



LIFENAT/IT/000837GRANATHA

AZIONE D2

Valutazione delle azioni di ripristino dell'habitat 4030



Report di monitoraggio ex-post

Anno 2019



Dott. Davide Ascoli, Dott.ssa Roberta Berretti, Dott. Matteo Garbarino, Dott. Emanuele Sibona, Dott. Antonio Gabellini

Sommario

Azione D2: Valutazione delle azioni di ripristino dell'habitat 4030.....	3
Introduzione	3
Risultati Monitoraggi	3
Risultati caratterizzazione fitosociologica	3
Risultati caratterizzazione brughiere con indici a scala di popolamento	7
Sito Casacce – Trattamento C1	7
Sito Casacce – Trattamento C2.....	10
Sito Casacce – Trattamento C3.....	13
Sito Cocollo – Trattamento C1	16
Sito Cocollo – Trattamento C3	20
Sito Montrago – Trattamento C3	24
Confronto statistico fra i trattamenti	27
Obiettivi delle analisi	27
Metodi di analisi	27
Statistiche descrittive	27
Analisi multivariata	28
Risultati caratterizzazione brughiere con indici a scala di paesaggio.....	30

Abstract - Deliverable Action D2

The deliverable illustrates short term results in 2019 as regards the effect of treatments (cutting and prescribed burning) on habitat 4030 - European dry heaths to what concerns both ecological and biomass dynamics. Indicators used for the analyses are: species composition, soil cover classes, Erica mean height, tree mean height, tree density and basal area with particular attention to prunus species. Landscape structure analyses were carried out using satellite images (30 square meters resolution) to assess changes in the Normalized Vegetation Index (NDVI) due to treatments implemented in winter-spring 2019. Results confirmed to some extent GRANATHA project hypotheses: Erica stumps are able to resprouts despite aging; in the short-term treatments produce a reduction in tree encroachment indicators; there are some differences among prescribed burning and cutting treatments in terms of soil cover, Erica biomass recovering and tree containment. Statistical tests evidenced some significant differences among treatments. A multivariate analyses showed a strong competition between tree and shrub recovering. Landscape structure analyses evidenced substantial differences in 2019 in comparison with 2017, with a decrease in forest classes towards shrub and herbaceous ones in line with project goals.

Azione D2: Valutazione delle azioni di ripristino dell'habitat 4030

Introduzione

L'obiettivo di questa azione e quello di valutare l'efficacia degli interventi di riqualificazione e gestione delle brughiere, sia in termini produttivi (aumento della biomassa), sia ecologici, con il ripristino della funzionalità ecologica di questi ambienti. In particolare sono stati confrontati i risultati ottenuti dal monitoraggio di diversi indicatori nelle aree sperimentali trattate con diverse tecniche di gestione (taglio e fuoco prescritto).

Risultati Monitoraggi

Caratterizzazione fitosociologica

I 42 rilievi eseguiti nel luglio 2017 sono stati tutti pre-trattamento (Allegato 1). Le specie censite sono state 53. La media di specie censite è stata 6,9 unità (Tabella 1). La specie più significativa per abbondanza (copertura %) e frequenza è Erica arborea, seguono *Brachypodium rupestre*, *Prunus spinosa*, *Festuca inops*, *Cytisus scoparius*, *Rubus canescens*, *Spartium junceum*, *Crataegus monogyna* e *Teucrium chamaedrys* (Allegato 3). Copertura media, esclusa la % di suolo nudo, è % (K) 187. Indice di diversità secondo Shannon (SH) 3,56, Indice di equiripartizione secondo Evenes (J) 0,62, indice di dominanza o di Simpson (D) 0,18, Indice di luminosità (ILLUM) 6,82.

I 36 rilievi eseguiti nel giugno 2018 sono stati ripartiti in 26 plot pre-trattamento e 13 plot post-trattamento di questi 10 a seguito di taglio colturale e 3 di fuoco prescritto. Le specie censite sono state 86. La media di specie censite è stata 7,8 unità (Tabella 1). La specie più significativa per abbondanza (copertura %) e frequenza è Erica arborea, seguono *Brachypodium rupestre*, *Agrostis tenuis*, *Pteridium aquilinum*, *Prunus spinosa*, *Cytisus scoparius*, *Spartium junceum*, *Bromus erectus*, *Rubus canescens* e *Teucrium chamaedrys* (Allegato 3). Copertura media, esclusa la % di suolo nudo, è % (K) 158,6. Indice di diversità secondo Shannon (SH) 4,01, Indice di equiripartizione secondo Evenes (J) 0,62, indice di dominanza o di Simpson (D) 0,16, Indice di luminosità (ILLUM) 6,93.

I 40 rilievi eseguiti nel giugno 2019 sono stati ripartiti in 21 plot pre-trattamento e 19 plot post-trattamento di questi 13 a seguito di taglio colturale e 6 di fuoco prescritto. Le specie censite sono state 76. La media di specie censite è stata 7,0 unità (Tabella 1). La specie più significativa per abbondanza (copertura %) e frequenza è Erica arborea, seguono *Brachypodium rupestre*, roccia o terra nuda, *Pteridium aquilinum*, *Rubus canescens*, *Prunus spinosa*, *Bromus erectus*, *Festuca inops*, *Anthoxantum odoratum* (Allegato 3). Copertura media, esclusa la % di suolo nudo, è % (K) 124,8. Indice di diversità secondo Shannon (SH) 4,03, Indice di equiripartizione secondo Evenes (J) 0,64, indice di dominanza o di Simpson (D) 0,14, Indice di luminosità (ILLUM) 7,26.

I 118 rilievi eseguiti nei tre anni di monitoraggio sono stati anche analizzati in modo univoco in modo da rappresentare, incluse le eventuali sovrapposizioni (al momento poche), un habitat in rapporto dinamico con l'uomo e l'ambiente. Le specie censite sono state 129. La media di specie censite è stata di 7 unità (Tabella 2). La specie più significativa per abbondanza (copertura %) e frequenza è Erica arborea, seguono *Brachypodium rupestre*, roccia o terra nuda, *Pteridium aquilinum*, *Rubus canescens*, *Prunus spinosa*. Copertura media, esclusa la % di suolo nudo, è % (K) 157,3, Indice di diversità secondo Shannon (SH) 4,07, Indice di equiripartizione secondo Evenes (J) 0,58, indice di dominanza o di Simpson (D) 0,16, Indice di luminosità (L) 6,7, indice di temperatura (T) 6,9, indice di umidità (U) 3,6 e indice di reazione (R) 3,7.

La roccia o terra in totale occupa il 5,3% delle aree rilevate ed è già stata decurtata dalla copertura.

Lo spettro biologico complessivo è così costituito:

Camefite (Ch)	7%
Geofite (G)	2%
Emicriptofite (H)	50%
Fanerofite (P)	21%
Terofite (T)	19%

Confrontando i rilievi (7 aree) eseguiti nel 2017 (pre-trattamento) con quelli eseguiti, 2 nel 2018 e 5 nel 2019, nelle stesse aree, sempre in assenza d'intervento, (Tabella 3) si riscontra una diminuzione della copertura e valori pressoché stabili per tutti gli altri parametri e indici. Probabilmente la diminuzione della copertura è dovuta al diverso stato vegetativo delle piante presenti.

Confrontando i rilievi (11 aree) eseguiti nel 2017 (pre-trattamento) con quelli eseguiti nelle stesse aree post-trattamento: 4 nel 2018 e 7 nel 2019 (Tabella 4) a seguito del taglio della brughiera si riscontra: una forte diminuzione della copertura, una maggiore diversità con aumento dell'indice di Shannon ed una forte contrazione di quello di dominanza di Simpson. La cenosi risulta formata da un maggior numero di specie eliofile. Aumentano inoltre il numero di specie sia complessivo che medio per plot rilevato.

Confrontando i rilievi (4 aree) eseguiti nel 2018 post-trattamento con quelli eseguiti nelle stesse aree nel 2019 (Tabella 5) si hanno risultati discordanti sia con i precedenti, che con quelli successivi, probabilmente per la loro esiguità.

Confrontando i rilievi eseguiti nel 2019 sul Cocollo in una fitocenosi sufficientemente uniforme (Tabella 6) e suddivisi in plot non interessati da intervento (4) e plot interessati da fuoco prescritto (6) si osserva una modifica dei valori degli indici e dei parametri simile a quanto osservato dove è stato eseguito l'intervento di taglio della brughiera.

Complessivamente queste brughiere una volta raggiunto un buon grado di maturità sono capaci di assicurare un'ottima copertura del terreno grazie anche ad una significativa stratificazione della componente vegetale. In particolare quando soggetta a rinnovazione, si tratta anche di una cenosi ricca di specie vegetali quindi con un livello alto di biodiversità. La potenzialità di formare cenosi di elevata biodiversità si esprime in particolare quando ne è garantita la presenza su superfici di una certa consistenza. Piccole superfici, in parte paragonabili al singolo rilievo, presentano un numero medio di specie abbastanza contenuto pari a 7 unità.

I valori calcolati per i 4 indici di Elleberg evidenziano una cenosi di ambiente aperto, luminoso, tipico dell'area montana mediterranea o della pianura padana in condizioni edafiche secche ed acide.

Il confronto tra rilievi eseguiti negli stessi plot sia dove non è stato eseguito intervento che dove è stato effettuato il taglio della brughiera ha dato, nonostante l'esiguità delle osservazioni ad oggi raccolte, risultati interessanti ed in gran parte attesi. Altrettanto è avvenuto confrontando i dati raccolti in plot interessati da fuoco con quelli testimone. In caso d'intervento si osserva minore copertura del suolo, aumento della ricchezza floristica, maggiore diversità secondo l'indice di Shannon e diminuzione della dominanza secondo l'indice di Simpson.

Quanto osservato concorre a definire i servizi ecosistemici offerti dall'habitat 4030. Prima di tutto l'indagine svolta fino ad oggi porta a ritenere che l'habitat abbia effettiva funzionalità solo se presente su superfici

significative. In queste condizioni le principali prerogative sono buona la capacità di copertura del suolo, più elevata in assenza di utilizzazioni, e l'elevata ricchezza floristica. Quest'ultima si può tradurre in elevata biodiversità ed è più alta nel caso di cenosi oggetto di periodica trasformazione. Per qualificare o quantificare la resilienza dell'habitat occorrerà valutare ulteriormente, anche grazie ai rilievi previsti nei prossimi due anni con i rilievi, le dinamiche in atto nei soprassuoli oggetto di studio e gestione.

Tabella 1: Valori medi degli indici di diversità nel 2017, 2018 e 2019

Indici medi	2017	2018	2019
Copertura media % = K	187	159	125
SH = di diversità secondo Shannon	3,56	4,01	4,03
J = di equiripartizione	0,62	0,62	0,64
D = di dominanza o di Simpson	0,18	0,16	0,14
ILLUM = Luce	6,83	6,93	7,26
N = Specie	6,90	7,80	7,00

Tabella 2: valori medi dell'habitat 4030 calcolati su 118 rilievi

K = copertura media del terreno	157,3		
SH = di diversità secondo Shannon	4,1		
J = di equiripartizione	0,6		
D = di dominanza o di Simpson	1,2		
L = Luce	6,79		
T = Temperatura	6,9		
U = Umidità	3,6		
R = Reazione	3,7		
Numero di specie complessivo rilevato	129		
Rf = ricchezza floristica	0,008		
Numero medio di specie per rilevamento	7,20		
		n	%
Spettro Biologico	Camefite (Ch)	9	7
	Geofite (G)	3	2
	Emicriptofite (H)	65	50
	Fanerofite (P)	27	21
	Terofite (T)	25	19

Dove:

L= 6,79 in quanto costituito da specie In genere in piena luce, ma spesso anche con luce ridotta;

T = 6,9 perché costituito da specie degli ambienti mediterraneo montani,

U= 3,6 formato principalmente da specie Indicatrici di aridità, più frequenti nei luoghi secchi che in quelli con falda superficiale; assenti da suoli umidi

R = 3,7 formato da specie indicatrici di acidità, vivono su suoli acidi solo sporadicamente si presentano su suoli neutri.

