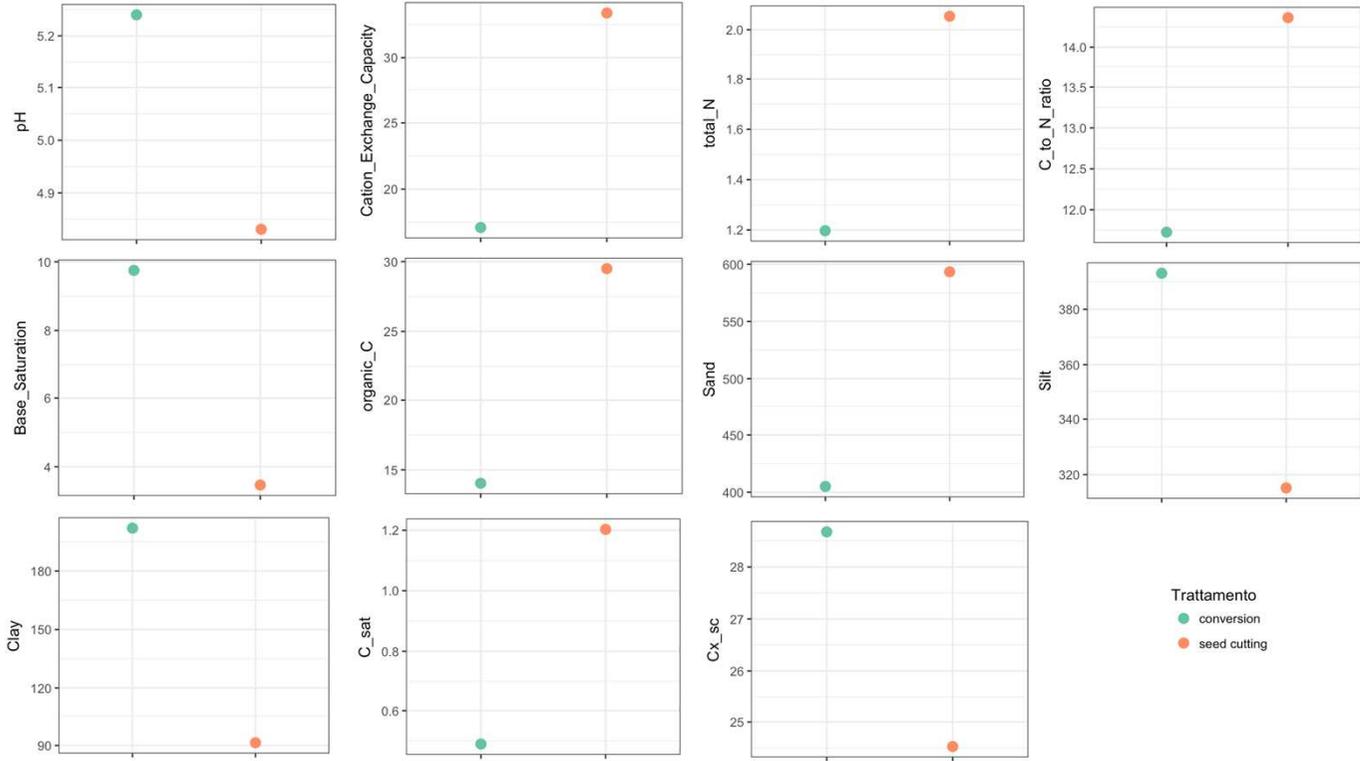
## Criterion 2. Forest ecosystems' health and vitality - Status and trend of GFS indicators

Site	Indicator Type	Indicator	Status for different management options
Eremo Casella (mountainous beech forest)	Consolidated	Soil condition - 0-10 horizon	<div style="text-align: center;">  </div> <p style="text-align: center; margin-top: 20px;">The two areas (corresponding to the two mangement options) have a similar texture and similar values for the other indicators. On average, pH was acid and texture was <b>frank-sandy</b>. Values of cation exchange capacity and C and N content indicate a medium-good fertility soil.</p>

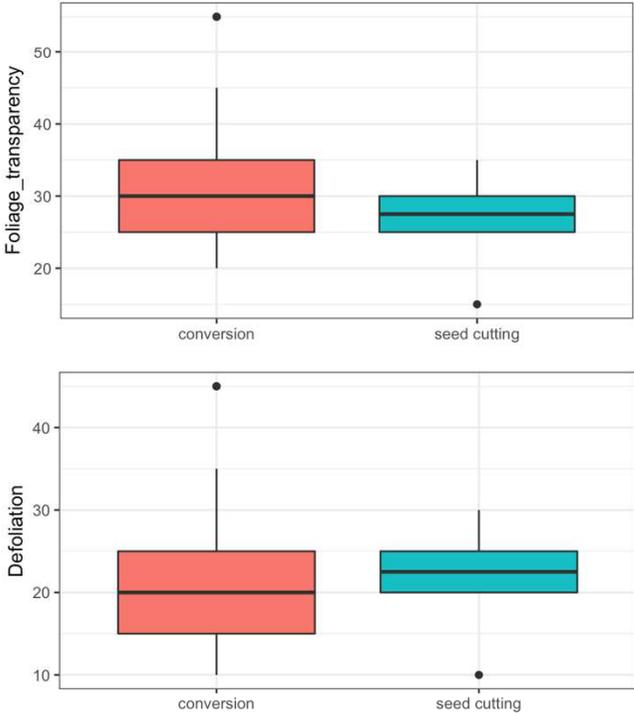
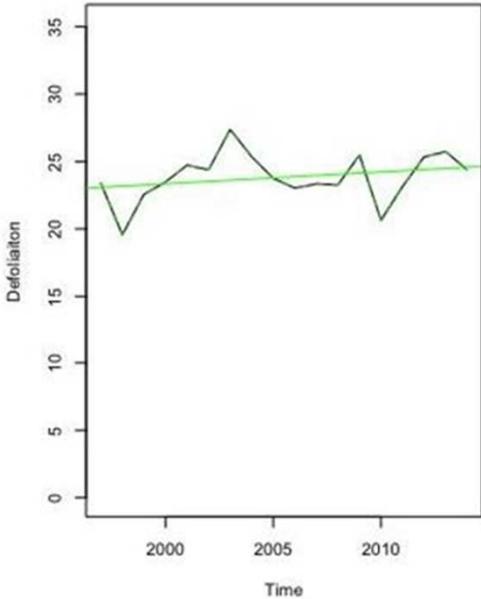
## Criterion 2. Forest ecosystems' health and vitality - Status and trend of GFS indicators

Site	Indicator Type	Indicator	Status for different management options
Eremo Casella (mountainous beech forest)	Consolidated	Soil condition - 10-20 horizon	<div style="text-align: center;">  </div> <p style="text-align: center; margin-top: 20px;">The two areas (corresponding to the two mangement options) have a similar texture and similar values for the other indicators. On average, pH was acid and texture was frank-sandy. Values of cation exchange capacity and C and N content indicate a medium-good fertility soil.</p>

## Criterion 2. Forest ecosystems' health and vitality - Status and trend of GFS indicators

Site	Indicator Type	Indicator	Status for different management options
Eremo Casella (mountainous beech forest)	Consolidated	Soil condition - 20-40 horizon	 <p>The two areas (corresponding to the two management options) have a similar texture and similar values for the other indicators. On average, pH was acid and texture was frank-sandy. Values of cation exchange capacity and C and N content indicate a medium-good fertility soil.</p>

## Criterion 2. Forest ecosystems' health and vitality - Status and trend of GFS indicators

Site	Indicator Type	Indicator	Status for different management options	Time trend to 2014
Eremo Casella (mountainous beech forest)	Consolidated	Defoliation		
		<p>For both indicators, a rather limited variability and no significant differences were observed between the two management options, conversion and seed cutting (<math>p &gt; 0.05</math>).</p>	<p>Defoliation values range between 19% and 27%, respectively for the years 1998 and 2003. The time trend shows an increase in defoliation. The estimated average value of the historical series (23.8%) is about the same than that measured in 2016 (23%).</p>	



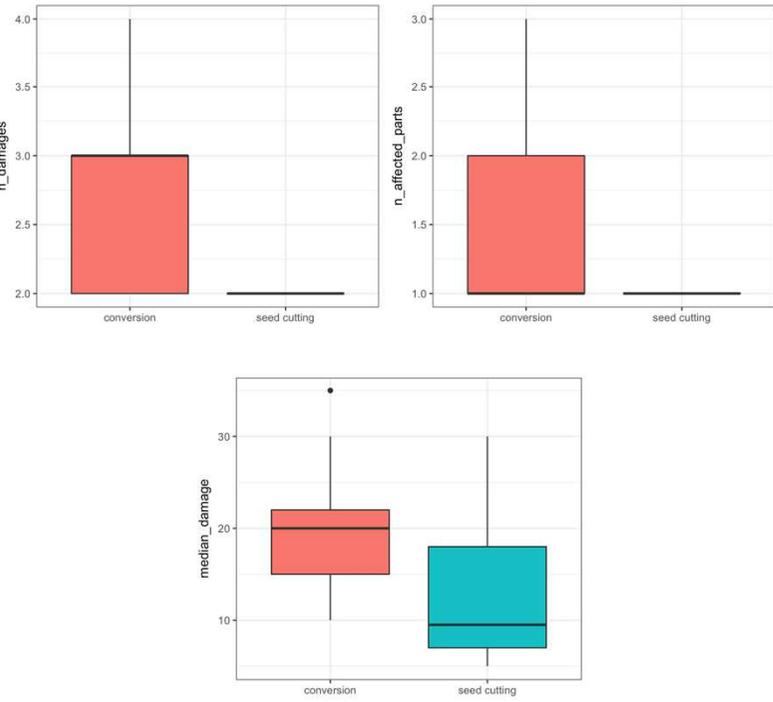
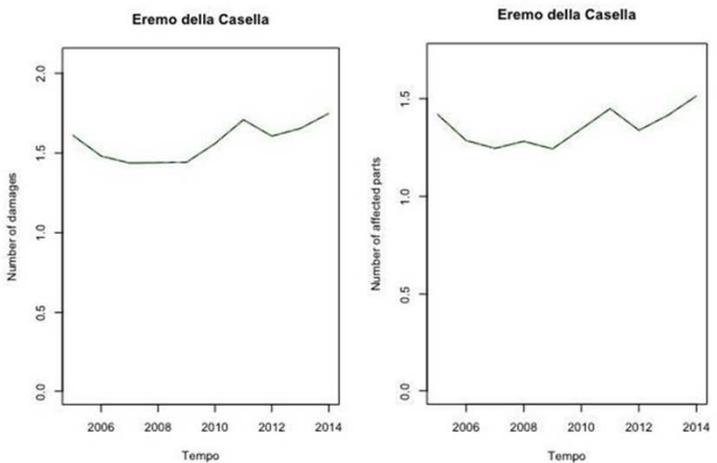
**LIFE Future For Coppices**

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



LIFE14 ENV/IT/000514

## Criterion 2. Forest ecosystems' health and vitality - Status and trend of GFS indicators

Site	Indicator Type	Indicator	Status for different management options	Time trend to 2014
Eremo Casella (mountainous beech forest)	Consolidated	Forest damage	 <p>The figure consists of three charts comparing 'conversion' and 'seed cutting' management options. The top-left bar chart shows 'n_damages' for conversion (red bar, value ~3.0) and seed cutting (black bar, value ~0.0). The top-right bar chart shows 'n_affected_parts' for conversion (red bar, value ~2.0) and seed cutting (black bar, value ~0.0). The bottom box plot shows 'median_damage' for conversion (red box, median ~20) and seed cutting (cyan box, median ~10).</p>	 <p>The figure shows two line graphs for 'Eremo della Casella'. The left graph plots 'Number of damages' (y-axis 0.0 to 2.0) against 'Tempo' (x-axis 2006 to 2014). The right graph plots 'Number of affected parts' (y-axis 0.0 to 1.5) against 'Tempo' (x-axis 2006 to 2014). Both graphs show fluctuations over time, with values generally between 1.4 and 1.8.</p>
			<p>A significant difference (<math>p &lt; 0.05</math>) between management options is detected for the number of damages, with higher values in conversion.</p>	<p>The number of damages in the time series ranges between 1.44 and 1.75, respectively for 2007-2009 and 2014. The number of affected parts ranges between 1.24 and 1.51, respectively for 2009 and 2014.</p>



**LIFE FutureFor Coppices**

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



LIFE14 ENV/IT/000514

## Criterion 2. Forest ecosystems' health and vitality - Status and trend of GFS indicators

Site	Indicator Type	Indicator	Time trend to 2014
Alberese (evergreen broadleaved forests)	Consolidated	Deposition of air pollutants	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p><b>Alberese (R2= 0.0494)</b></p> </div> <div style="text-align: center;"> <p><b>Alberese (R2=0.2744)</b></p> </div> <div style="text-align: center;"> <p><b>Alberese (R2= 0.8338)</b></p> </div> </div>
			<p>The depositions of oxidized nitrogen show values between 161 and 619 mg (N) / m<sup>2</sup>, for the years 2000 and 1997, respectively. The depositions of reduced nitrogen are between 316 and 462 mg / m<sup>2</sup>, for the years 2000 and 2014, respectively. The sulfate depositions are recomprised between 351 and 742 mg / m<sup>2</sup>, for the years 2000 and 2014, respectively. The values of sulfate time series tend to decrease, as reported at European scale (European Forests, 2015); oxidized nitrogen also tends to decrease, while reduced nitrogen shows a slight increasing trend.</p>



**LIFE FutureFor Coppices**

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



LIFE14 ENV/IT/000514

## Criterion 2. Forest ecosystems' health and vitality - Status and trend of GFS indicators

Site	Indicator Type	Indicator	Status for different management options
Alberese (evergreen broadleaved forests)	Consolidated	Soil condition - 0-10 horizon	<p style="text-align: center;"> <b>Trattamento</b>  <span style="color: green;">●</span> conversion  <span style="color: orange;">●</span> natural evolution  <span style="color: blue;">●</span> thinning         </p>
		<p>The texture is of a <b>frank-sandy</b> type for all three management options. In the area with a thinning management, the pH values, cation exchange capacity and the base saturation for all three horizons were very different in the area with a thinning management from those where conversion and natural evolution mangement were applied. In the first 10 cm of soil, the organic C and total N content showed higher values in conversion, while no difference was observed in the 10-20 cm layer. In all horizons, the soil was supersaturated with organic C.</p>	

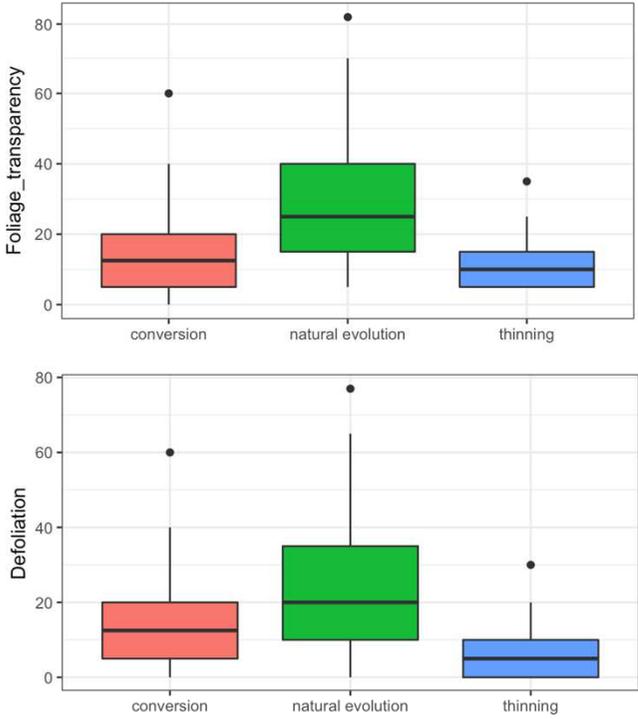
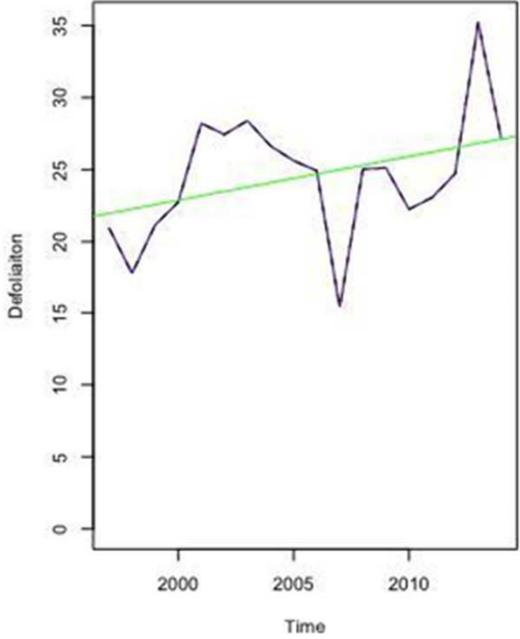
## Criterion 2. Forest ecosystems' health and vitality - Status and trend of GFS indicators

Site	Indicator Type	Indicator	Status for different management options
Alberese (evergreen broadleaved forests)	Consolidated	Soil condition - 10-20 horizon	<div style="text-align: center;"> <p style="text-align: center;">Trattamento  <span style="color: green;">●</span> conversion  <span style="color: orange;">●</span> natural evolution  <span style="color: blue;">●</span> thinning</p> </div> <p>The texture is of a <b>frank-sandy</b> type for all three management options. In the area with a thinning management, the pH values, cation exchange capacity and the base saturation for all three horizons were very different in the area with a thinning management from those where conversion and natural evolution mangement were applied. In the first 10 cm of soil, the organic C and total N content showed higher values in conversion, while no difference was observed in the 10-20 cm layer. In all horizons, the soil was supersaturated with organic C.</p>

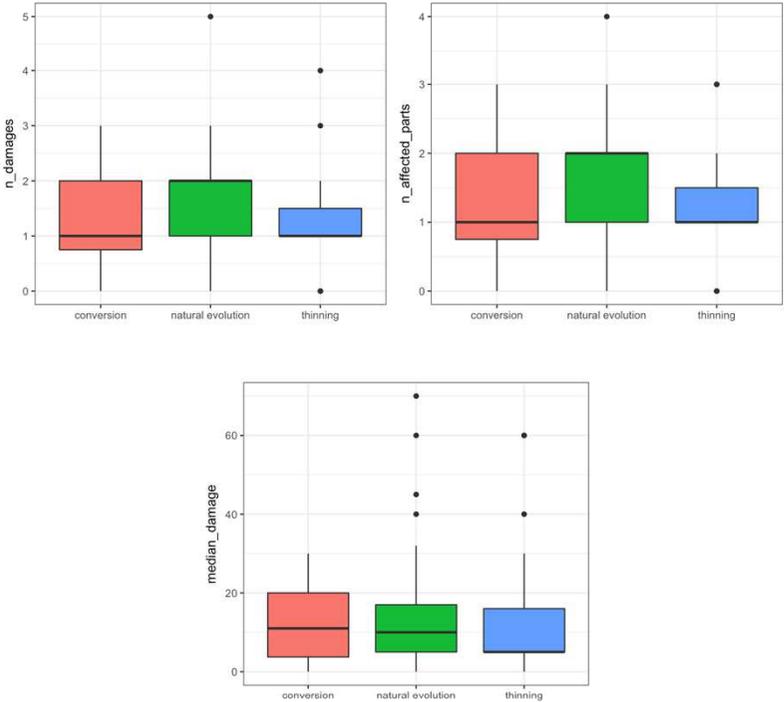
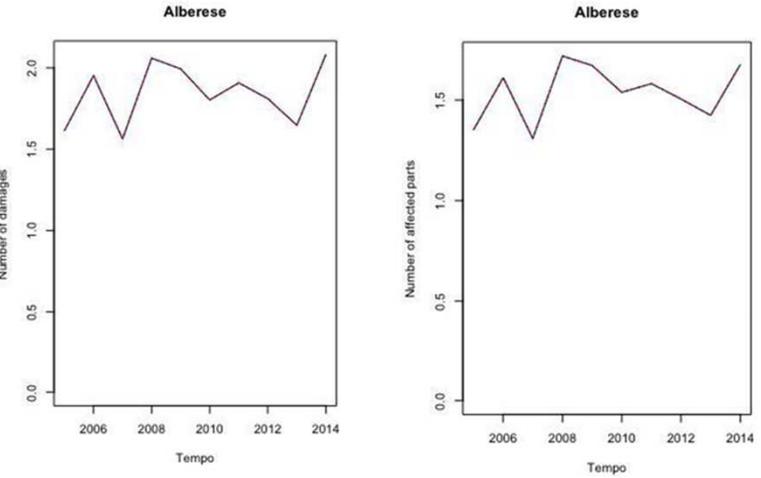
## Criterion 2. Forest ecosystems' health and vitality - Status and trend of GFS indicators

Site	Indicator Type	Indicator	Status for different management options
Alberese (evergreen broadleaved forests)	Consolidated	Soil condition - 20-40 horizon	<p style="text-align: center;">Trattamento  <span style="color: green;">●</span> conversion  <span style="color: orange;">●</span> natural evolution  <span style="color: blue;">●</span> thinning</p>
		<p>The texture is of a <b>frank-sandy</b> type for all three management options. In the area with a thinning management, the pH values, cation exchange capacity and the base saturation for all three horizons were very different in the area with a thinning management from those where conversion and natural evolution mangement were applied. In the first 10 cm of soil, the organic C and total N content showed higher values in conversion, while no difference was observed in the 10-20 cm layer. In all horizons, the soil was supersaturated with organic C.</p>	

## Criterion 2. Forest ecosystems' health and vitality - Status and trend of GFS indicators

Site	Indicator Type	Indicator	Status for different management options	Time trend to 2014
Alberese (evergreen broadleaved forests)	Consolidated	Defoliation		
		<p>Significant differences (<math>p &lt; 0.05</math>) between conversion and natural evolution are shown for both foliage transparency and defoliation, with higher values for natural evolution.</p>	<p>Defoliation values range between 15% and 35%, respectively for the years 2007 and 2013. The time trend shows an increase in defoliation. The estimated average value of the historical series (25.6%) is higher than that measured in 2016 (17.4%).</p>	

## Criterion 2. Forest ecosystems' health and vitality - Status and trend of GFS indicators

Site	Indicator Type	Indicator	Status for different management options	Time trend to 2014
Alberese (evergreen broadleaved forests)	Consolidated	Forest damage		
			<p>A significant difference between management options (<math>p &lt; 0.05</math>) is demonstrated for the number of damages and the number of affected parts, with higher values in natural evolution managed forests.</p>	<p>The number of damages in the time series ranges between 1.56 and 2.08, respectively for 2007 and 2014. The number of affected parts ranges between 1.31 and 1.72, respectively for 2007 and 2008.</p>



**LIFE FutureFor Coppices**

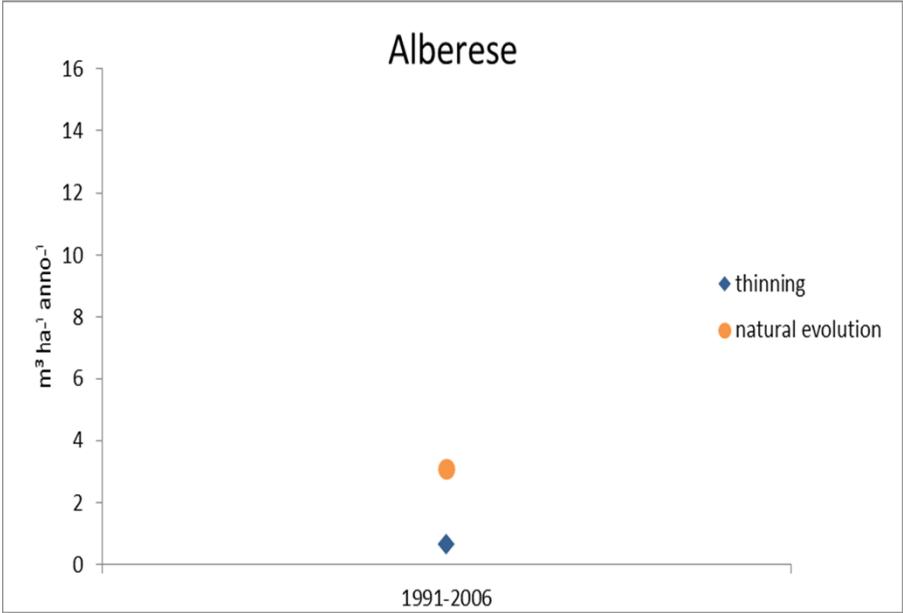
Shaping future forestry for sustainable coppices in southern Europe: the legacy of past management trials

futureforcoppices.eu



LIFE14 ENV/IT/000514

## Criterion 2. Forest ecosystems' health and vitality - Status and trend of GFS indicators

Site	Indicator Type	Indicator	Status for different management options
Alberese (evergreen broadleaved forests)	New	Stand growth	 <p>A scatter plot titled "Alberese" showing stand growth in <math>\text{m}^3 \text{ha}^{-1} \text{anno}^{-1}</math> for the period 1991-2006. The y-axis ranges from 0 to 16. Two data points are plotted: a blue diamond representing "thinning" at approximately 0.6, and an orange circle representing "natural evolution" at approximately 3.0.</p>
			<p>A single incremental value of stand growth is calculated on the two available measurements in the 15 years of observation. The values, ranging from 0.6 (thinning) to 3 (natural evolution) <math>\text{m}^3 \text{ha}^{-1} \text{year}^{-1}</math>, are relatively low, but typical of the holm-oak and sub-coastal evergreen sclerophyll formations.</p>



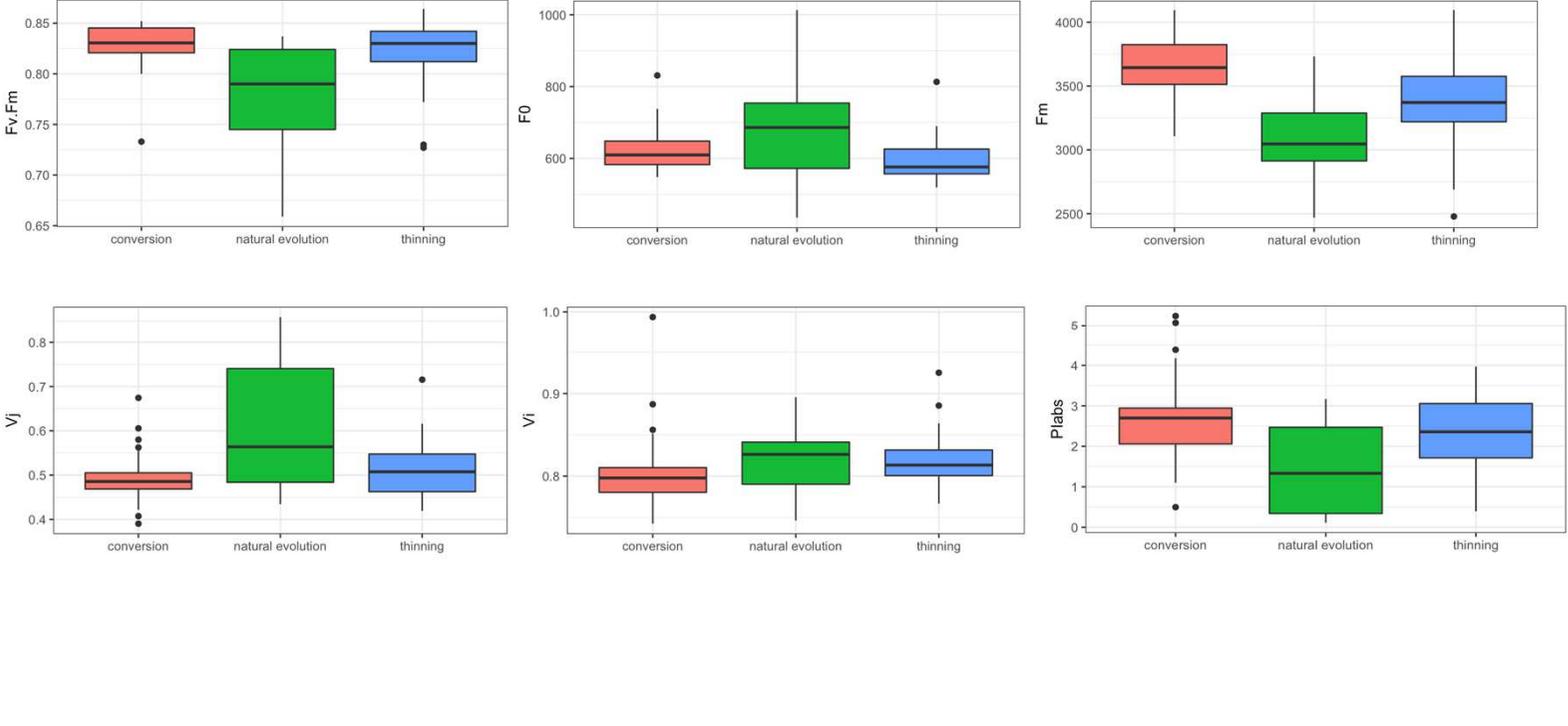
**LIFE FutureFor Coppices**

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



LIFE14 ENV/IT/000514

## Criterion 2. Forest ecosystems' health and vitality - Status and trend of GFS indicators

Site	Indicator Type	Indicator	Status for different management options
Alberese (evergreen broadleaved forests)	New	Chlorophyll a fluorescence	 <p>A significant difference between the management options is recorded for most indicators. In particular, as regards the fluorescence of chlorophyll a, all variables showed significant differences between treatments, except for the variable fluorescence at time <math>t = 30</math> ms (<math>V_i</math>), which results at the limit of significance (<math>p = 0.052</math>). Higher yield of the primary photochemistry of PSII (<math>F_v / F_m</math>), maximum fluorescence (<math>F_m</math>) and Performance index (Plabs) are associated with conversion forests. The higher values of initial fluorescence (<math>F_0</math>) and variable fluorescence relative to time <math>t = 2</math> ms (<math>V_j</math>) were recorded for the natural evolution.</p>