Tabella 3: aree (7) pre-trattamento rilevate nel 2017 confrontare con le stesse non utilizzate e rilevate anni 2018 (2) e 2019 (5).

Parametri e indici	Rilievi 2017	Rilievi 2018-19
Copertura media % = K	204	162
SH = di diversità secondo Shannon	3,50	3,52
J = di equiripartizione	0,71	0,68
D = di dominanza o di Simpson	0,18	0,19
ILLUM = Luce	6,92	7,05
N = Numero medio di specie	29	36
Rf = ricchezza floristica	0,03	0,03
Numero medio specie per rilievo	8,57	8,43

Tabella 4: aree (11) pre-trattamento rilevate nel 2017 confrontare con le stesse post-trattamento e rilevate anni 2018 (4) e 2019 (7).

Parametri e indici	Rilievi 2017	Rilievi 2018-19
Copertura media % = K	165	113
SH = di diversità secondo Shannon	3,05	4,11
J = di equiripartizione	0,67	0,71
D = di dominanza o di Simpson	0,24	0,14
ILLUM = Luce	6,66	8,13
N = Numero di specie	23	53
Rf = ricchezza floristica	0,04	0,02
Numero medio specie per rilievo	6,00	10,64

Tabella 5: aree (4) post-trattamento rilevate nel 2018 confrontare con le stesse rilevate anno 2019 (4).

Parametri e indici	Rilievi 2018	Rilievi 2019
Copertura media % = K	128	134
SH = di diversità secondo Shannon	3,63	2,85
J = di equiripartizione	0,74	0,71
D = di dominanza o di Simpson	0,15	0,21
ILLUM = Luce	7,65	7,12
N = Numero di specie	30	16
Rf = ricchezza floristica	0,03	0,06
Numero medio specie per rilievo	12,25	7,75

Tabella 6: aree (4) prive d'intervento rilevate nel 2019 confrontare con aree limitrofe post fuoco prescritto rilevate lo stesso anno (6).

Parametri e indici	Rilievi (4) 2019	Rilievi (6) 2019
Copertura media % = K	118	91
SH = di diversità secondo Shannon	2,47	2,89
J = di equiripartizione	0,62	0,69
D = di dominanza o di Simpson	0,28	0,20
ILLUM = Luce	6,48	8,13
N = Numero di specie	16	18
Rf = ricchezza floristica	0,06	0,06
Numero medio specie per rilievo	4,75	5,83

Risultati caratterizzazione brughiera con indici a scala di popolamento

Nel presente Deliverable vengono riportati i dati relativi ai monitoraggi effettuati nei diversi siti di intervento di seguito denominati Casacce, Montrago e Cocollo e divisi per tipo di trattamento (C1, C2, C3).

Sito Casacce – Trattamento C1

Per quanto riguarda il trattamento C1 nel sito Casacce a fine estate del 2019 sono state monitorate 7 aree di saggio che sono state interessate dagli interventi di taglio nello stesso anno (Figura 1). I risultati del monitoraggio vengono distinti per la componente arbustiva e la componente arborea (Tabella 1). Per ogni specie della componente arbustiva vengono riportati l'altezza media dei ricacci di erica, il numero di ricacci ad ettaro (densità ricacci) ed il numero medio di ricacci per ceppaia (Tabella 1). Per ogni specie della componente arborea vengono riportati l'altezza e la densità media della rinnovazione agamica da gemma (Tabella 1).

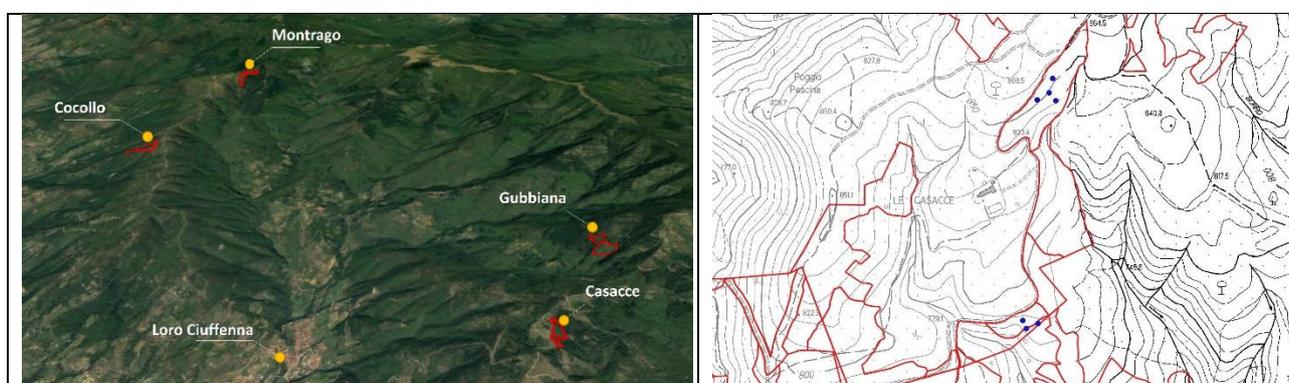


Figura 1 - Localizzazione del sito Casacce e localizzazione aree di saggio (punti blu) nel trattamento C1. In rosso vengono evidenziate le aree di intervento previste dal progetto.

Nella Figura 2 vengono riportate le coperture al suolo delle diverse classi (suolo nudo, pietrosità, necromassa, erbe, felci, erica, ginestra, ulex, alberi) prima e dopo gli interventi mentre nella Figura 3 viene confrontata con un grafico a torta la copertura percentuale prima e dopo l'intervento C1 nelle 7 aree delle Casacce. In Figura 4 vengono confrontate le altezze della componente arborea prima e dopo gli interventi.

Nella Tabella 2 vengono messi a confronto i valori di volume ($m^3 / 1 m^2$) e di fitomassa ($kg / 1 m^2$) dell'erica pre e post intervento.

Tabella 1: caratterizzazione della componente arbustiva all'interno delle singole aree di saggio (altezza media ricacci, densità ad ettaro dei ricacci, densità media dei ricacci per ceppaia) e della rinnovazione da seme (altezza media dei semenzali, densità ad ettaro dei semenzali).

Casacce – Trattamento C1							
Componente arbustiva					Rinnovazione forestale		
Codice area	Specie	Altezza ricacci (cm)	Densità ricacci (n/ha)	Media ricacci a ceppaia (n° /ceppaia)	Codice area	H media rinnovazione (cm)	Densità rinnovazione (n/ha)
Area 1	Erica	28	3057	105	Area 1	22	15796
	Ginestra	0	0	0			
	Ulex	0	0	0			
Area 2	Erica	37	5573	44	Area 2	12	12484
	Ginestra	44	2229	13			
	Ulex	0	0	0			
Area 3	Erica	37	7803	64	Area 3	35	18280
	Ginestra	70	1338	135			
	Ulex	0	0	0			
Area 10	Erica	58	5096	67	Area 10	53	65223
	Ginestra	0	0	0			
	Ulex	0	0	0			
Area 12	Erica	41	7134	63	Area 12	59	3057
	Ginestra	67	382	7			
	Ulex	0	0	0			
Area 13	Erica	47	7516	62	Area 13	41	17197
	Ginestra	79	892	10			
	Ulex	0	0	0			
Area 14	Erica	53	5605	54	Area 14	30	892
	Ginestra	90	637	13			
	Ulex	0	0	0			

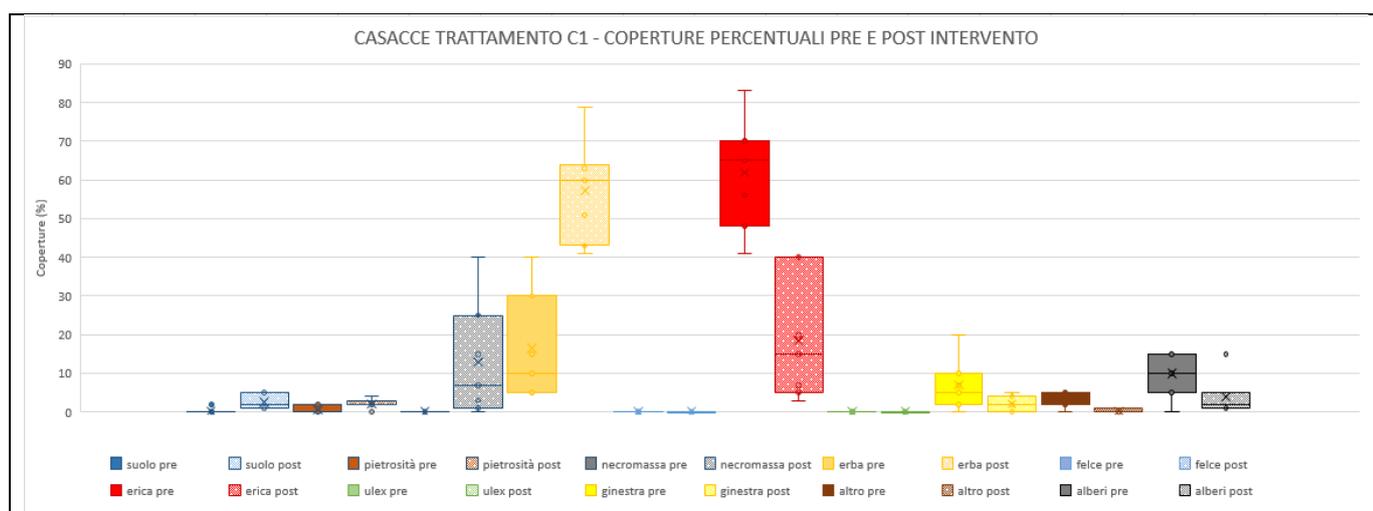


Figura 2: grafici box plot che mostrano la distribuzione delle componenti della copertura nelle aree di saggio rilevate (valore minimo, 1° quartile, mediana, 3° quartile, massimo) nelle situazioni di pre- e post intervento