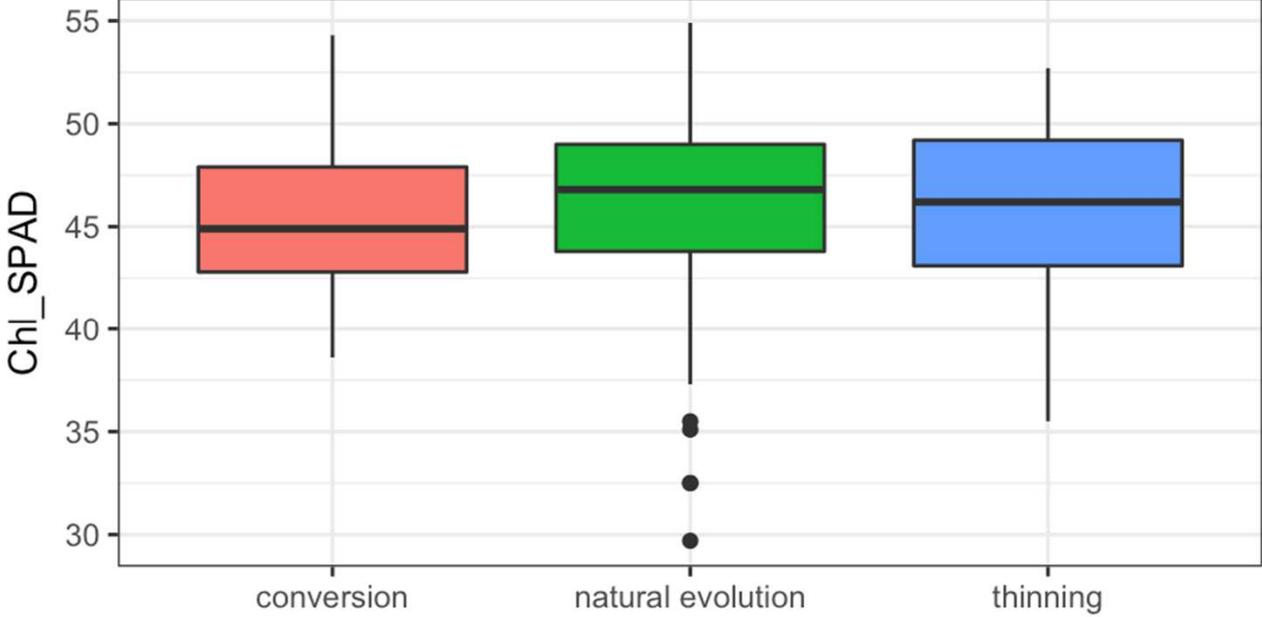
**LIFE FutureFor Coppices**

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

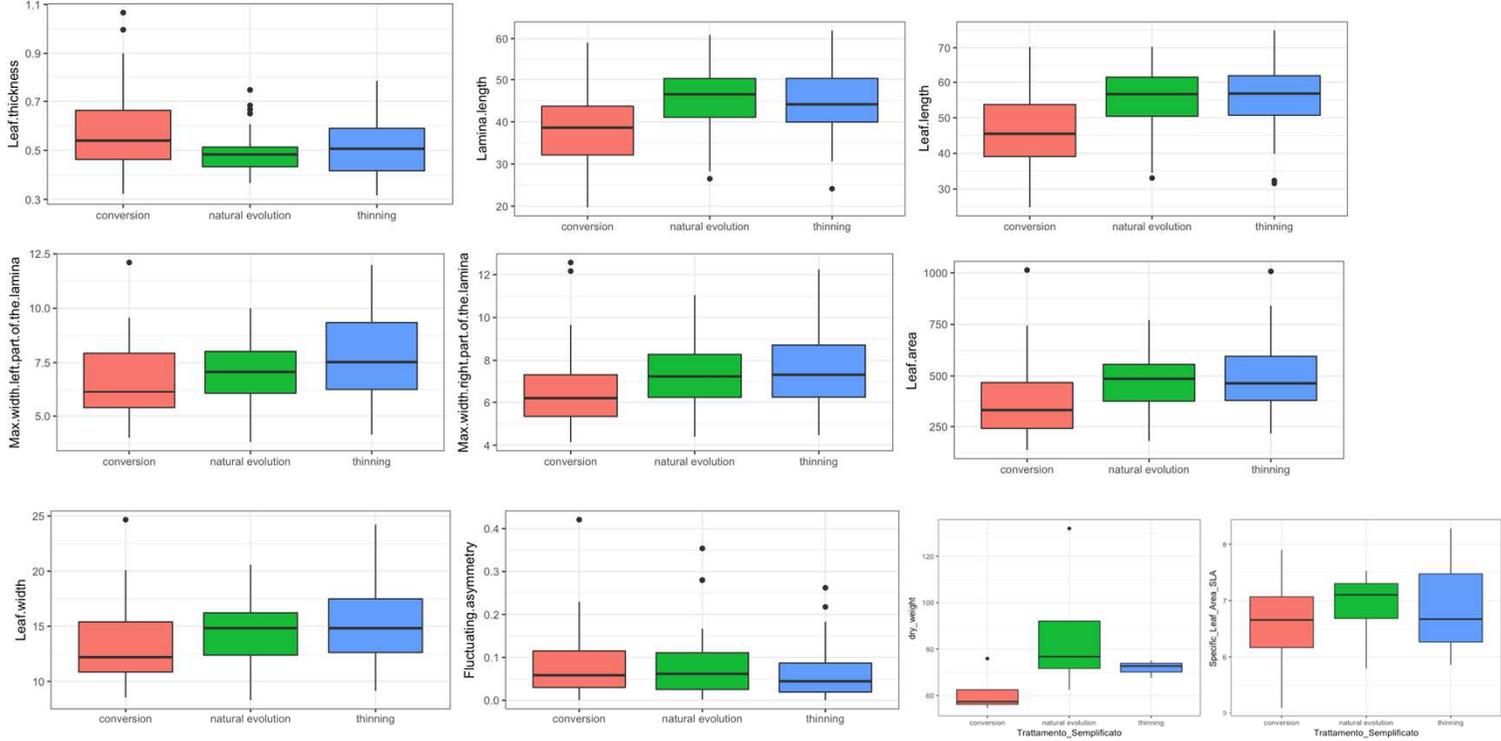


LIFE14 ENV/IT/000514

## Criterion 2. Forest ecosystems' health and vitality - Status and trend of GFS indicators

Site	Indicator Type	Indicator	Status for different silvicultural treatments
Alberese (evergreen broadleaved forests)	New	Chlorophyll content	 <p data-bbox="792 1193 1653 1222">Chlorophyll content is not significantly relates to any management option.</p>

## Criterion 2. Forest ecosystems' health and vitality - Status and trend of GFS indicators

Site	Indicator Type	Indicator	Status for different silvicultural treatments
Alberese (evergreen broadleaved forests)	New	Leaf traits	 <p>Significant differences exist among management options (<math>p &lt; 0.05</math>) for the indicators related to leaf size (thickness, width, length, area). High leaf thickness is associated to conversion, while high lamina and leaf length and leaf area are associated to natural evolution woods. Thinning is associated to a wider leaf (Leaf width; both left and right).</p>

## Criterion 2. Forest ecosystems' health and vitality - Status and trend of GFS indicators

Site	Indicator Type	Indicator	Time trend to 2014
Is Cannoneris (evergreen broadleaved forests)	Consolidated	Deposition of air pollutants	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>Is Cannoneris (R2= 0.1925 )</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>Is Cannoneris (R2=0.6394)</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>Is Cannoneris (R2= 0.6163 )</p> </div> </div>
		<p>The depositions of oxidized nitrogen show values between 121 and 513 mg (N) / m<sup>2</sup>, for the years 2000 and 1997, respectively. The depositions of reduced nitrogen are between 152 and 271 mg (N) / m<sup>2</sup>, for the years 2000 and 2007, respectively. The sulfate depositions are recomprised between 287 and 556 mg (S) / m<sup>2</sup>, for the years 2014 and 1997, respectively. The values of oxidized nitrogen and sulfate time series tend to decrease, while reduced nitrogen shows an increasing trend.</p>	



**LIFE FutureFor Coppices**

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

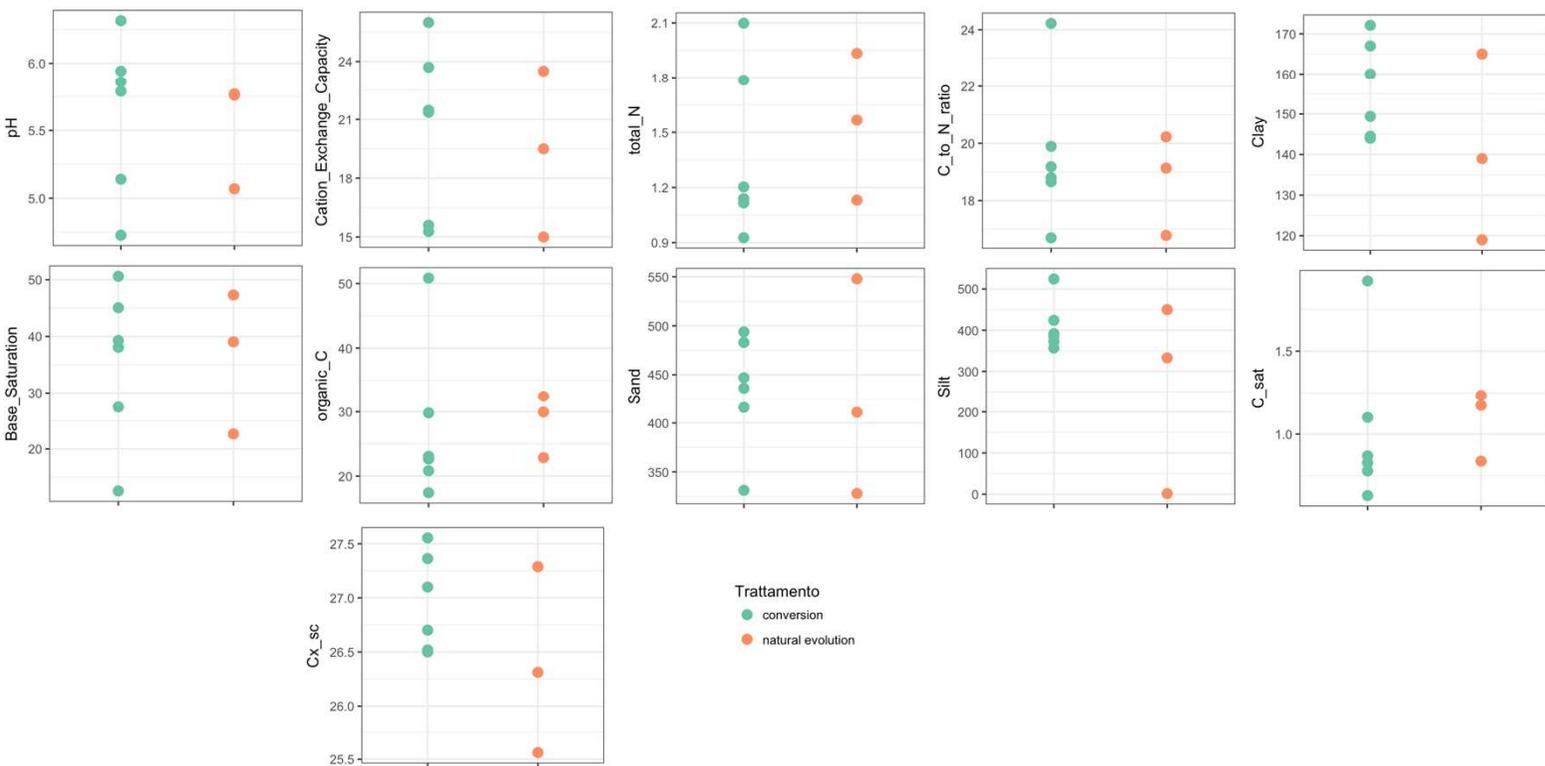


LIFE14 ENV/IT/000514

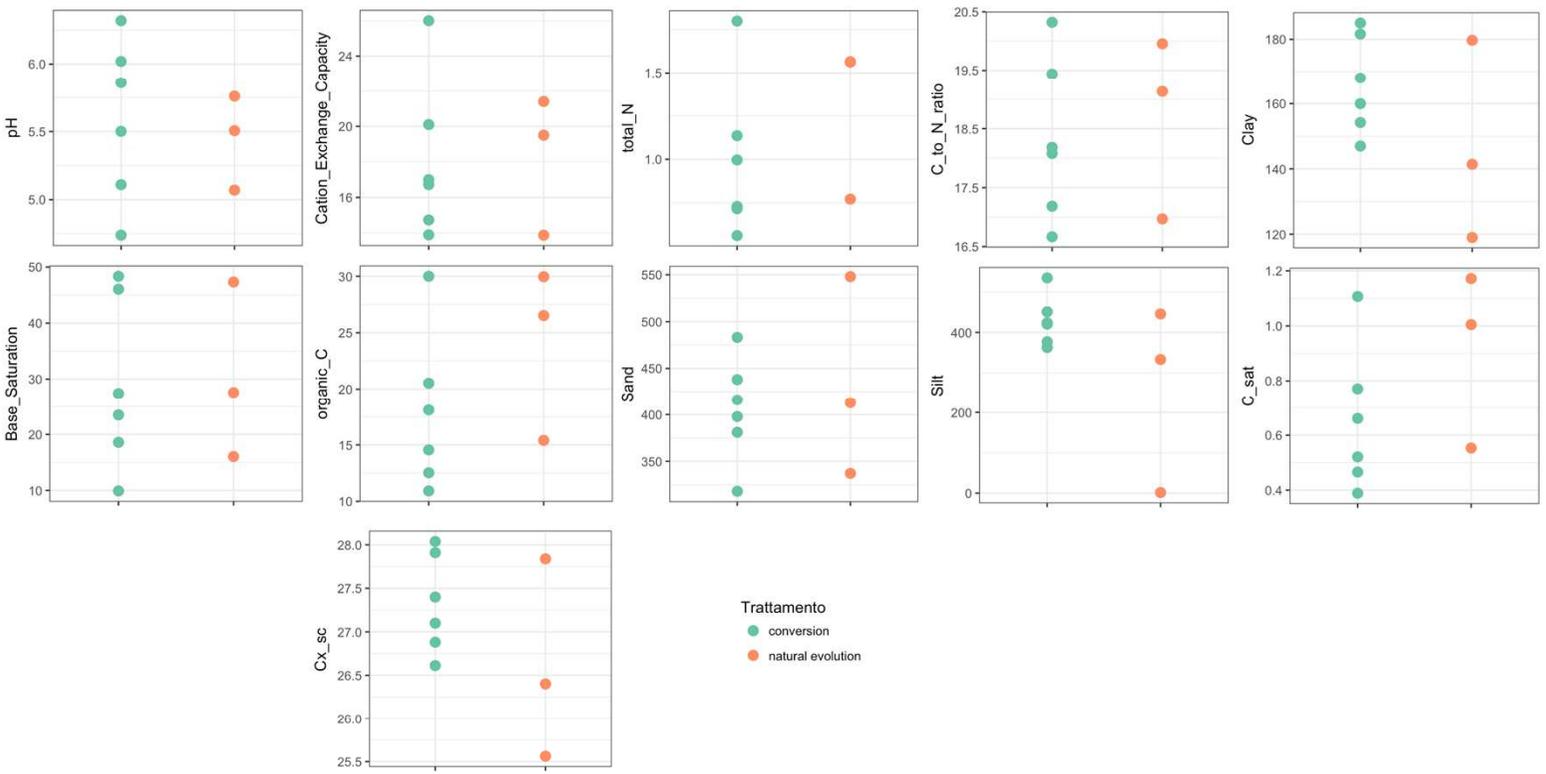
## Criterion 2. Forest ecosystems' health and vitality - Status and trend of GFS indicators

Site	Indicator Type	Indicator	Status for different management options
Is Cannoneris (evergreen broadleaved forests)	Consolidated	Soil condition - 0-10 horizon	<div style="text-align: center;"> </div> <p>The soil texture is of a <b>frank or frank-sandy</b> type for all three management options. pH is acid or sub-acid in both areas corresponding to the management options. Organic C and total N do not differ considerably. In the first 10 cm of soil, the soil was supersaturated with organic C.</p>

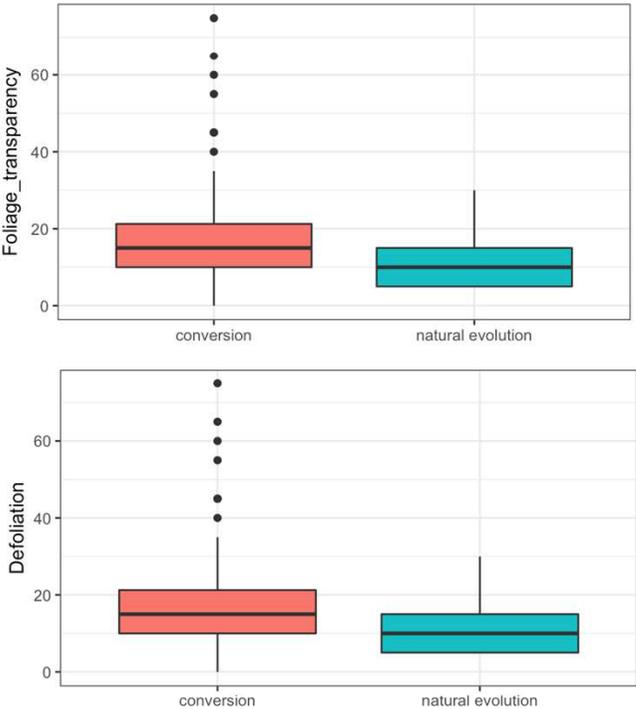
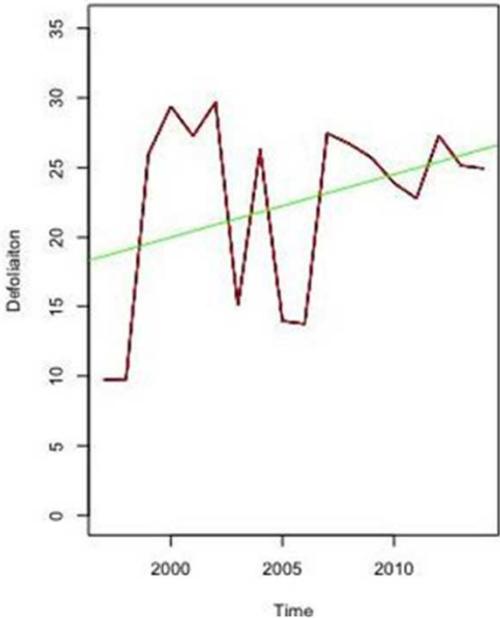
## Criterion 2. Forest ecosystems' health and vitality - Status and trend of GFS indicators

Site	Indicator Type	Indicator	Status for different management options
Is Cannoneris (evergreen broadleaved forests)	Consolidated	Soil condition - 10-20 horizon	 <p style="text-align: center;">Trattamento  <span style="color: green;">●</span> conversion  <span style="color: orange;">●</span> natural evolution</p>
		<p>The soil texture is of a <b>frank or frank-sandy</b> type for all three management options. pH is acid or sub-acid in both areas corresponding to the management options. Organic C and total N do not differ considerably. In the first 10 cm of soil, the soil was supersaturated with organic C.</p>	

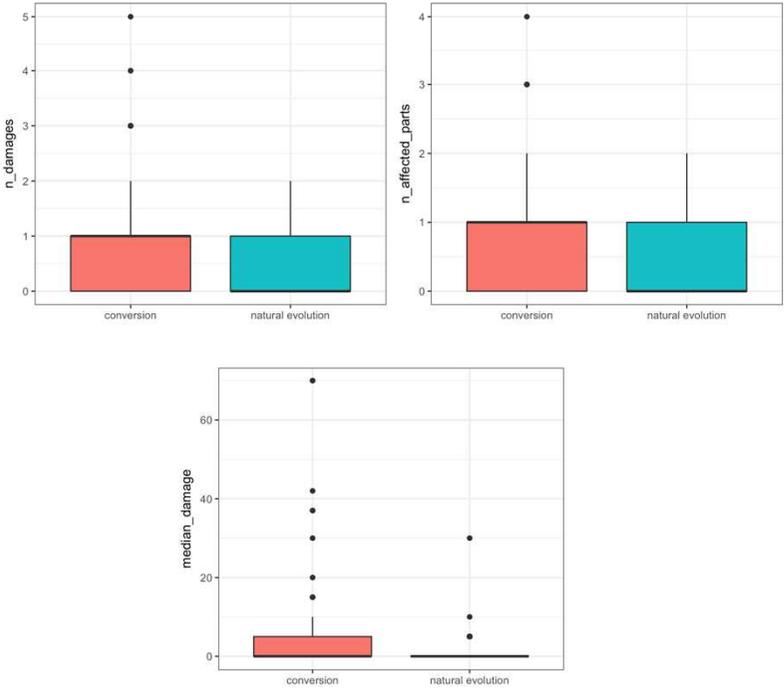
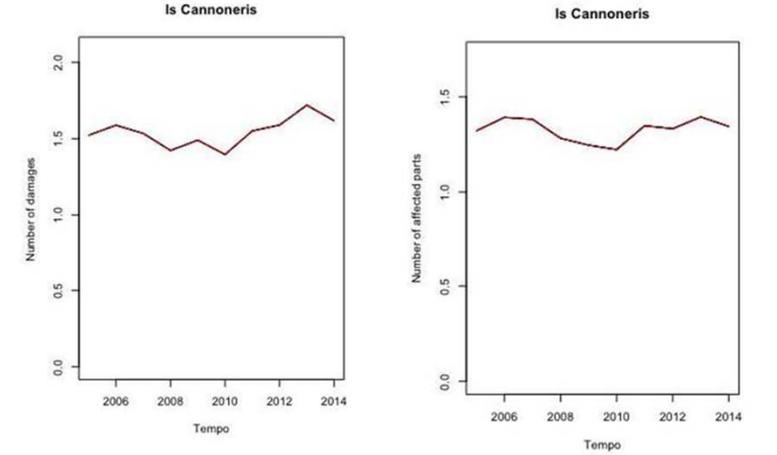
## Criterion 2. Forest ecosystems' health and vitality - Status and trend of GFS indicators

Site	Indicator Type	Indicator	Status for different management options
Is Cannoneris (evergreen broadleaved forests)	Consolidated	Soil condition - 20-40 horizon	<div style="text-align: center;">  </div> <p style="text-align: center;">The soil texture is of a <b>frank or frank-sandy</b> type for all three management options. pH is acid or sub-acid in both areas corresponding to the management options. Organic C and total N do not differ considerably. In the first 10 cm of soil, the soil was supersaturated with organic C.</p>

## Criterion 2. Forest ecosystems' health and vitality - Status and trend of GFS indicators

Site	Indicator Type	Indicator	Status for different management options	Time trend to 2014
Is Cannoneris (evergreen broadleaved forests)	Consolidated	Defoliation	 <p>Notwithstanding the low values for both indicators, significant differences (<math>p &lt; 0.05</math>) between conversion and natural evolution are showed for both foliage transparency and defoliation, with higher values for conversion.</p>	 <p>Defoliation values range between 10% and 30%, respectively for the years 1997-1998 and 2002. The time trend shows a clear increase in defoliation. The estimated average value of the historical series (22.5%) is consistently higher than that measured in 2016 (14.4%).</p>

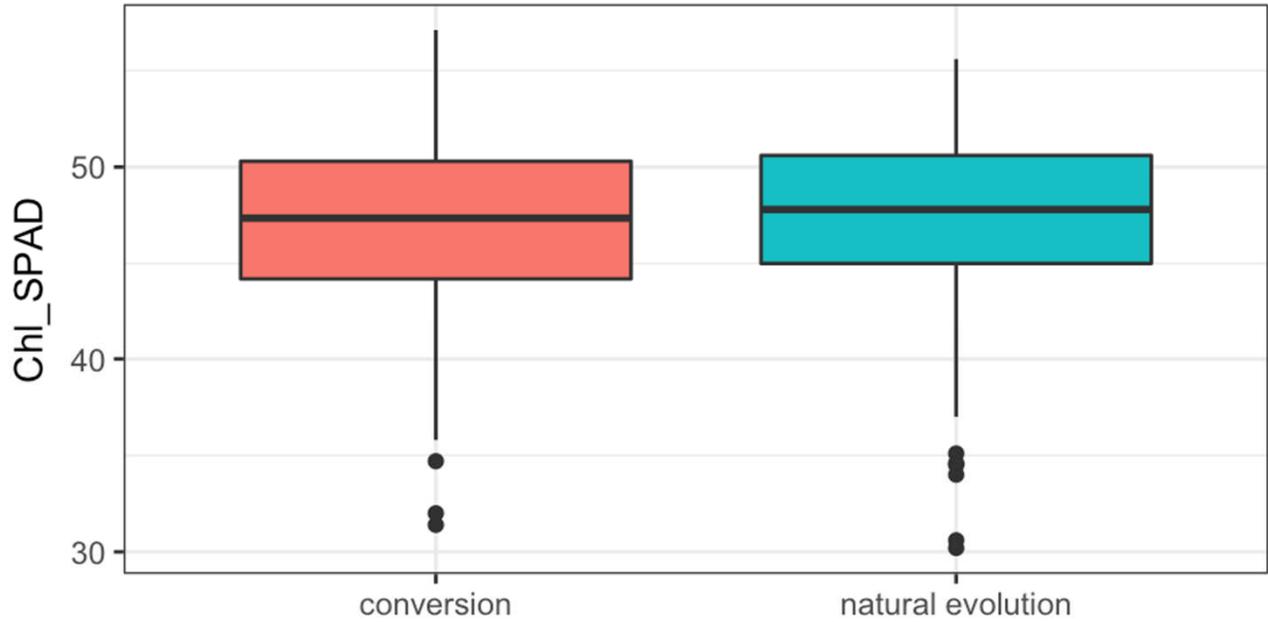
## Criterion 2. Forest ecosystems' health and vitality - Status and trend of GFS indicators

Site	Indicator Type	Indicator	Status for different management options	Time trend to 2014
Is Cannoneris (evergreen broadleaved forests)	Consolidated	Forest damage		
			<p>A significant difference between the conversion and natural evolution management options (<math>p &lt; 0.05</math>) is demonstrated for number of damages, number of affected parts and median damage, with higher values in conversion forests.</p>	<p>The number of damages in the time series ranges between 1.40 and 1.72, respectively for 2010 and 2013; estimated values are higher than those measured in 2016. The number of affected parts ranges between 1.22 and 1.39, respectively for 2010 and 2013.</p>

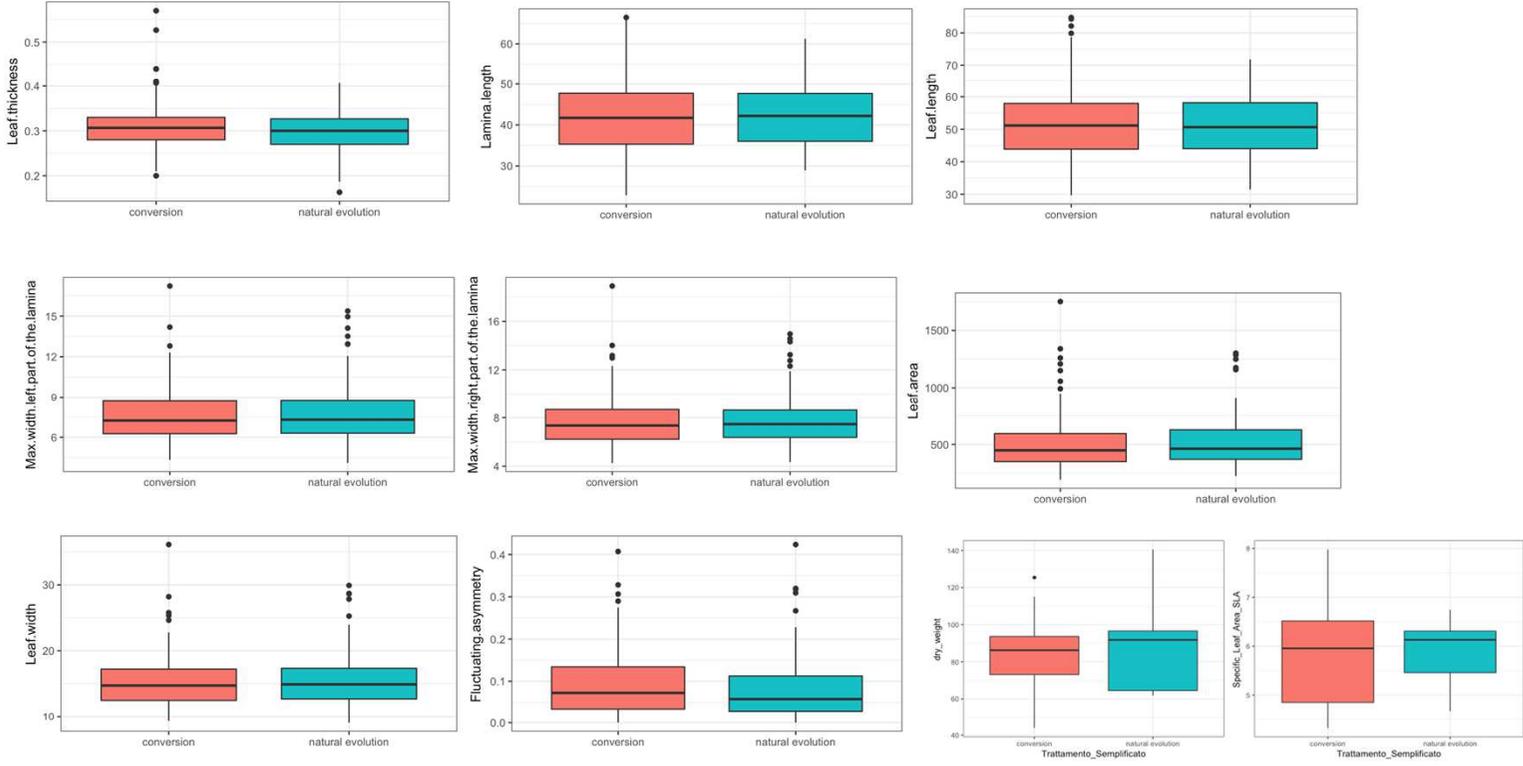
## Criterion 2. Forest ecosystems' health and vitality - Status and trend of GFS indicators