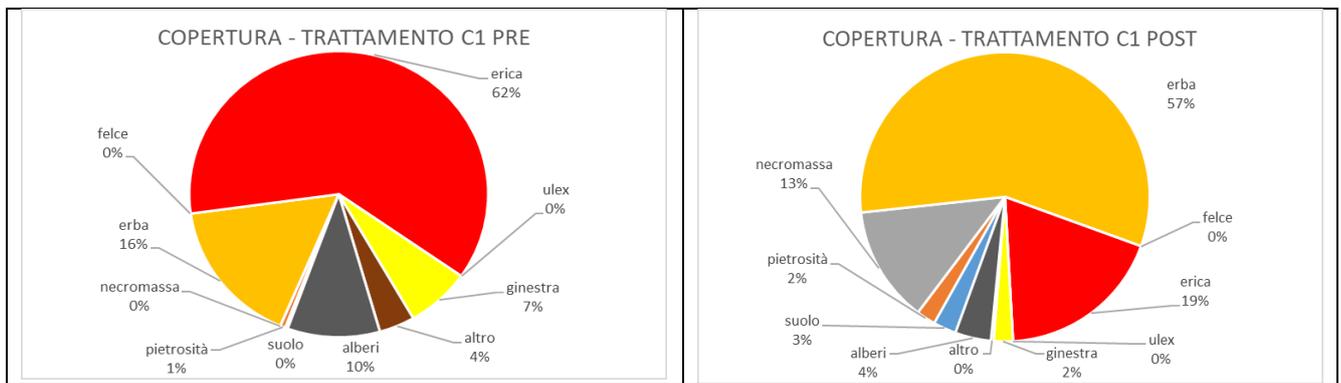


Figura 3: grafico a torta che mostra la composizione percentuale della copertura nella situazione di pre- e post intervento

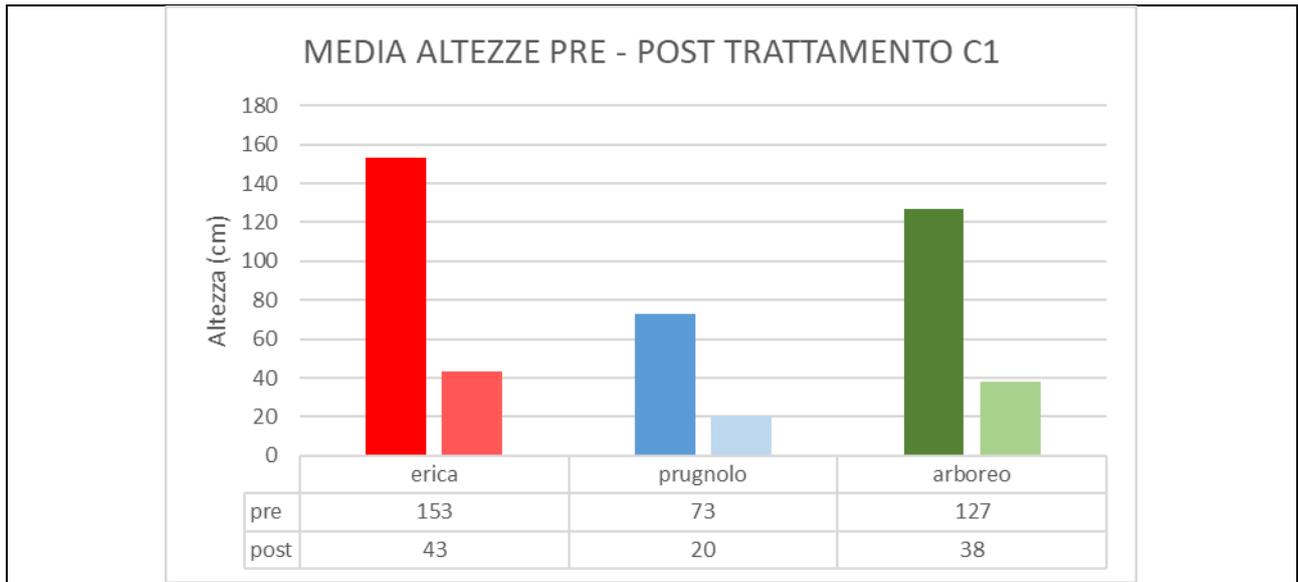


Figura 4: altezza media della componente arbustiva “erica” e della componente arborea “prugnolo” e “arborea” (altre conifere e latifoglie) nella situazione di pre- e post trattamento

Tabella 2: valori di volume e fitomassa dell'erica pre e post intervento nelle aree di saggio

Casacce - Trattamento C1				
ID Area	Volume erica (m ³ / 1 m ²)		Fitomassa erica (kg / 1 m ²)	
	pre	post	pre	post
Area 1	0,50	0,01	1,59	0,05
Area 2	0,71	0,02	2,10	0,12
Area 3	0,58	0,01	1,79	0,09
Area 10	0,84	0,06	2,40	0,31
Area 12	0,58	0,11	1,80	0,51
Area 13	0,93	0,13	2,59	0,57
Area 14	0,45	0,07	1,48	0,36
media	0,66	0,06	1,96	0,29
min	0,45	0,01	1,48	0,05
max	0,93	0,13	2,59	0,57

Sito Casacce – Trattamento C2

Per quanto riguarda il trattamento C2 nel sito Casacce a fine estate del 2019 sono state monitorate 17 aree di saggio che sono state interessate dagli interventi di taglio nello stesso anno (Figura 5). I risultati del monitoraggio vengono distinti per la componente arbustiva e la componente arborea (Tabella 3). Per ogni specie della componente arbustiva vengono riportati l'altezza media dei ricacci di erica, il numero di ricacci ad ettaro (densità ricacci) ed il numero medio di ricacci per ceppaia (Tabella 3). Per ogni specie della componente arborea vengono riportati l'altezza e la densità media della rinnovazione agamica da gemma (Tabella 3).

Nella Figura 6 vengono riportate le coperture al suolo delle diverse classi (suolo nudo, pietrosità, necromassa, erbe, felci, erica, ginestra, ulex, alberi) prima e dopo gli interventi mentre nella Figura 7 viene confrontata con un grafico a torta la copertura percentuale prima e dopo l'intervento C1 nelle 17 aree delle Casacce. In Figura 8 vengono confrontate le altezze della componente arborea prima e dopo gli interventi.

Nella Tabella 4 vengono messi a confronto i valori di volume ($m^3 / 1 m^2$) e di fitomassa ($kg / 1 m^2$) dell'erica pre e post intervento.

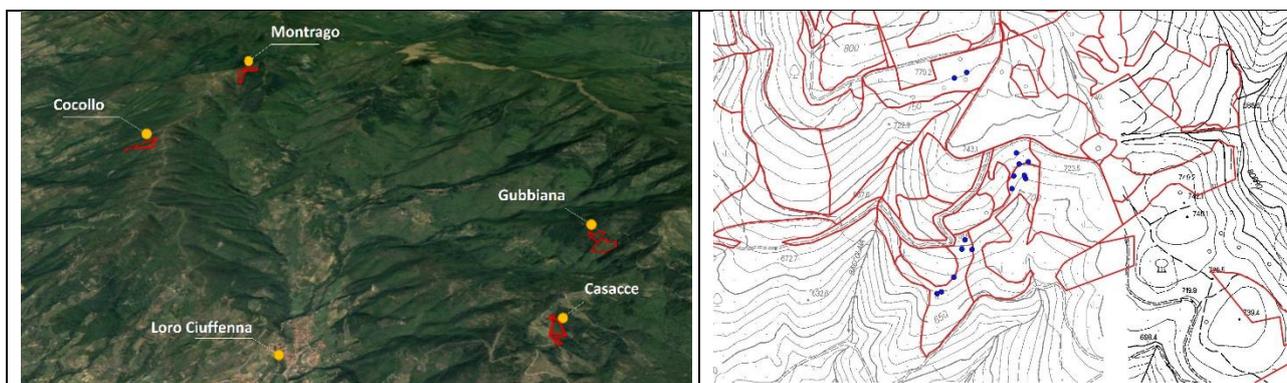


Figura 5: localizzazione sito Casacce e localizzazione aree di saggio nel trattamento C2

Tabella 3: caratterizzazione della componente arbustiva principale all'interno delle singole aree di saggio (altezza media ricacci, densità ad ettaro dei ricacci, densità media dei ricacci per ceppaia) e della rinnovazione da seme (altezza media dei semenzali, densità ad ettaro dei semenzali)

Casacce - Trattamento C2							
Componente arbustiva					Rinnovazione Forestale		
Codice area	Specie	H media ricacci (cm)	densità ceppaie (n/ha)	Media ricacci a ceppaia (n°polloni/ceppaia)	Codice area	H media rinnovazione (cm)	Densità rinnovazione (n/ha)
Area 1	erica	30	7006	86	Area 1	28	12102
	ginestra	56	1274	74			
	Ulex	0	0	0			
Area 2	erica	23	35669	65	Area 2	22	21019
	ginestra	0	0	0			
	Ulex	0	0	0			
Area 3	erica	20	7389	32	Area 3	10	764
	ginestra	0	0	0			
	Ulex	0	0	0			

Area 4	erica	38	7134	65	Area 4	28	15541
	ginestra	0	0	0			
	Ulex	0	0	0			
Area 5	erica	27	7643	58	Area 5	26	43694
	ginestra	73	764	25			
	Ulex	0	0	0			
Area 6	erica	29	2548	67	Area 6	34	40255
	ginestra	50	764	7			
	Ulex	0	0	0			
Area 7	erica	27	6624	44	Area 7	31	42803
	ginestra	45	510	8			
	Ulex	0	0	0			
Area 11	erica	27	9809	49	Area 11	26	27771
	ginestra	67	764	75			
	Ulex	0	0	0			
Area 12	erica	31	5350	92	Area 12	25	21656
	ginestra	40	510	30			
	Ulex	0	0	0			
Area 14	erica	25	7516	34	Area 14	19	19618
	ginestra	40	255	6			
	Ulex	0	0	0			
Area 15	erica	29	2803	75	Area 15	34	4331
	ginestra	73	1019	63			
	Ulex	0	0	0			
Area 16	erica	29	4586	46	Area 16	28	14777
	ginestra	45	1019	7			
	Ulex	0	0	0			
Area 17	erica	30	8408	52	Area 17	19	56306
	ginestra	80	510	50			
	Ulex	0	0	0			
Area C1_1	erica	28	9682	38	Area C1_1	32	38217
	ginestra	0	0	0			
	Ulex	0	0	0			
Area C1_2	erica	31	9427	58	Area C2_2	31	20637
	ginestra	0	0	0			
	Ulex	0	0	0			

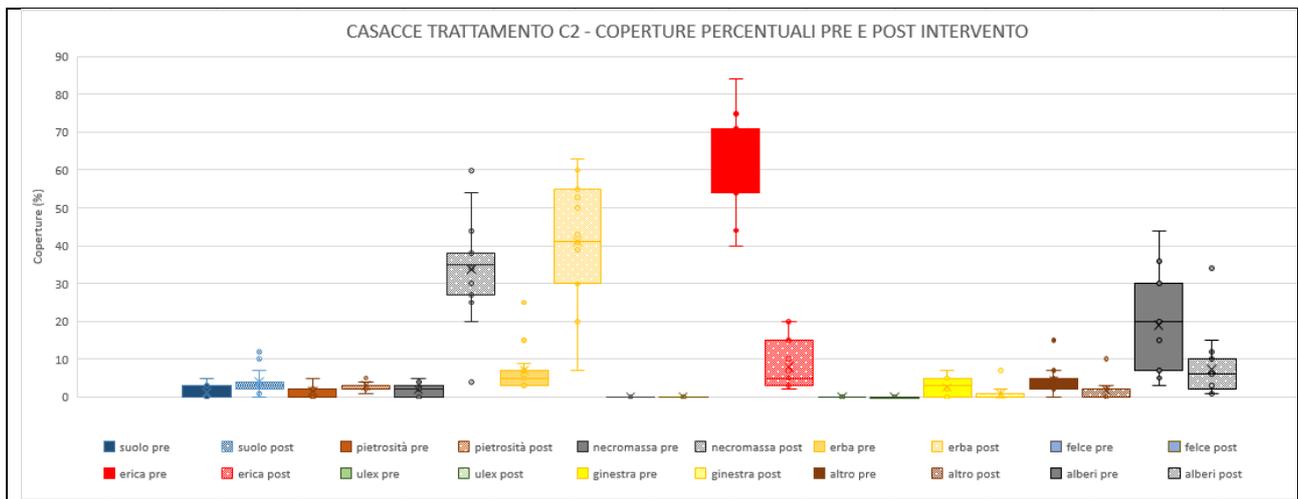


Figura 6: grafico box plot che mostrano la distribuzione delle componenti della copertura nelle aree di saggio rilevate (valore minimo, 1° quartile, mediana, 3° quartile, massimo) nelle situazioni di pre e post intervento