Site	Indicator Type	Indicator	Trends for different management options									
Is Cannoneris (evergreen broadleaved forests)	New	Stand growth	<div data-bbox="736 357 1682 944" data-label="Figure"> <table border="1"> <caption>Data extracted from the 'Is cannoneris' graph</caption> <thead> <tr> <th>Management Option</th> <th>1994-2004 (m³ ha⁻¹ anno⁻¹)</th> <th>2004-2010 (m³ ha⁻¹ anno⁻¹)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Natural evolution</td> <td>~5.5</td> <td>~5.5</td> </tr> <tr> <td>Conversion</td> <td>~2.5</td> <td>~7.0 - 10.0</td> </tr> </tbody> </table> </div> <p data-bbox="434 1139 2011 1270">The trend of the current increase in volume (stand growth) shows markedly different trends: stand growth in natural evolution is quite constant all over the time series, while conversion shows an homogeneous increase, even if with slightly different values, among the replicates. Stand growth ranges between 2 and 10 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup>. Stand growth variability is common in Mediterranean-mountainous forests such as those represented.</p>	Management Option	1994-2004 (m³ ha⁻¹ anno⁻¹)	2004-2010 (m³ ha⁻¹ anno⁻¹)	Natural evolution	~5.5	~5.5	Conversion	~2.5	~7.0 - 10.0
Management Option	1994-2004 (m³ ha⁻¹ anno⁻¹)	2004-2010 (m³ ha⁻¹ anno⁻¹)										
Natural evolution	~5.5	~5.5										
Conversion	~2.5	~7.0 - 10.0										

## Criterion 2. Forest ecosystems' health and vitality - Status and trend of GFS indicators

Site	Indicator Type	Indicator	Status for different management options
Is Cannoneris (evergreen broadleaved forests)	New	Chlorophyll content	 <p data-bbox="595 1190 1850 1222">Chlorophyll content is similar in the different management options, with no significant differences in values.</p>

## Criterion 2. Forest ecosystems' health and vitality - Status and trend of GFS indicators

Site	Indicator Type	Indicator	Status for different management options
Is Cannoneris (evergreen broadleaved forests)	New	Leaf traits	<p style="text-align: center;"><b>Status for different management options</b></p>  <p style="text-align: center;">Indicators show similar values for different management options, with no significant differences.</p>

## Criterion 2. Forest ecosystems' health and vitality - Status and trend of GFS indicators

Site	Indicator Type	Indicator	Time trend to 2014
Settefratelli (evergreen broadleaved forests)	Consolidated	Deposition of air pollutants	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div data-bbox="443 335 846 890"> <p><b>Settefratelli (R2= 0.332 )</b></p> </div> <div data-bbox="952 335 1332 890"> <p><b>Settefratelli (R2=0.275)</b></p> </div> <div data-bbox="1489 335 1892 890"> <p><b>Settefratelli (R2= 0.7718 )</b></p> </div> </div> <p>The depositions of oxidized nitrogen show values between 174 and 531 mg (N) / m<sup>2</sup>, for the years 2000 and 1997, respectively. The depositions of reduced nitrogen are between 244 and 354 mg (N) / m<sup>2</sup>, for the years 2000 and 2005, respectively. The sulfate depositions are recomprised between 297 and 679 mg (S) / m<sup>2</sup>, for the years 2014 and 1997, respectively. The values of oxidized nitrogen and sulfate time series tend to decrease, while reduced nitrogen shows a slight increasing trend.</p>



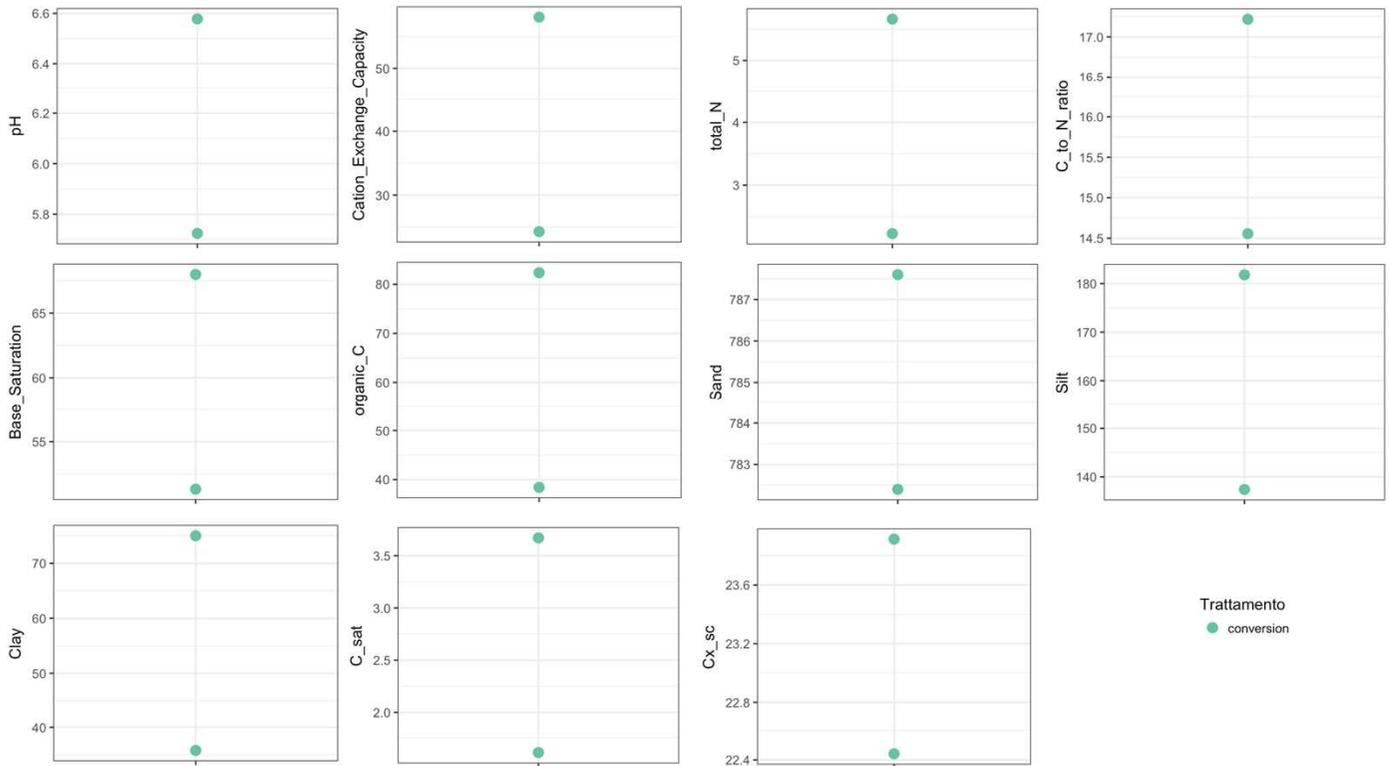
**LIFE FutureFor Coppices**

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

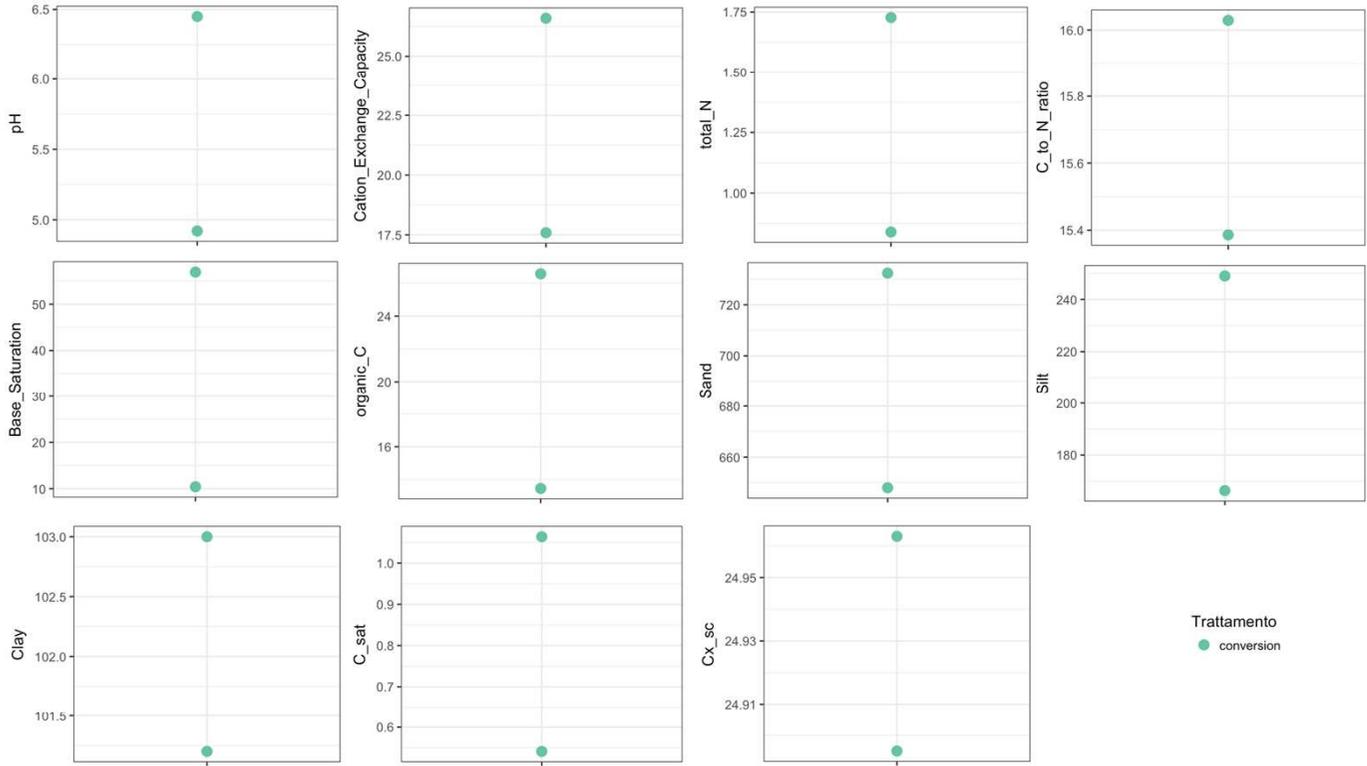


LIFE14 ENV/IT/000514

## Criterion 2. Forest ecosystems' health and vitality - Status and trend of GFS indicators

Site	Indicator Type	Indicator	Status for different management options
Settefratelli (evergreen broadleaved forests)	Consolidated	Soil condition - 0-10 horizon	 <p>Soil condition indicators show different values for both areas in conversion, in particular for 0-10 horizon.</p>

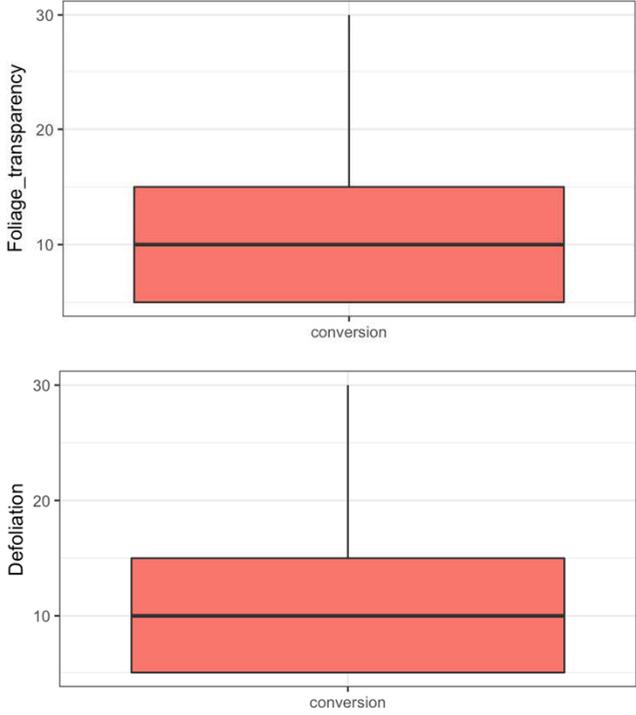
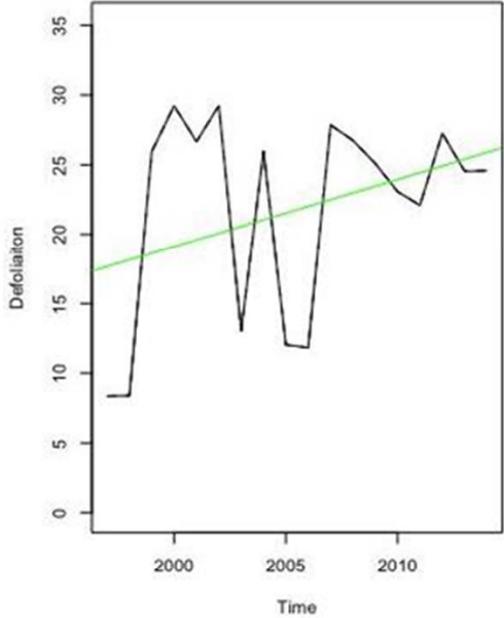
## Criterion 2. Forest ecosystems' health and vitality - Status and trend of GFS indicators

Site	Indicator Type	Indicator	Status for different management options
Settefratelli (evergreen broadleaved forests)	Consolidated	Soil condition - 10-20 horizon	 <p data-bbox="779 1193 1662 1219">Soil condition indicators show different values for both areas in conversion.</p>

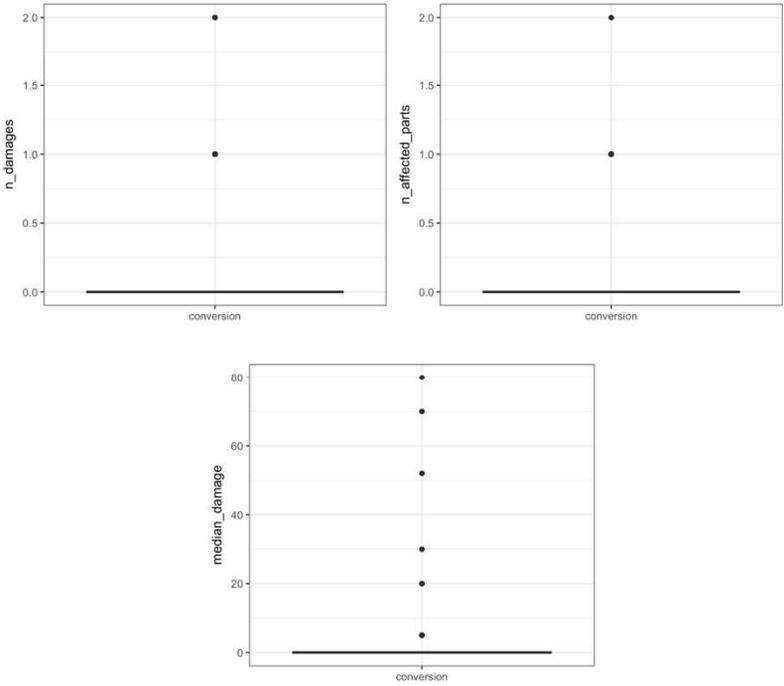
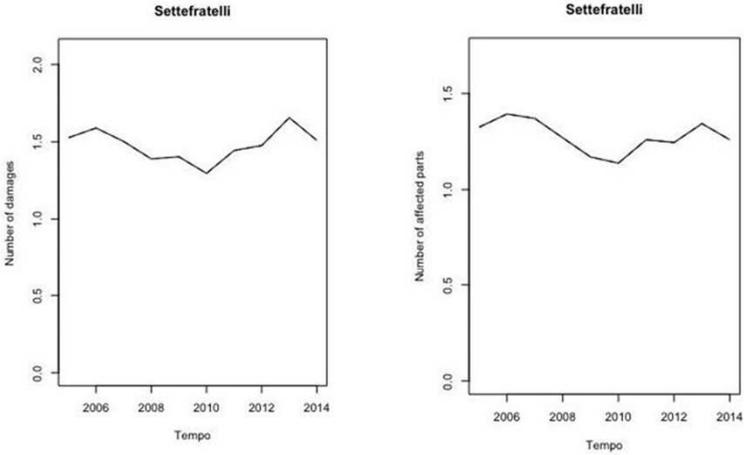
## Criterion 2. Forest ecosystems' health and vitality - Status and trend of GFS indicators