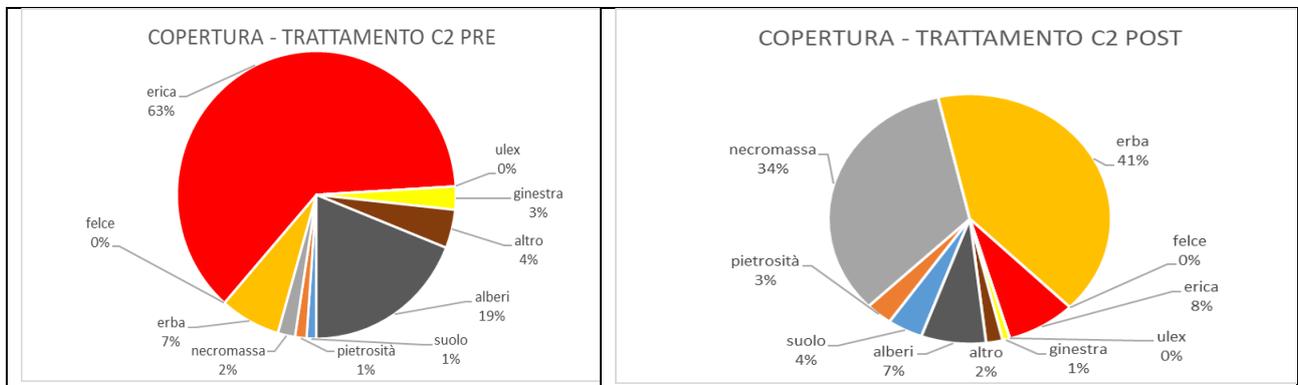


Figura 7: grafico a torta che mostra la composizione percentuale della copertura nella situazione di pre e post intervento

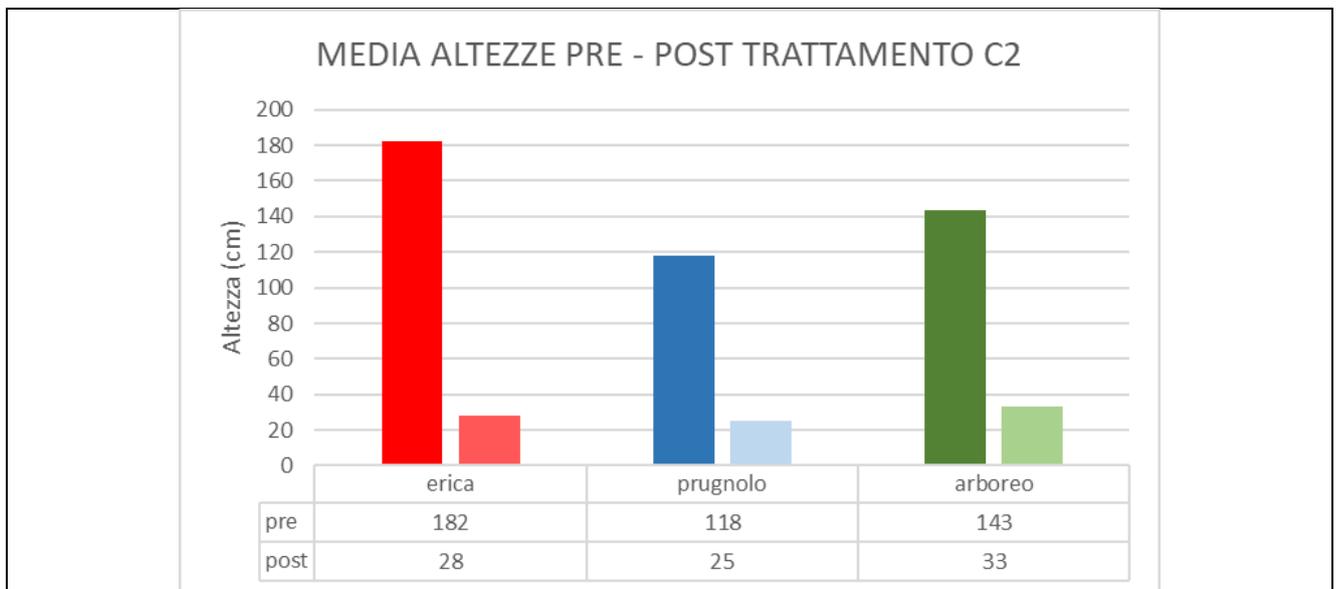


Figura 8: altezza media della componente arbustiva "erica" e della componente arborea "prugnolo" e "arborea" (altre conifere e latifoglie) nella situazione di pre e post trattamento

Tabella 4: valori di volume e fitomassa dell'erica nelle aree di saggio

Casacce - Trattamento C2				
ID Area	Volume erica (m³ / 1 m²)		Fitomassa erica (kg / 1 m²)	
	pre	post	pre	post
Area 1	0,70	0,01	2,08	0,10
Area 2	1,11	0,00	2,98	0,04
Area 3	0,78	0,00	2,26	0,04
Area 4	1,08	0,04	2,91	0,22
Area 5	0,83	0,01	2,37	0,05
Area 6	0,59	0,00	1,82	0,04
Area 7	0,52	0,01	1,64	0,05
Area 11	0,75	0,04	2,18	0,22
Area 12	0,86	0,02	2,44	0,14
Area 14	0,72	0,04	2,12	0,20
Area 15	0,64	0,01	1,94	0,08
Area 16	0,90	0,01	2,53	0,08
Area 17	0,82	0,01	2,36	0,07
Area C1_1	0,73	0,01	2,15	0,06
Area C1_2	0,89	0,03	2,51	0,19
media	0,80	0,02	2,28	0,11
min	0,52	0,00	1,64	0,04
max	1,11	0,04	2,98	0,22

Sito Casacce – Trattamento C3

Per quanto riguarda il trattamento C3 nel sito Casacce a fine estate del 2019 sono state monitorate 3 aree di saggio che sono state interessate dagli interventi di fuoco prescritto nello stesso anno (Figura 9). I risultati del monitoraggio vengono distinti per la componente arbustiva e la componente arborea (Tabella 5). Per ogni specie della componente arbustiva vengono riportati l'altezza media dei ricacci di erica, il numero di ricacci ad ettaro (densità ricacci) ed il numero medio di ricacci per ceppaia (Tabella 5). Per ogni specie della componente arborea vengono riportati l'altezza e la densità media della rinnovazione agamica da gemma (Tabella 5).

Nella Figura 10 vengono riportate le coperture al suolo delle diverse classi (suolo nudo, pietrosità, necromassa, erbe, felci, erica, ginestra, ulex, alberi) prima e dopo gli interventi mentre nella Figura 11 viene confrontata con un grafico a torta la copertura percentuale prima e dopo l'intervento C3 nelle 3 aree delle Casacce. In Figura 12 vengono confrontate le altezze della componente arborea prima e dopo gli interventi.

Nella Tabella 6 vengono messi a confronto i valori di volume (m³ / 1 m²) e di fitomassa (kg / 1 m²) dell'erica pre e post intervento.

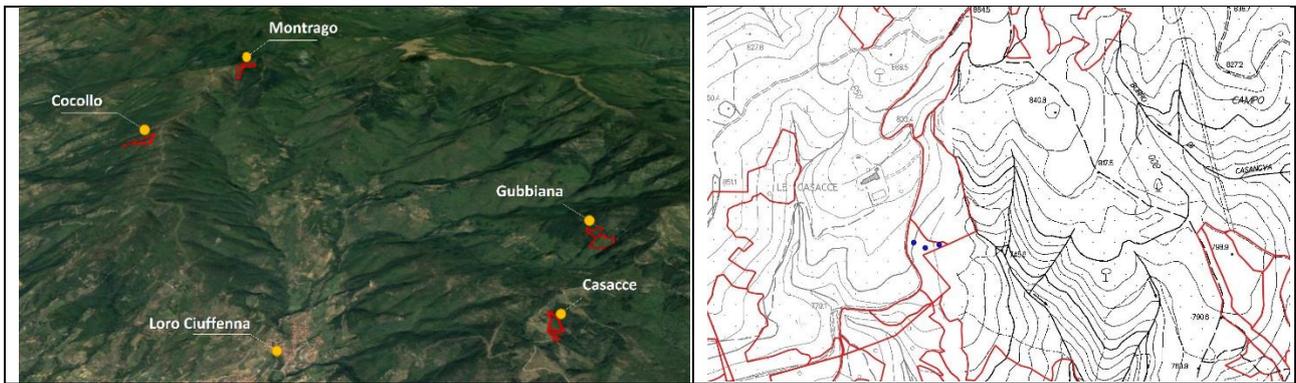


Figura 9: localizzazione sito Casacce e localizzazione aree di saggio nel trattamento C3

Tabella 5: caratterizzazione della componente arbustiva principale all'interno delle singole aree di saggio (altezza media ricacci, densità ad ettaro dei ricacci, densità media dei ricacci per ceppaia) e della rinnovazione da seme (altezza media dei semenzali, densità ad ettaro dei semenzali)

Casacce – Trattamento C3							
Componente arbustiva					Rinnovazione forestale		
Codice area	Specie	H media ricacci (cm)	densità ha ricacci (n/ha)	Media ricacci a ceppaia (n°polloni/ceppaia)	Codice area	H media rinnovazione (cm)	Densità rinnovazione (n/ha)
Area NEW 1	Erica	38	7040	93	Area NEW 1	23	2803
	Ginestra	0	0	0			
	Ulex	0	0	0			
Area NEW 2	Erica	41	5230	69	Area NEW 2	0	0
	Ginestra	0	0	0			
	Ulex	0	0	0			
Area NEW 3	Erica	39	2600	25	Area NEW 3	30	3567
	Ginestra	0	0	0			
	Ulex	0	0	0			

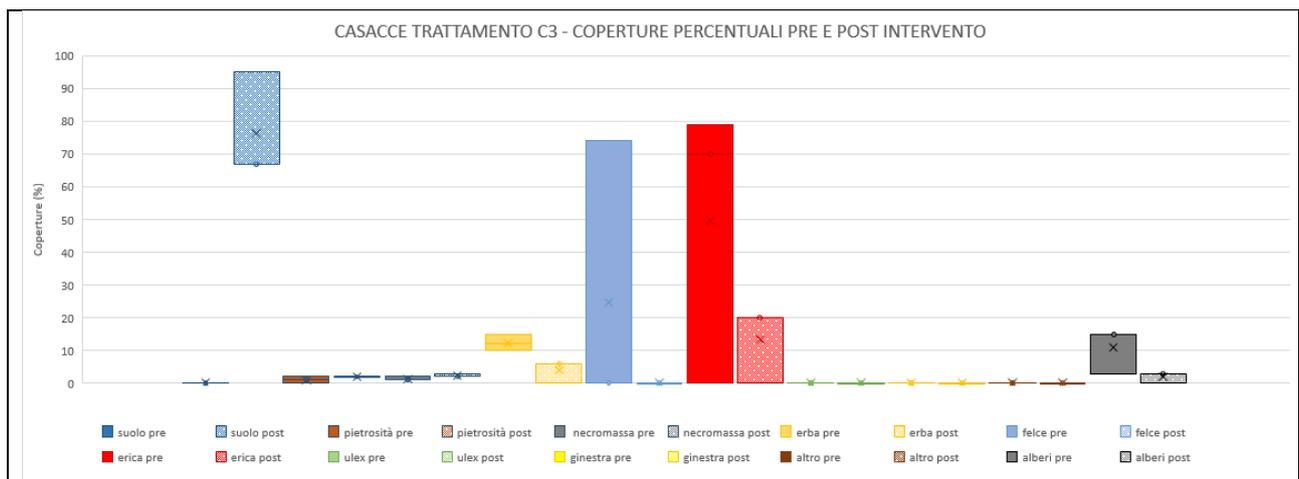


Figura 10: grafico box plot che mostrano la distribuzione delle componenti della copertura nelle aree di saggio rilevate (valore minimo, 1° quartile, mediana, 3° quartile, massimo) nelle situazioni di pre e post intervento.