Site	Indicator Type	Indicator	Status for different management options
Settefratelli (evergreen broadleaved forests)	Consolidated	Soil condition - 20-40 horizon	
		<p>Soil condition indicators show different values for both areas in conversion.</p>	

## Criterion 2. Forest ecosystems' health and vitality - Status and trend of GFS indicators

Site	Indicator Type	Indicator	Status for different management options	Time trend to 2014
Settefratelli (evergreen broadleaved forests)	Consolidated	Defoliation		
			<p>Both foliage transparency and defoliation show very low values, with an interquartile range between 5% and 15%.</p>	<p>Defoliation ranges between 8% and 29%, for 1997-1998 and 2002, respectively, and shows an increasing trend. The average value of the time series (22%) is about double than that measured in 2016.</p>

## Criterion 2. Forest ecosystems' health and vitality - Status and trend of GFS indicators

Site	Indicator Type	Indicator	Status for different management options	Time trend to 2014
Settefratelli (evergreen broadleaved forests)	Consolidated	Forest damage		
			<p>Distribution of forest damage indicators is showed; only one management option: conversion.</p>	<p>Number of damages ranges between 1.30 and 1.66, for the years 2010 and 2013, respectively. Number of affected parts ranges between 1.14 and 1.39, for the years 2010 and 2006, respectively.</p>



**LIFE FutureFor Coppices**

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



LIFE14 ENV/IT/000514

## Criterion 2. Forest ecosystems' health and vitality - Status and trend of GFS indicators

Site	Indicator Type	Indicator	Time trend to 2014
Caselli (deciduous thermophilous forests)	Consolidated	Deposition of air pollutants	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>Caselli (R2= 0.0425 )</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>Caselli (R2=0.0141)</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>Caselli (R2= 0.9059 )</p> </div> </div>
		<p>The depositions of oxidized nitrogen show values between 183 and 694 mg (N) / m2, for the years 2000 and 1997, respectively. The depositions of reduced nitrogen are between 439 and 606 mg (N) / m2, for the years 2007 and 2002, respectively. The sulfate depositions are recomprised between 431 and 872 mg (S) / m2, for the years 2013 and 1997, respectively. The depositions of oxidized nitrogen and sulfate show a decreasing trend.</p>	



**LIFE FutureFor Coppices**

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



LIFE14 ENV/IT/000514

## Criterion 2. Forest ecosystems' health and vitality - Status and trend of GFS indicators

Site	Indicator Type	Indicator	Status for different management options
Caselli (deciduous thermophilous forests)	Consolidated	Soil condition - 0-10 horizon	
		<p>Soil texture is a <b>frank or frank-sandy</b> type for both management options. In the conversion area, pH, cation exchange capacity and base saturation are much more eterogenous than in natural evolution, for all the three analyzed horizons. Organic C and total N do not differ considerably. In the first 10 cm of soil, the soil was supersaturated with organic C.</p>	

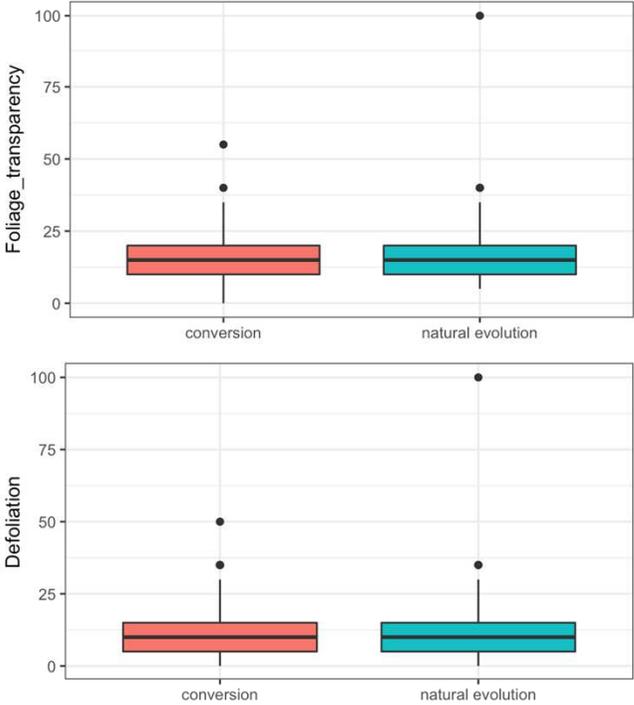
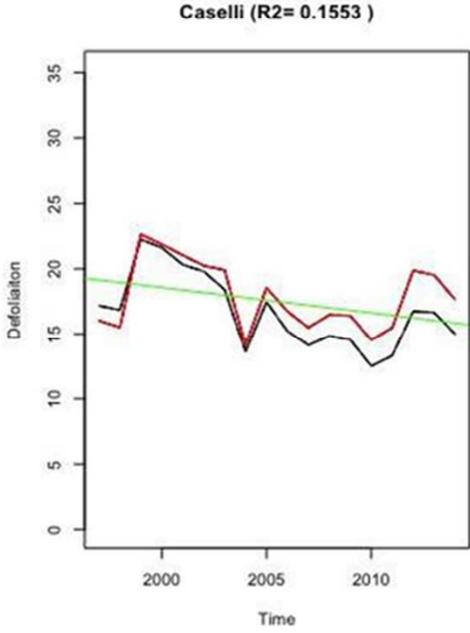
## Criterion 2. Forest ecosystems' health and vitality - Status and trend of GFS indicators

Site	Indicator Type	Indicator	Status for different management options
Caselli (deciduous thermophilous forests)	Consolidated	Soil condition - 10-20 horizon	<p style="text-align: center;">Trattamento  <span style="color: green;">●</span> conversion  <span style="color: orange;">●</span> natural evolution</p>
		<p>Soil texture is a <b>frank or frank-sandy</b> type for both management options. In the conversion area, pH, cation exchange capacity and base saturation are much more eterogenous than in natural evolution, for all the three analyzed horizons. Organic C and total N do not differ considerably. In the first 10 cm of soil, the soil was supersaturated with organic C.</p>	

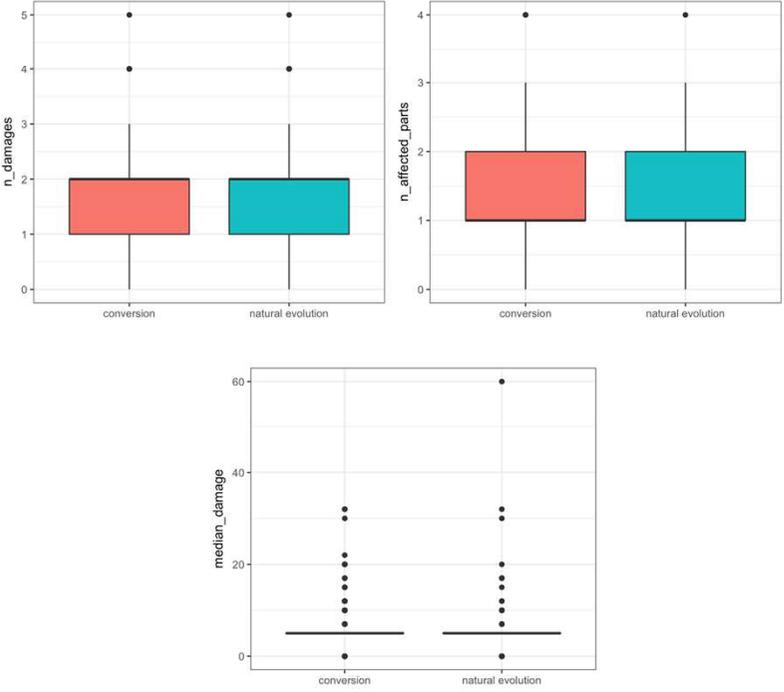
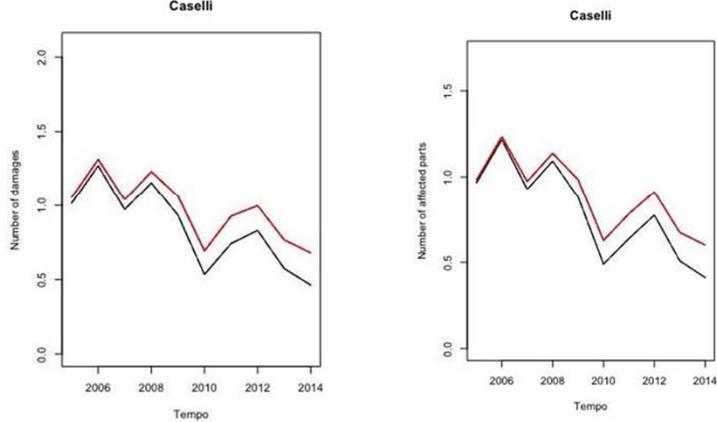
## Criterion 2. Forest ecosystems' health and vitality - Status and trend of GFS indicators

Site	Indicator Type	Indicator	Status for different management options
Caselli (deciduous thermophilous forests)	Consolidated	Soil condition - 20-40 horizon	
		<p>Soil texture is a <b>frank or frank-sandy</b> type for both management options. In the conversion area, pH, cation exchange capacity and base saturation are much more eterogenous than in natural evolution, for all the three analyzed horizons. Organic C and total N do not differ considerably. In the first 10 cm of soil, the soil was supersaturated with organic C.</p>	

## Criterion 2. Forest ecosystems' health and vitality - Status and trend of GFS indicators

Site	Indicator Type	Indicator	Status for different management options	Time trend to 2014
Caselli (deciduous thermophilous forests)	Consolidated	Defoliation		
		<p>No significant differences (<math>p&gt;0.05</math>) between conversion and natural evolution are showed for both foliage transparency and defoliation. Values and their variability are low.</p>	<p>Defoliation ranges between 13% and 23%, for the years 2010 and 1999, respectively. Time trends are decreasing and the average value of the time series (17.5%) is higher than that measured in 2016 (12%).</p>	

## Criterion 2. Forest ecosystems' health and vitality - Status and trend of GFS indicators

Site	Indicator Type	Indicator	Status for different management options	Time trend to 2014
Caselli (deciduous thermophilous forests)	Consolidated	Forest damage		
<p>No significant differences are showed ( <math>p &gt; 0,05</math> ).</p>			<p>Number of damages ranges between 0.46 and 1.31, for the years 2014 and 2006, respectively. Number of affected parts ranges between 0.41 and 1.23, for the years 2014 and 2006, respectively.</p>	



**LIFE FutureFor Coppices**

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



LIFE14 ENV/IT/000514

## Criterion 2. Forest ecosystems' health and vitality - Status and trend of GFS indicators

Site	Indicator Type	Indicator	Time trend to 2014
Poggio Pievano (deciduous thermophilous forests)	Consolidated	Deposition of air pollutants	<p>The figure consists of three line graphs arranged horizontally, each showing the time trend of a different air pollutant at the Poggio Pievano site from 2000 to 2014. Each graph includes a blue line for the annual data and a green trend line. The first graph, titled 'Poggio Pievano (R2= 0.0914)', shows 'Azoto ossidato' (oxidized nitrogen) with values ranging from 0 to 800 mg(N)/m2. The second graph, titled 'Poggio Pievano (R2=0.0341)', shows 'Azoto ridotto' (reduced nitrogen) with values ranging from 0 to 800 mg(N)/m2. The third graph, titled 'Poggio Pievano (R2= 0.9236)', shows 'Anidride solforosa' (sulfate) with values ranging from 0 to 1000 mg(S)/m2. All three graphs show a general downward trend over the period.</p>
			<p>The depositions of oxidized nitrogen show values between 166 and 701 mg (N) / m<sup>2</sup>, for the years 2000 and 1997, respectively. The depositions of reduced nitrogen are between 423 and 609 mg (N) / m<sup>2</sup>, for the years 2007 and 2002, respectively. The sulfate depositions are recomprised between 393 and 862 mg (S) / m<sup>2</sup>, for the years 2013 and 1997, respectively. The depositions of all three time series show a decreasing trend, expecially for sulfate.</p>