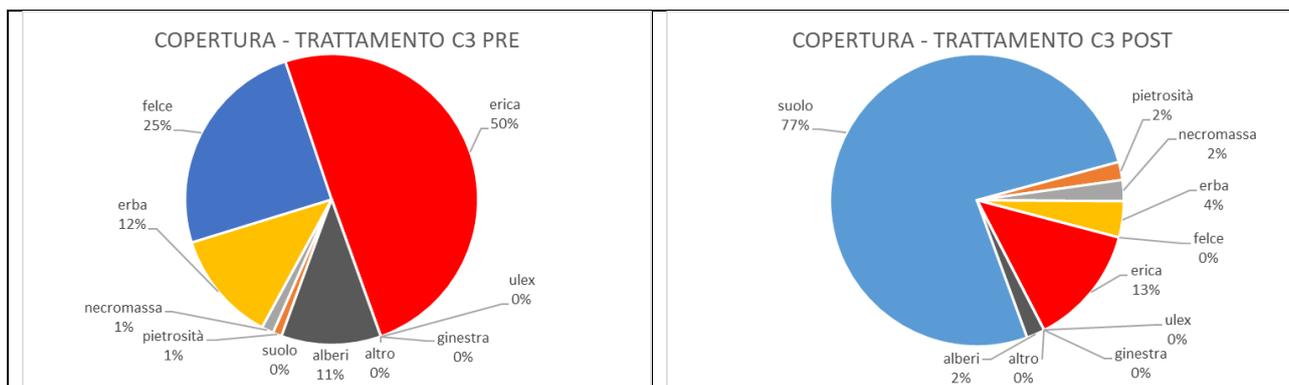


Figura 11: altezza media della componente arbustiva "erica" e della componente arborea "prugnolo" e "arborea" (altre conifere e latifoglie) nella situazione di pre e post trattamento

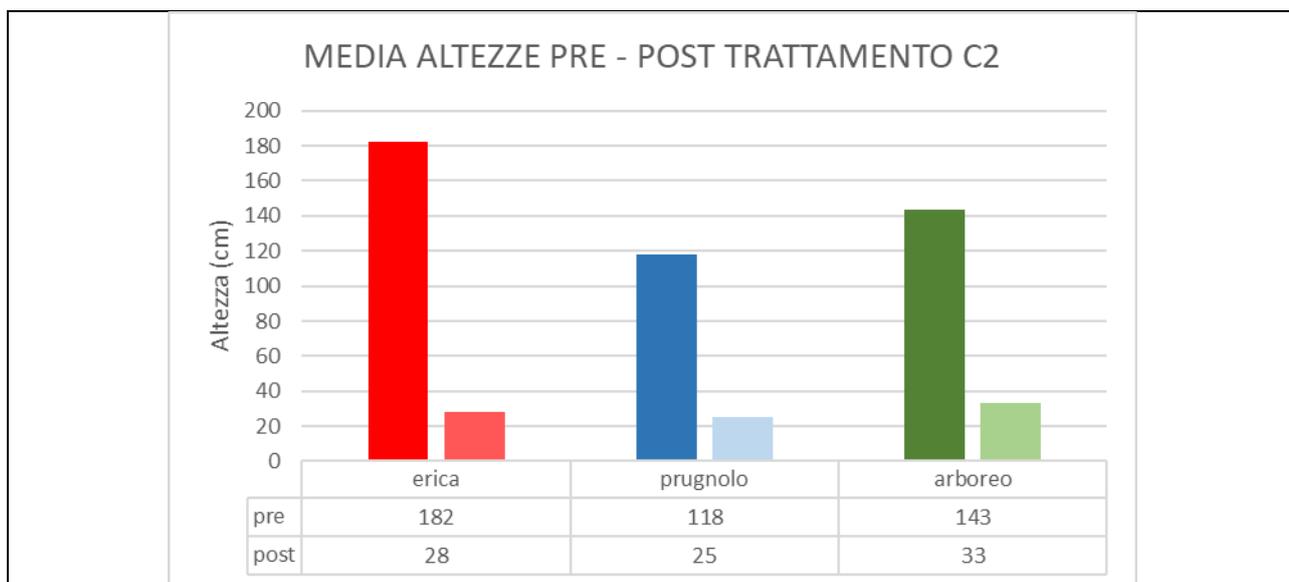


Figura 12 grafico a torta che mostra la composizione percentuale della copertura nella situazione di pre e post intervento

Tabella 6: valori di volume e fitomassa dell'erica nelle aree di saggio

Casacce - Trattamento C3				
ID Area	Volume erica (m ³ / 1 m ²)		Fitomassa erica (kg / 1 m ²)	
	pre	post	pre	post
Area NEW 1	0,41	0,13	1,37	0,56
Area NEW 2	0,38	0,16	1,30	0,65
Area NEW 3	0,36	0,05	1,25	0,29
media	0,39	0,11	1,30	0,50
min	0,36	0,05	1,25	0,29
max	0,41	0,16	1,37	0,65

Sito Cocollo – Trattamento C1

Per quanto riguarda il trattamento C1 nel sito Cocollo, a fine estate del 2019 sono state monitorate 10 aree di saggio che sono state interessate dagli interventi di taglio nello stesso anno (Figura 13). I risultati del monitoraggio vengono distinti per la componente arbustiva e la componente arborea (Tabella 7). Per ogni specie della componente arbustiva vengono riportati l'altezza media dei ricacci di erica, il numero di ricacci ad ettaro (densità ricacci) ed il numero medio di ricacci per ceppaia (Tabella 7). Per ogni specie della componente arborea vengono riportati l'altezza e la densità media della rinnovazione agamica da gemma (Tabella 7).

Nella Figura 14 vengono riportate le coperture al suolo delle diverse classi (suolo nudo, pietrosità, necromassa, erbe, felci, erica, ginestra, ulex, alberi) prima e dopo gli interventi mentre nella Figura 15 viene confrontata con un grafico a torta la copertura percentuale prima e dopo l'intervento C1 nelle 10 aree del Cocollo. In Figura 16 vengono confrontate le altezze della componente arborea prima e dopo gli interventi.

Nella Tabella 8 vengono messi a confronto i valori di volume ($m^3 / 1 m^2$) e di fitomassa ($kg / 1 m^2$) dell'erica pre e post intervento.

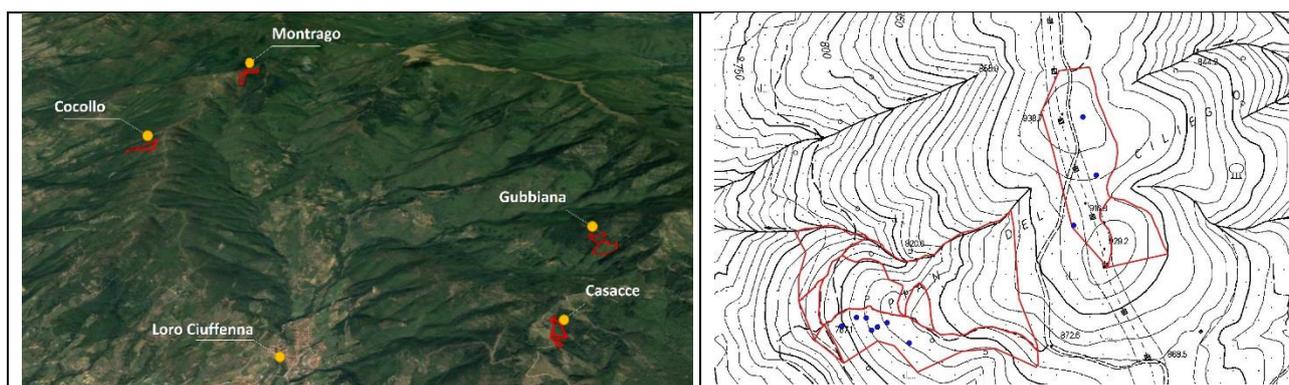


Figura 13: localizzazione sito Cocollo e localizzazione aree di saggio nel trattamento C1

Tabella 7: caratterizzazione della componente arbustiva principale all'interno delle singole aree di saggio (altezza media ricacci, densità ad ettaro dei ricacci, densità media dei ricacci per ceppaia) e della rinnovazione da seme (altezza media dei semenzali, densità ad ettaro dei semenzali).