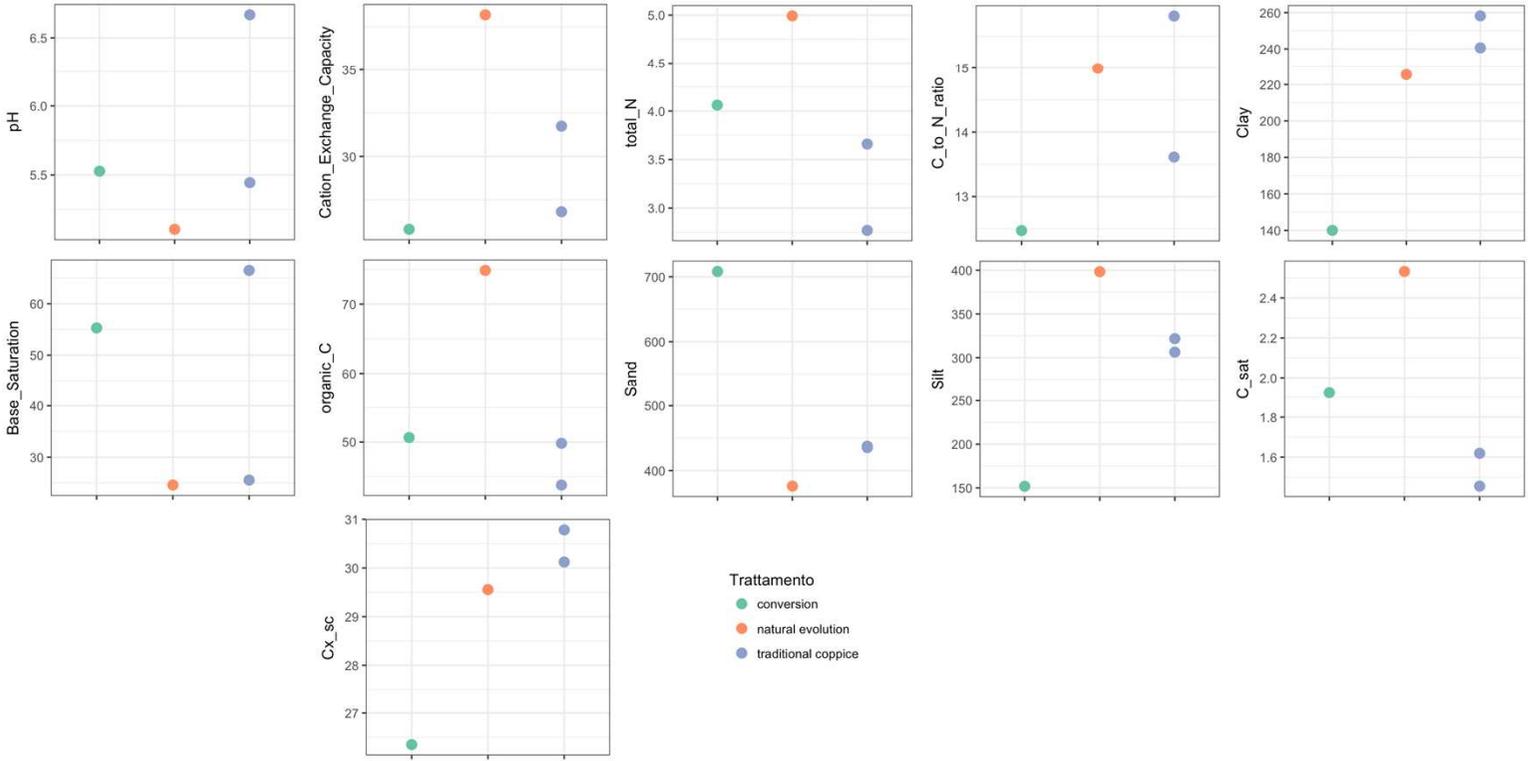
**LIFE FutureFor Coppices**

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

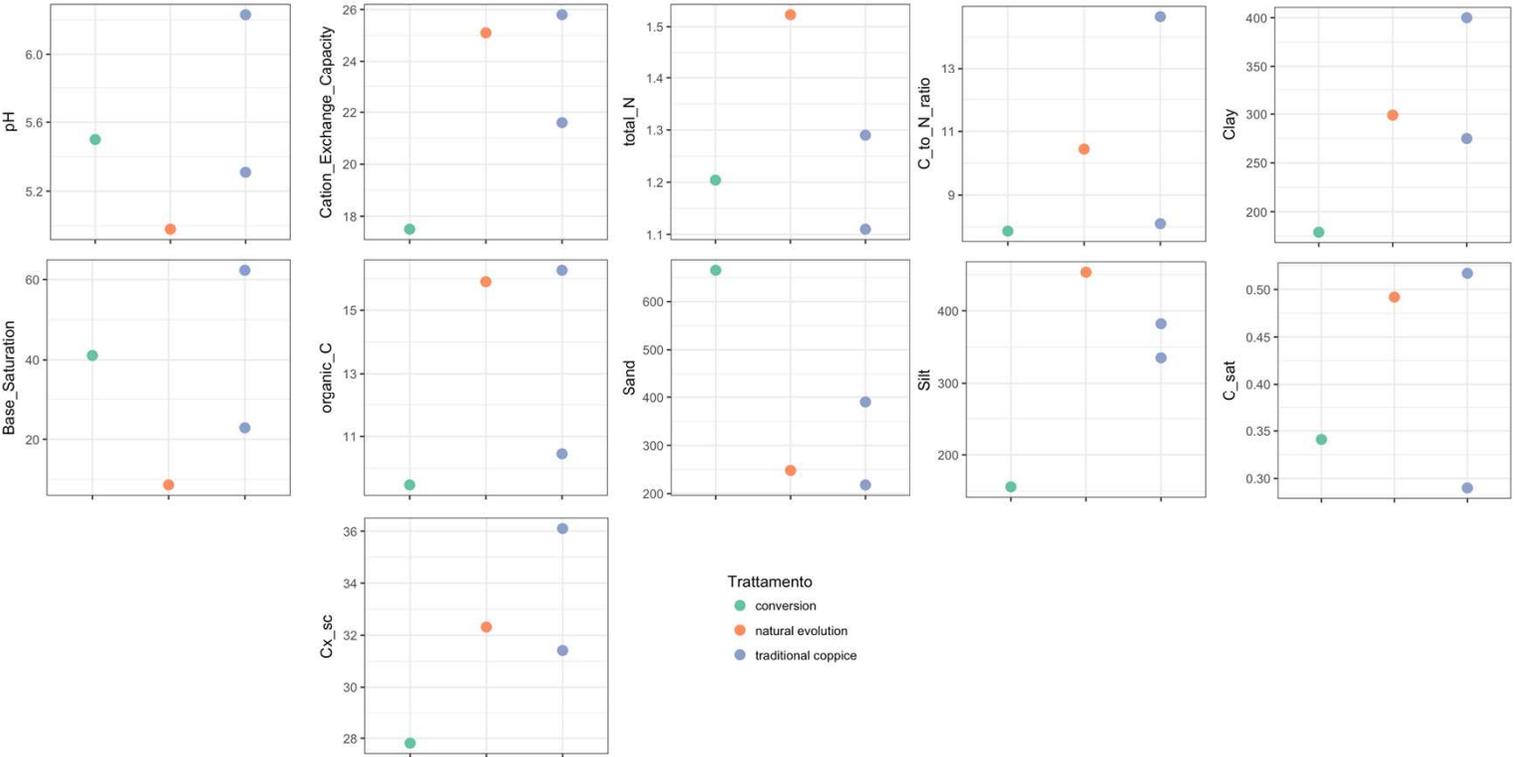


LIFE14 ENV/IT/000514

## Criterion 2. Forest ecosystems' health and vitality - Status and trend of GFS indicators

Site	Indicator Type	Indicator	Status for different management options
Poggio Pievano (deciduous thermophilous forests)	Consolidated	Soil condition - 0-10 horizon	 <p>The soil texture is of a <b>frank or frank-silty</b> type for all three management options. Natural evolution area has higher C content and lower cation exchange capacity than other management option areas.</p>

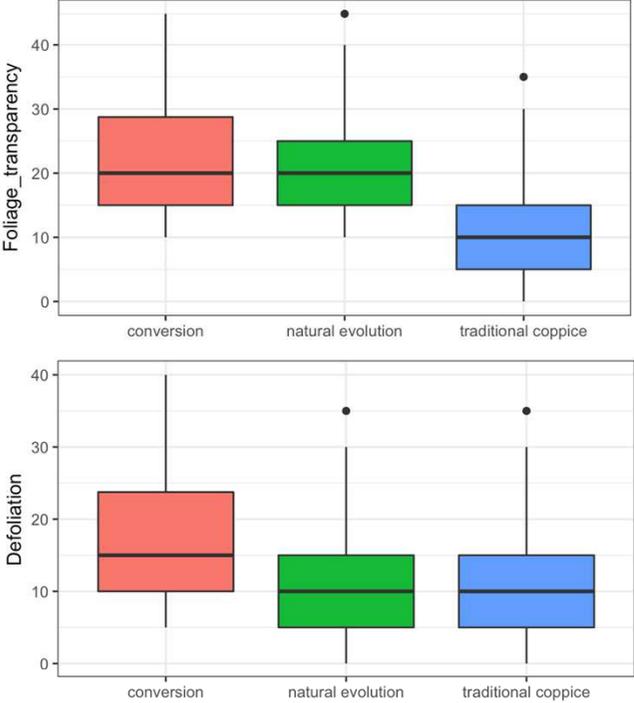
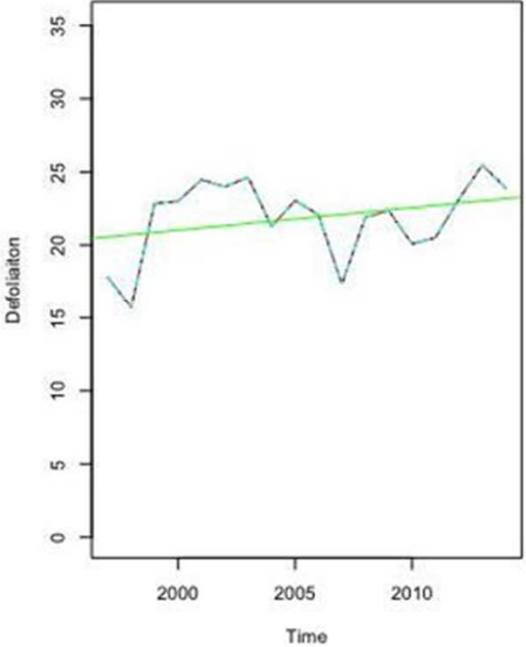
## Criterion 2. Forest ecosystems' health and vitality - Status and trend of GFS indicators

Site	Indicator Type	Indicator	Status for different management options
Poggio Pievano (deciduous thermophilous forests)	Consolidated	Soil condition - 10-20 horizon	 <p>The soil texture is of a <b>frank or frank-silty</b> type for all three management options. Natural evolution area has higher C content and lower cation exchange capacity than other management option areas.</p>

## Criterion 2. Forest ecosystems' health and vitality - Status and trend of GFS indicators

Site	Indicator Type	Indicator	Status for different management options
Poggio Pievano (deciduous thermophilous forests)	Consolidated	Soil condition - 20-40 horizon	
		<p>The soil texture is of a <b>frank or frank-silty</b> type for all three management options. Natural evolution area has higher C content and lower cation exchange capacity than other management option areas.</p>	

## Criterion 2. Forest ecosystems' health and vitality - Status and trend of GFS indicators

Site	Indicator Type	Indicator	Status for different management options	Time trend to 2014
Poggio Pievano (deciduous thermophilous forests)	Consolidated	Defoliation		
			<p>Foliage transparency and defoliation show significant differences (<math>p &lt; 0.05</math>) among management options, with higher values in conversion and lower in traditional coppice.</p>	<p>Defoliation ranges between 16% and 25%, for the years 1998 and 2003, 2013, respectively. Time trend is increasing, with an average value for the time series (22%) about double than that measured in 2016 (12%).</p>



**LIFE FutureFor Coppices**

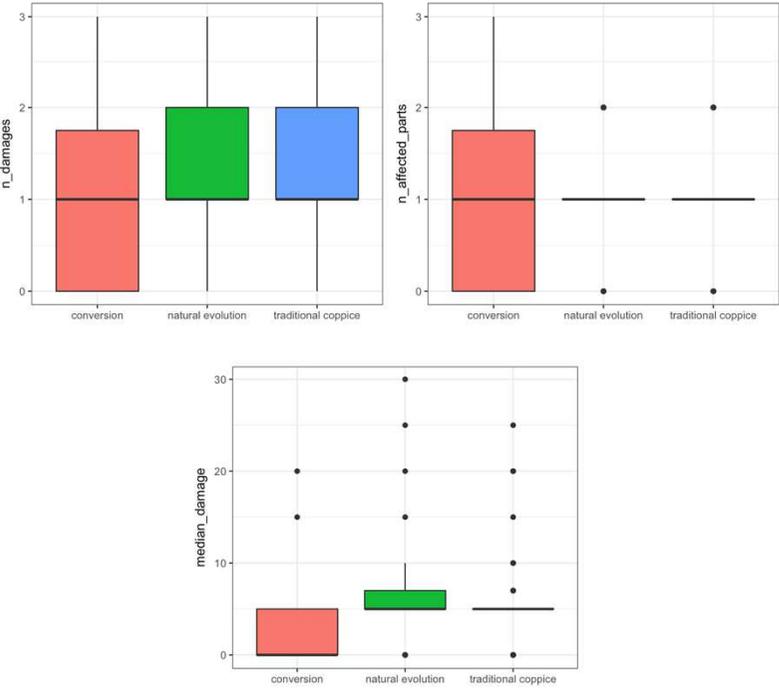
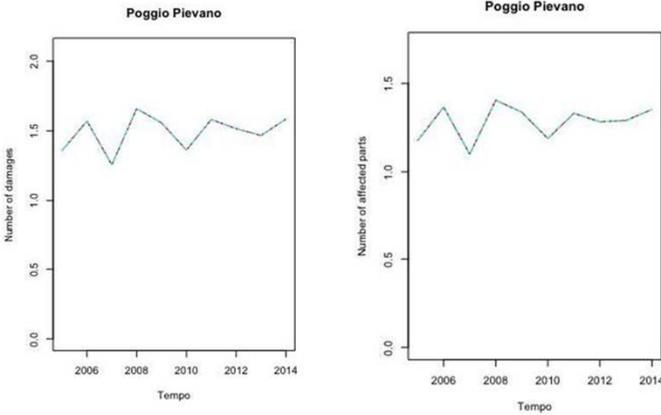
Shaping future forestry for sustainable coppices in southern Europe: the legacy of past management trials

futureforcoppices.eu



LIFE14 ENV/IT/000514

## Criterion 2. Forest ecosystems' health and vitality - Status and trend of GFS indicators

Site	Indicator Type	Indicator	Status for different management options	Time trend to 2014
Poggio Pievano (deciduous thermophilous forests)	Consolidated	Forest damage	 <p>The figure consists of three box plots comparing forest damage metrics across three management options: conversion (red), natural evolution (green), and traditional coppice (blue).          - Top left plot: n_damages (0 to 3). Conversion has a median of 1.0, natural evolution has a median of 1.5, and traditional coppice has a median of 1.0.          - Top right plot: n_affected_parts (0 to 3). Conversion has a median of 1.0, natural evolution has a median of 1.0, and traditional coppice has a median of 1.0.          - Bottom plot: median_damage (0 to 30). Conversion has a median of approximately 2, natural evolution has a median of approximately 6, and traditional coppice has a median of approximately 5.</p>	 <p>The figure shows two line graphs for Poggio Pievano from 2006 to 2014.          - Left graph: Number of damages (0.0 to 2.0). Values fluctuate between approximately 1.2 and 1.6.          - Right graph: Number of affected parts (0.0 to 1.5). Values fluctuate between approximately 1.1 and 1.4.</p>
			<p>Number of damages has a significant difference (<math>p &lt; 0.05</math>) among different management options.</p>	<p>Number of damages ranges between 1.26 and 1.66, for the years 2007 and 2008, respectively. Number of affected parts ranges between 1.10 and 1.41, for the years 2007 and 2008, respectively.</p>

## Criterion 2. Forest ecosystems' health and vitality - Status and trend of GFS indicators

Site	Indicator Type	Indicator	Trends for different management options										
Poggio Pievano (deciduous thermophilous forests)	New	Stand growth	<div data-bbox="622 327 1713 957" data-label="Figure"> <table border="1"> <caption>Data from Poggio Pievano Stand Growth Plot (1995)</caption> <thead> <tr> <th>Management Option</th> <th>Stand Growth (m³ ha⁻¹ anno⁻¹)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>natural evolution</td> <td>~5.5</td> </tr> <tr> <td>traditional coppice (red)</td> <td>~5.2</td> </tr> <tr> <td>traditional coppice (blue)</td> <td>~5.0</td> </tr> <tr> <td>conversion</td> <td>~6.5</td> </tr> </tbody> </table> </div> <p data-bbox="443 1177 2000 1236">A single incremental value of stand growth is calculated. The values are very similar for the different management options, ranging from 5 to 6 (conversion) m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup>. Results are in line with a medium fertility level for the considered species and environment.</p>	Management Option	Stand Growth (m³ ha⁻¹ anno⁻¹)	natural evolution	~5.5	traditional coppice (red)	~5.2	traditional coppice (blue)	~5.0	conversion	~6.5
Management Option	Stand Growth (m³ ha⁻¹ anno⁻¹)												
natural evolution	~5.5												
traditional coppice (red)	~5.2												
traditional coppice (blue)	~5.0												
conversion	~6.5												



**LIFE FutureFor Coppices**

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



LIFE14 ENV/IT/000514

## Criterion 2. Forest ecosystems' health and vitality - Status and trend of GFS indicators

Site	Indicator Type	Indicator	Status for different management options
Poggio Pievano (deciduous thermophilous forests)	New	Chlorophyll <i>a</i> fluorescens	<p>The figure consists of six box plots arranged in a 2x3 grid. The top row shows Fv/Fm, F0, and Fm, while the bottom row shows Vj, Vi, and Plabs. Each plot compares three management options: conversion (red), natural evolution (green), and traditional coppice (blue). The y-axis scales vary by plot: Fv/Fm (0.6-0.8), F0 (500-800), Fm (2000-4000), Vj (0.5-0.7), Vi (0.8-1.0), and Plabs (1-4). Traditional coppice generally shows higher Vj and Vi values, while natural evolution shows higher Plabs values.</p>
		<p>Variable fluorescence at the time <math>t=2</math> ms (<math>V_j</math>) and Performance Index (Plabs) show significant differences (<math>p &lt; 0.05</math>), with higher <math>V_j</math> in traditional coppice and higher Plabs in natural evolution.</p>	



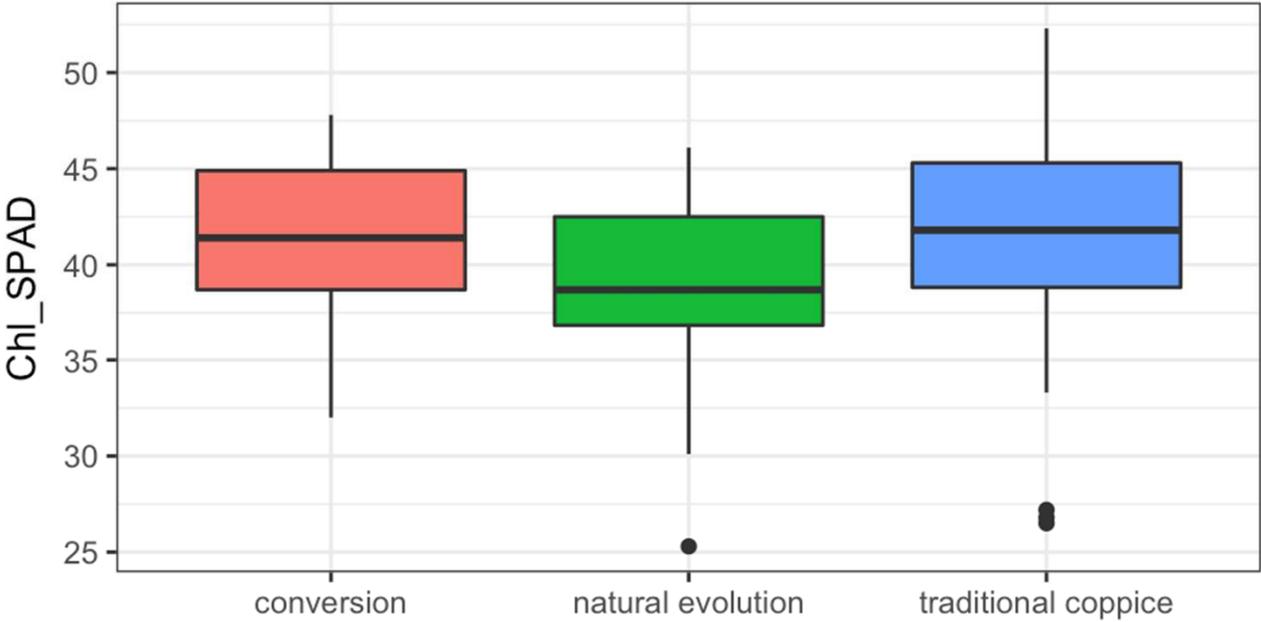
**LIFE FutureFor Coppices**

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

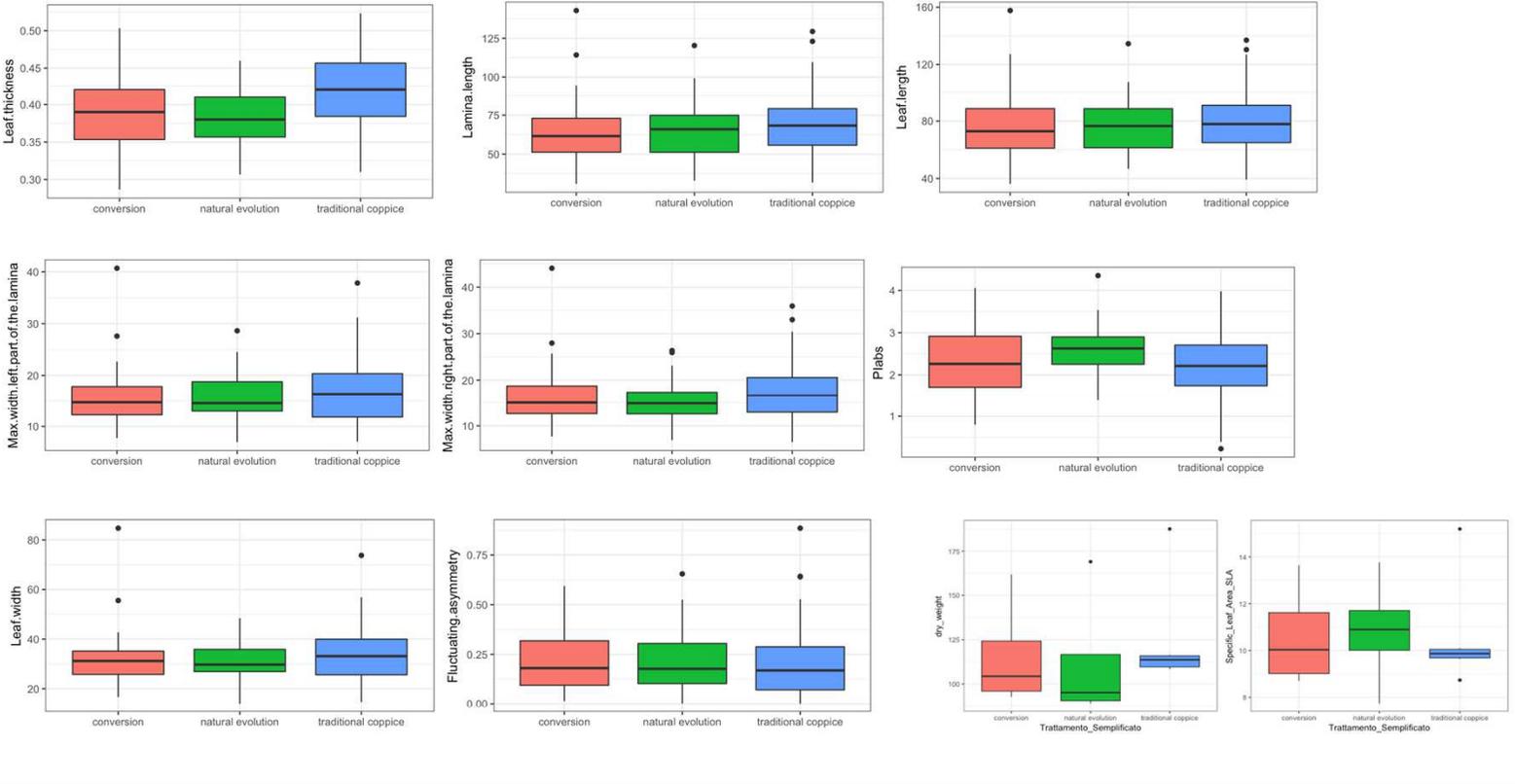


LIFE14 ENV/IT/000514

## Criterion 2. Forest ecosystems' health and vitality - Status and trend of GFS indicators

Site	Indicator Type	Indicator	Status for different management options
Poggio Pievano (deciduous thermophilous forests)	New	Chlorophyll content	 <p>Chlorophyll content (Chl_SPAD) shows significant differences (<math>p &lt; 0.05</math>) among management options, with higher values in traditional coppices.</p>

## Criterion 2. Forest ecosystems' health and vitality - Status and trend of GFS indicators

Site	Indicator Type	Indicator	Status for different management options
Poggio Pievano (deciduous thermophilous forests)	New	Leaf traits	 <p>Leaf thickness shows significant differences (<math>p &lt; 0.05</math>) among management options, with higher values in traditional coppices.</p>

## Criterion 2. Forest ecosystems' health and vitality - Status and trend of GFS indicators

Site	Indicator Type	Indicator	Time trend to 2014
Valsavignone (deciduous thermophilous forests)	Consolidated	Deposition of air pollutants	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-start;"> <div style="text-align: center;"> <p>Valsavignone (R2= 0.2961 )</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>Valsavignone (R2=0.3252)</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>Valsavignone (R2= 0.9286 )</p> </div> </div> <p style="text-align: center; margin-top: 20px;">The depositions of oxidized nitrogen show values between 185 and 811 mg (N) / m2, for the years 2000 and 1997, respectively. The depositions of reduced nitrogen are between 593 and 885 mg (N) / m2, for the years 2011 and 2002, respectively. The sulfate depositions are recomprised between 346 and 1130 mg (S) / m2, for the years 2014 and 1997, respectively. The depositions of the three time series show a decreasing trend.</p>

## Criterion 2. Forest ecosystems' health and vitality - Status and trend of GFS indicators

Site	Indicator Type	Indicator	Status for different management options
Valsavignone (deciduous thermophilous forests)	Consolidated	Soil condition - 0-10 horizon	<p style="text-align: center;"> <b>Trattamento</b>  <span style="color: green;">●</span> conversion  <span style="color: orange;">●</span> natural evolution         </p>
			<p>The soil texture is of a <b>frank or frank-silty</b> type and pH is on average neutral for all three management options. Natural evolution area has higher organic C and N content than conversion. The same for carbon saturation, with values higher than one until the depth of 20 cm.</p>

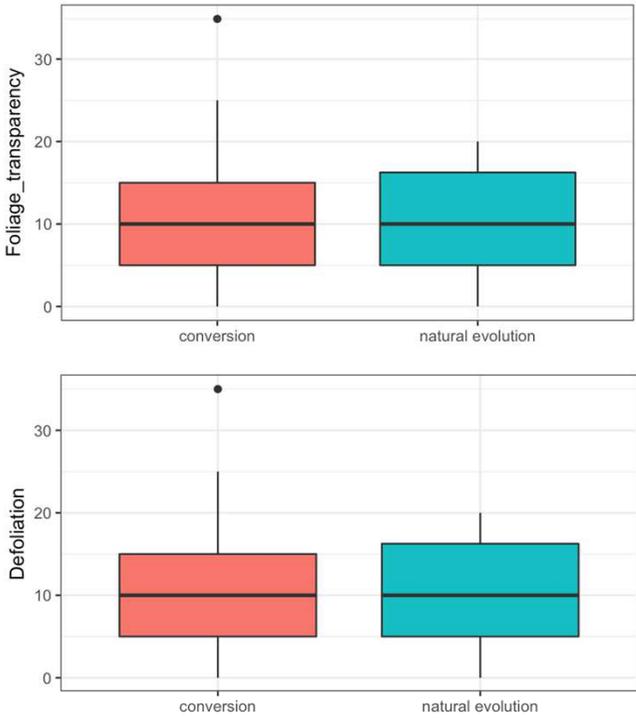
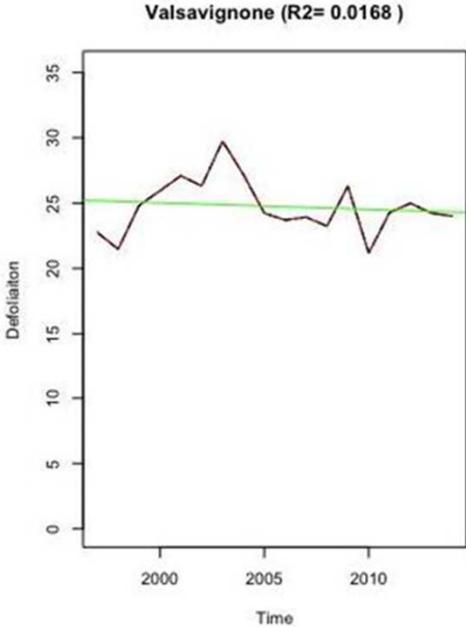
## Criterion 2. Forest ecosystems' health and vitality - Status and trend of GFS indicators

Site	Indicator Type	Indicator	Status for different management options
Valsavignone (deciduous thermophilous forests)	Consolidated	Soil condition - 10-20 horizon	<div style="text-align: center;"> </div> <p style="text-align: center; margin-top: 20px;">                     The soil texture is of a <b>frank or frank-silty</b> type and pH is on average neutral for all three management options. Natural evolution area has higher organic C and N content than conversion. The same for carbon saturation, with values higher than one until the depth of 20 cm.                 </p>

## Criterion 2. Forest ecosystems' health and vitality - Status and trend of GFS indicators

Site	Indicator Type	Indicator	Status for different management options
Valsavignone (deciduous thermophilous forests)	Consolidated	Soil condition - 20-40 horizon	
		<p>The soil texture is of a <b>frank or frank-silty</b> type and pH is on average neutral for all three management options. Natural evolution area has higher organic C and N content than conversion. The same for carbon saturation, with values higher than one until the depth of 20 cm.</p>	

## Criterion 2. Forest ecosystems' health and vitality - Status and trend of GFS indicators

Site	Indicator Type	Indicator	Status for different management options	Time trend to 2014
Valsavignone (deciduous thermophilous forests)	Consolidated	Defoliation		
			<p>Foliage transparency and defoliation do not show significant differences (<math>p &gt; 0.05</math>) between management options.</p>	<p>Defoliation ranges between 21% and 30%, for the years 1998, 2010 and 2003, respectively. The average value of the time series (24,7%) is markedly higher than that measured in 2016 (9,5%).</p>



**LIFE FutureFor Coppices**

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



LIFE14 ENV/IT/000514

## Criterion 2. Forest ecosystems' health and vitality - Status and trend of GFS indicators

Site	Indicator Type	Indicator	Status for different management options	Time trend to 2014
Valsavignone (deciduous thermophilous forests)	Consolidated	Forest damage		
			<p>No significant differences are showed by forest damage in the different management options.</p>	<p>Number of damages ranges between 1.46 and 1.81, for the years 2009 and 2011, respectively. Number of affected parts ranges between 1.31 and 1.60, for the years 2007 and 2011, respectively.</p>



**LIFE FutureFor Coppices**

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



LIFE14 ENV/IT/000514