Cocollo – Trattamento C1							
Componente arbustiva					Rinnovazione		
Codice area	Specie	H media ricacci (cm)	densità ha ricacci (n/ha)	Media ricacci a ceppaia (n° polloni/ceppaia)	Codice area	H media rinnovazione (cm)	Densità rinnovazione (n/ha)
Area 1	Erica	31	4459	72	Area 1	0	0
	Ginestra	0	0	0			
	Ulex	0	0	0			
Area 2	Erica	28	6879	67	Area 2	48	3312
	Ginestra	0	0	0			
	Ulex	0	0	0			
Area 3	Erica	30	5987	86	Area 3	45	14140
	Ginestra	0	0	0			
	Ulex	0	0	0			
Area 4	Erica	31	21019	47	Area 4	35	5478
	Ginestra	0	0	0			
	Ulex	0	0	0			
Area 5	Erica	15	42038	41	Area 5	48	7643
	Ginestra	0	0	0			
	Ulex	0	0	0			
Area 6	Erica	28	1911	28	Area 6	36	29809
	Ginestra	0	0	0			
	Ulex	0	0	0			
Area 7	Erica	30	3185	85	Area 7	25	8662
	Ginestra	0	0	0			
	Ulex	30	255	20			
Area 1886	erica	26	4713	75	Area 1886	290	14522
	ginestra	0	0	0			
	Ulex	0	0	0			
Area 1898	erica	0	0	0	Area 1898	42	237500
	ginestra	0	0	0			
	Ulex	0	0	0			
Area 9C	erica	19	5223	45	Area 9C	30	1146
	ginestra	0	0	0			
	Ulex	0	0	0			

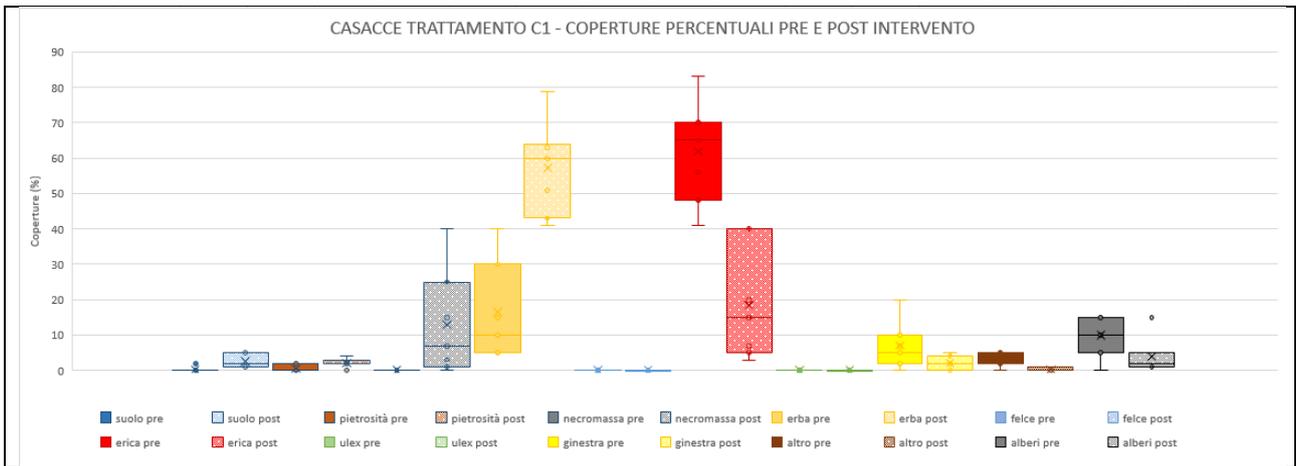


Figura 14: grafico box plot che mostrano la distribuzione delle componenti della copertura nelle aree di saggio rilevate (valore minimo, 1° quartile, mediana, 3° quartile, massimo) nelle situazioni di pre e post intervento

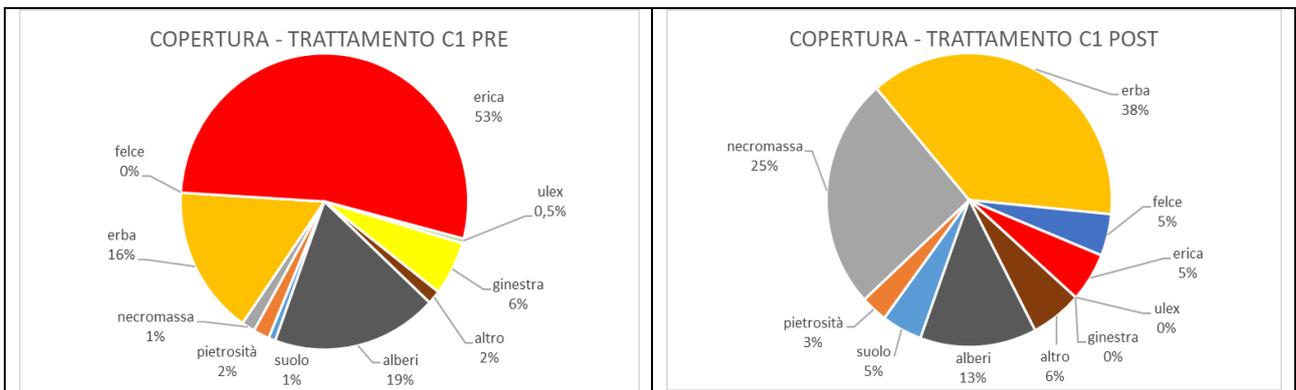


Figura 15: grafico a torta che mostra la composizione percentuale della copertura nella situazione di pre e post intervento

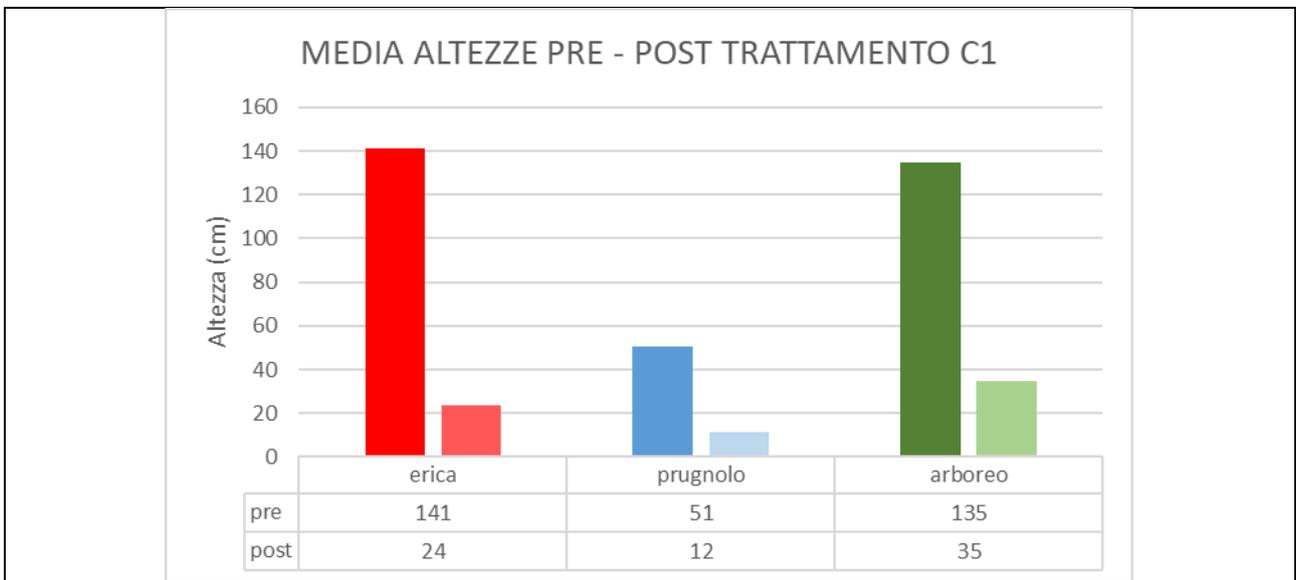


Figura 16: altezza media della componente arbustiva "erica" e della componente arborea "prugnolo" e "arborea" (altre conifere e latifoglie) nella situazione di pre e post trattamento

Tabella 8: valori di volume e fitomassa dell'erica nelle aree di saggio

Cocollo - Trattamento C1				
ID Area	Volume erica (m³ / 1 m²)		Fitomassa erica (kg / 1 m²)	
	pre	post	pre	post
Area NEW 1	0,36	0,01	1,23	0,07
Area NEW 2	0,76	0,01	2,20	0,08
Area NEW 3	0,93	0,01	2,60	0,09
Area NEW 4	1,00	0,02	2,74	0,13
Area NEW 5	1,15	0,01	3,06	0,07
Area NEW 6	1,19	0,00	3,12	0,02
Area NEW 7	0,52	0,01	1,64	0,05
Area 1886	0,29	0,03	1,06	0,17
Area 1898	0,00	0,00	0,00	0,00
Area 9C	0,43	0,00	1,43	0,04
media	0,66	0,01	1,91	0,07
min	0,00	0,00	0,00	0,00
max	1,19	0,03	3,12	0,17

Sito Cocollo – Trattamento C3

Per quanto riguarda il trattamento C3 nel sito Cocollo, a fine estate del 2019 sono state monitorate 9 aree di saggio che sono state interessate dagli interventi di fuoco prescritto nello stesso anno (Figura 17). I risultati del monitoraggio vengono distinti per la componente arbustiva e la componente arborea (Tabella 9). Per ogni specie della componente arbustiva vengono riportati l'altezza media dei ricacci di erica, il numero di ricacci ad ettaro (densità ricacci) ed il numero medio di ricacci per ceppaia (Tabella 9). Per ogni specie della componente arborea vengono riportati l'altezza e la densità media della rinnovazione agamica da gemma (Tabella 9).

Nella Figura 18 vengono riportate le coperture al suolo delle diverse classi (suolo nudo, pietrosità, necromassa, erbe, felci, erica, ginestra, ulex, alberi) prima e dopo gli interventi mentre nella Figura 19 viene confrontata con un grafico a torta la copertura percentuale prima e dopo l'intervento C3 nelle 9 aree del Cocollo. In Figura 20 vengono confrontate le altezze della componente arborea prima e dopo gli interventi.

Nella Tabella 10 vengono messi a confronto i valori di volume ($m^3 / 1 m^2$) e di fitomassa ($kg / 1 m^2$) dell'erica pre e post intervento.

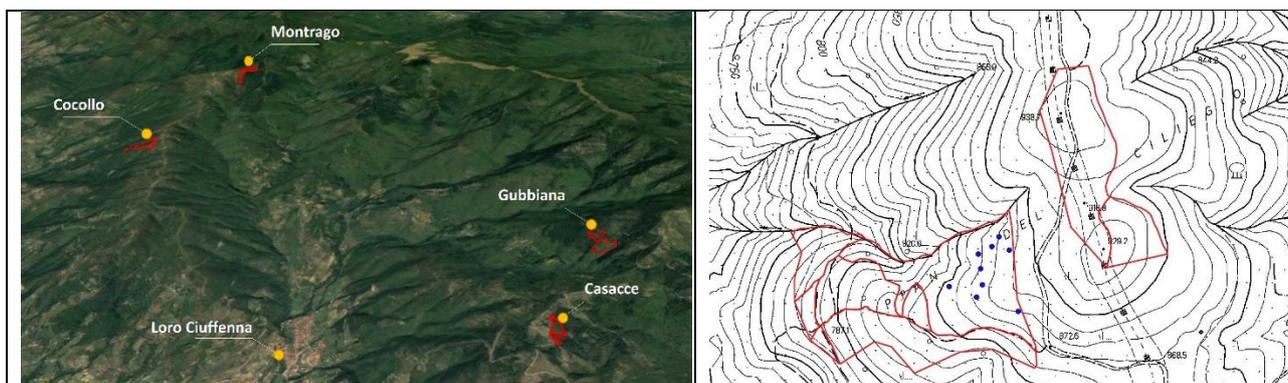


Figura 17: localizzazione sito Cocollo e localizzazione aree di saggio nel trattamento C3

Tabella 9: caratterizzazione della componente arbustiva principale all'interno delle singole aree di saggio (altezza media ricacci, densità ad ettaro dei ricacci, densità media dei ricacci per ceppaia) e della rinnovazione da seme (altezza media dei semenzali, densità ad ettaro dei semenzali).

Cocollo – Trattamento C3							
Componente arbustiva					Rinnovazione forestale		
Codice area	Specie	H media ricacci (cm)	densità ha ricacci (n/ha)	Media ricacci a ceppaia (n°polloni/ceppaia)	Codice area	H media rinnovazione (cm)	Densità rinnovazione (n/ha)
Area 5	Erica	36	3439	135	Area 5	47	1911
	Ginestra	0	0	0			
	Ulex	46	1783	27			
Area 6	Erica	43	3567	78	Area 6	60	7898
	Ginestra	0	0	0			
	Ulex	0	0	0			
Area 7	Erica	43	4331	73	Area 7	44	6624
	Ginestra	0	0	0			
	Ulex	29	892	26			
Area 8	Erica	0	0	0	Area 8	61	17834
	Ginestra	0	0	0			
	Ulex	40	764	15			
Area 9	Erica	0	0	0	Area 9	56	637
	Ginestra	0	0	0			
	Ulex	34	4968	20			
Area 10	Erica	0	0	0	Area 10	93	1019
	Ginestra	0	0	0			
	Ulex	37	6497	22			
Area 12	Erica	39	3185	88	Area 12	0	0
	Ginestra	0	0	0			
	Ulex	34	2420	26			
Area 13	Erica	0	0	0	Area 13	0	0
	Ginestra	0	0	0			
	Ulex	51	6624	44			
Area 14	Erica	0	0	0	Area 14	57	2293
	Ginestra	0	0	0			
	Ulex	33	3567	35			

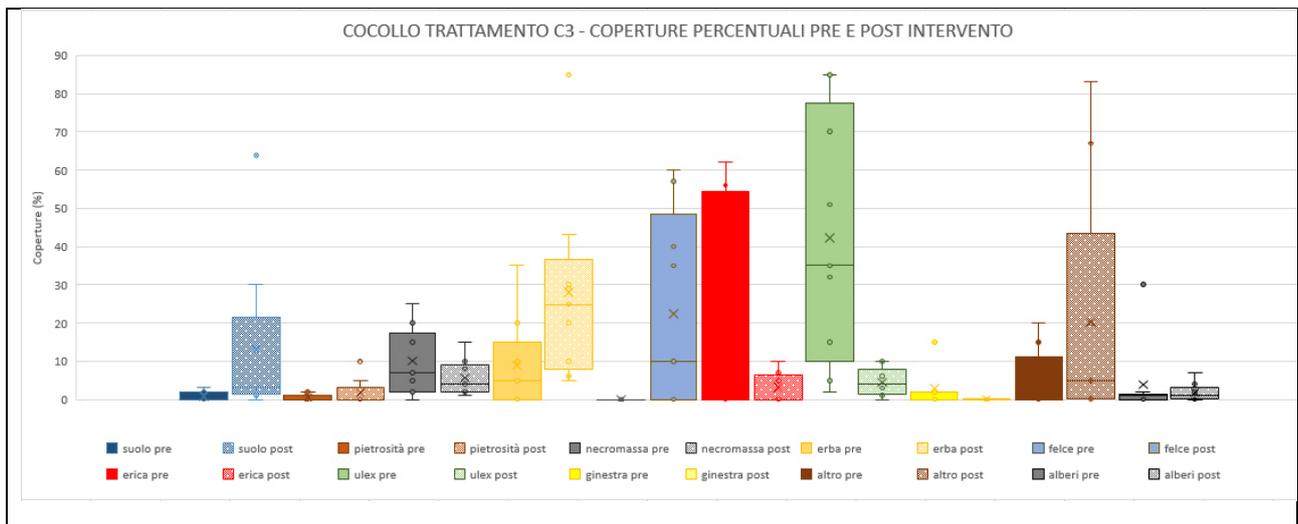


Figura 18: grafico box plot che mostrano la distribuzione delle componenti della copertura nelle aree di saggio rilevate (valore minimo, 1° quartile, mediana, 3° quartile, massimo) nelle situazioni di pre e post intervento

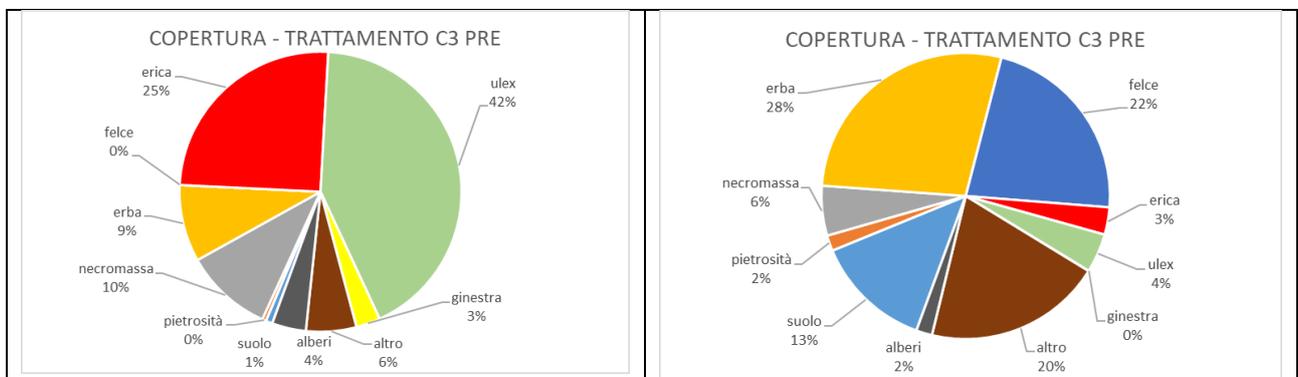


Figura 19 grafico a torta che mostra la composizione percentuale della copertura nella situazione di pre e post intervento

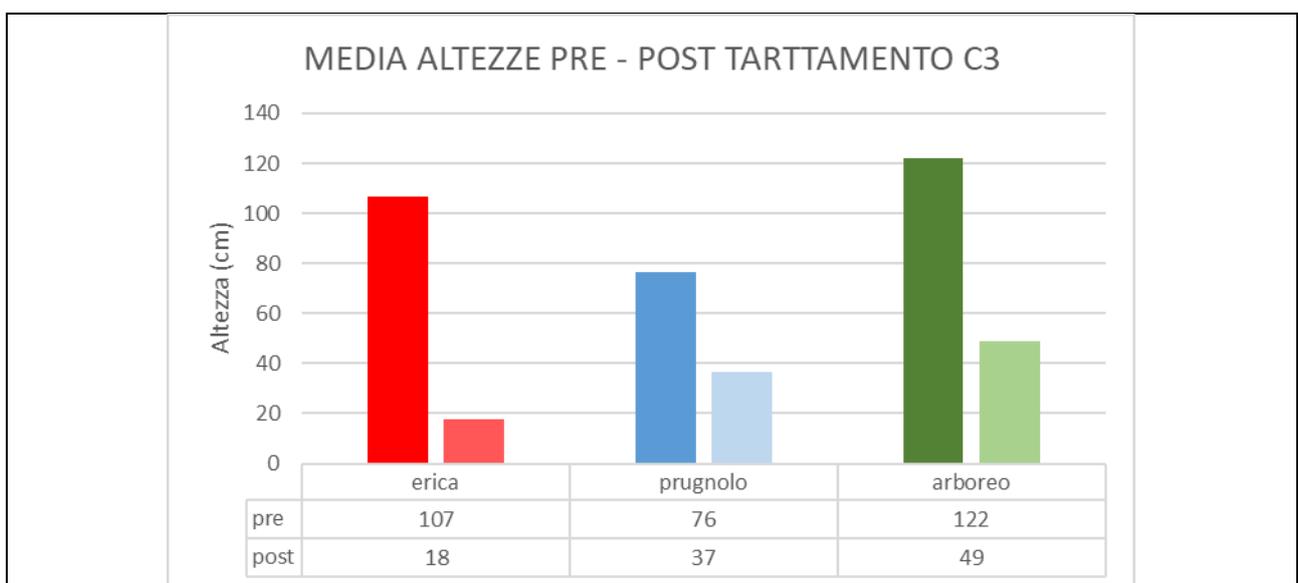


Figura 20: altezza media della componente arbustiva "erica" e della componente arborea "prugnolo" e "arborea" (altre conifere e latifoglie) nella situazione di pre e post trattamento

Tabella 10: valori di volume e fitomassa dell'erica nelle aree di saggio

Cocollo - Trattamento C3				
ID Area	Volume erica (m³ / 1 m²)		Fitomassa erica (kg / 1 m²)	
	pre	post	pre	post
Area 5	0,81	0,02	2,32	0,12
Area 6	0,69	0,02	2,05	0,12
Area 7	0,93	0,03	2,58	0,18
Area 8	0,02	0,00	0,15	0,00
Area 9	0,00	0,00	0,00	0,00
Area 10	0,00	0,00	0,00	0,00
Area 12	0,69	0,01	2,05	0,10
Area 13	0,00	0,00	0,00	0,00
Area 14	0,00	0,00	0,00	0,00
media	0,35	0,01	1,02	0,06
min	0,00	0,00	0,00	0,00
max	0,93	0,03	2,58	0,18

Sito Montrago – Trattamento C3

Per quanto riguarda il trattamento C3 nel sito Montrago, a fine estate del 2019 sono state monitorate 4 aree di saggio che sono state interessate dagli interventi di fuoco prescritto nel marzo 2018 (Figura 21). I risultati del monitoraggio vengono distinti per la componente arbustiva e la componente arborea (Tabella 11). Per ogni specie della componente arbustiva vengono riportati l'altezza media dei ricacci di erica, il numero di ricacci ad ettaro (densità ricacci) ed il numero medio di ricacci per ceppaia (Tabella 11). Per ogni specie della componente arborea vengono riportati l'altezza e la densità media della rinnovazione agamica da gemma (Tabella 11).

Nella Figura 22 vengono riportate le coperture al suolo delle diverse classi (suolo nudo, pietrosità, necromassa, erbe, felci, erica, ginestra, ulex, alberi) prima e dopo gli interventi mentre nella Figura 23 viene confrontata con un grafico a torta la copertura percentuale prima e dopo l'intervento C3 nelle 4 aree del Montrago. In Figura 24 vengono confrontate le altezze della componente arborea prima e dopo gli interventi.

Nella Tabella 12 vengono messi a confronto i valori di volume ($m^3 / 1 m^2$) e di fitomassa ($kg / 1 m^2$) dell'erica pre e post intervento.

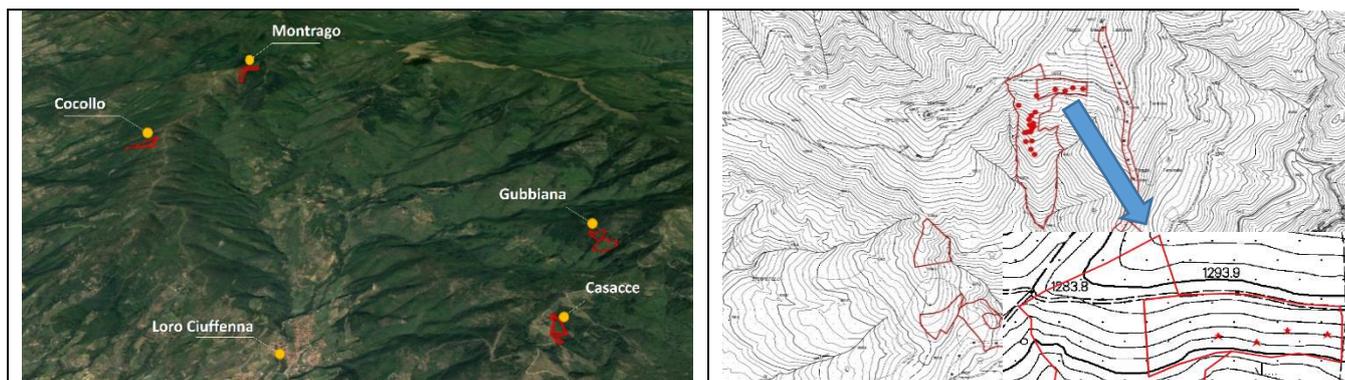


Figura 21: localizzazione sito Montrago e localizzazione aree di saggio nel trattamento C3

Tabella 11: caratterizzazione della componente arbustiva principale all'interno delle singole aree di saggio (altezza media ricacci, densità ad ettaro dei ricacci, densità media dei ricacci per ceppaia) e della rinnovazione da seme (altezza media dei semenzali, densità ad ettaro dei semenzali)

Mondrago – Trattamento C3							
Componente arbustiva					Rinnovazione forestale		
Codice area	Specie	H medi a ricacci (cm)	densità ha ricacci (n/ha)	Media ricacci a ceppaia (n° polloni/ceppaia)	Codice area	H media rinnovazione (cm)	Densità Rinnovazione (n/ha)
Area 1	Erica	25	127	60	Area 1	0	0
	Ginestr a	0	0	0			
	Ulex	0	0	0			
Area 2	Erica	0	0	0	Area 2	0	0
	Ginestr a	0	0	0			
	Ulex	0	0	0			
Area 3	Erica	0	0	0	Area 3	38	2038
	Ginestr a	0	0	0			
	Ulex	0	0	0			
Area 4	Erica	0	0	0	Area 4	20	637
	Ginestr a	0	0	0			
	Ulex	0	0	0			

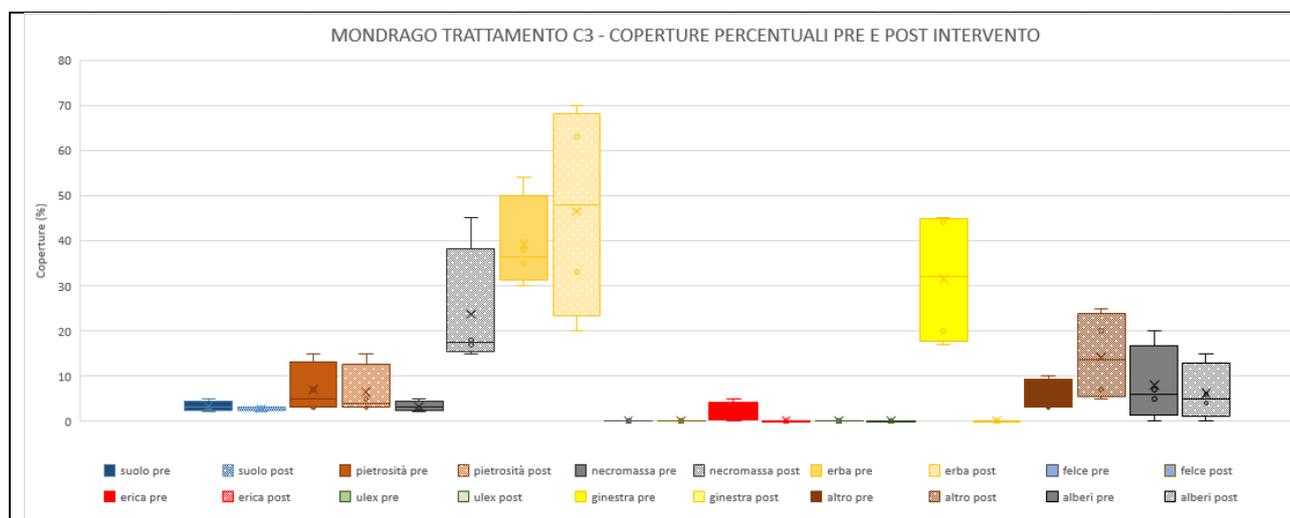


Figura 22: grafico box plot che mostrano la distribuzione delle componenti della copertura nelle aree di saggio rilevate (valore minimo, 1° quartile, mediana, 3° quartile, massimo) nelle situazioni di pre e post intervento

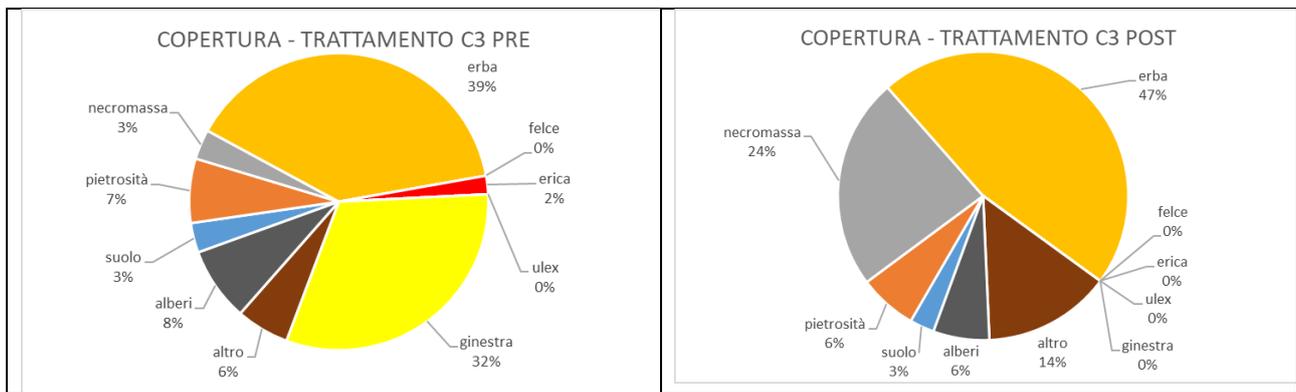


Figura 23: Grafico a torta che mostra la composizione percentuale della copertura nella situazione di pre e post intervento

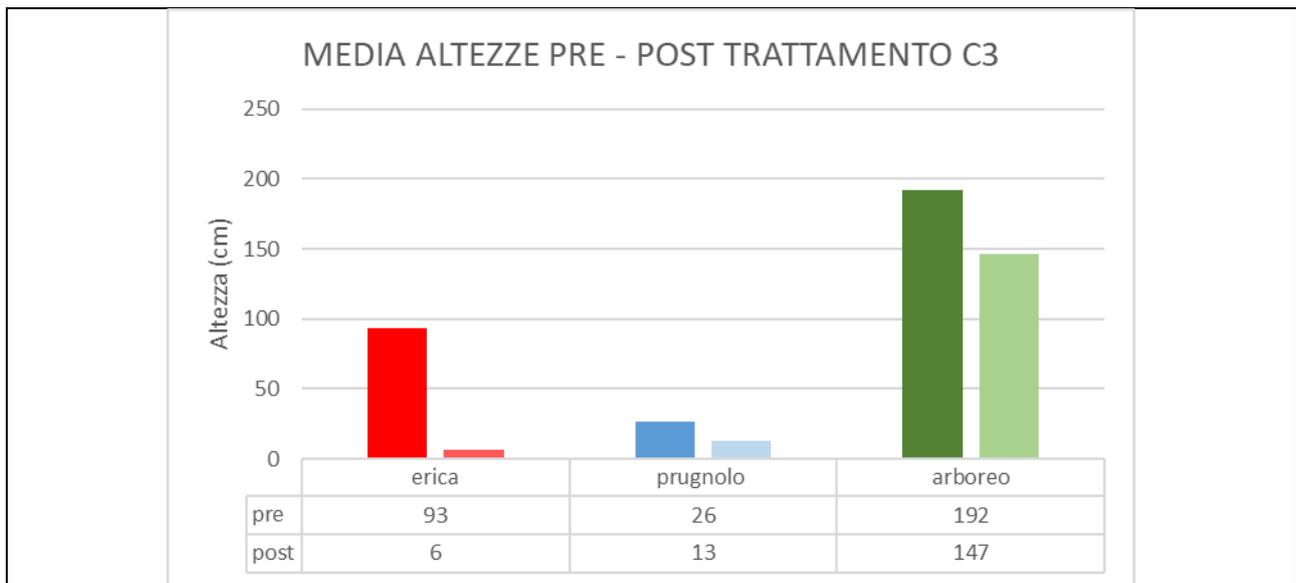


Figura 24: altezza media della componente arbustiva "erica" e della componente arborea "prugnolo" e "arborea" (altre conifere e latifoglie) nella situazione di pre e post trattamento

Tabella 12: valori di volume e fitomassa dell'erica nelle aree di saggio

Mondrago - Trattamento C3				
ID Area	Volume erica (m ³ / 1 m ²)		Fitomassa erica (kg / 1 m ²)	
	pre	post	pre	post
Area 1	0,01	0,00	0,06	0,01
Area 2	0,04	0,00	0,24	0,02
Area 3	0,02	0,00	0,14	0,03
Area 4	0,00	0,00	0,00	0,00
media	0,02	0,00	0,11	0,02
min	0,00	0,00	0,00	0,00
max	0,04	0,00	0,24	0,03

Confronto statistico fra i trattamenti

Obiettivi delle analisi

Le analisi statistiche sono state condotte con i seguenti obiettivi:

- 1) testare le differenze in termini di caratteristiche degli ericeti fra le condizioni pre- e post trattamento;
- 2) testare le differenze fra i trattamenti di taglio e fuoco prescritto in termini di copertura al suolo, ricostituzione della copertura arbustiva e di contenimento delle specie arboree con particolare attenzione al prugnolo;
- 3) analizzare le relazioni multivariate fra i diversi fattori: trattamenti, competizione fra specie erbacee, arbustive ed arboree.

Metodi di analisi

Per confrontare le caratteristiche degli ericeti prima e dopo i trattamenti di taglio e fuoco prescritto è stata utilizzata l'Analisi della Varianza ad una via (ANOVA). Questa analisi consente di testare differenze significative di una variabile fra diversi trattamenti (pre-intervento, taglio, fuoco prescritto). Per condurre le analisi è stata verificata l'omoschedasticità della variabile fra i diversi trattamenti, ovvero l'omogeneità della varianza, adottando il test di Levene. Inoltre, è stata verificata anche la normalità della distribuzione dei dati con il test di Shapiro-Wilk. In caso la normalità non fosse verificata la variabile è stata trasformata con il logaritmo in base 10 o con l'arcoseno (i.e. esposizione). Si è adottato un livello di significatività dello 0.05. In caso l'ANOVA verificasse differenze significative è stato eseguito un test post-hoc LSD in modo da individuare quali trattamenti differiscono.

Per analizzare le relazioni multivariate fra i trattamenti ed il loro effetto sulle dinamiche di competizione della componente arbustiva, arborea ed erbacea è stata condotta una Canonical Correspondence Analysis. Questo tipo di analisi consente di mettere in relazione numerose variabili ambientali responsabili delle dinamiche ecologiche in atto (es. aspetto topografici, competizione alberi) con le variabili risposta che ci interessa studiare (es. abbondanza arbusti, altezza dei ricacci di erica).

Statistiche descrittive

In Figura 24 vengono riportati i grafici box plot descrittivi la distribuzione delle variabili oggetto di studio prima e dopo i trattamenti di taglio (azioni C1 e C2) e fuoco prescritto (azione C3) ed i risultati della ANOVA che mostra dove sono presenti differenze significative. Si osserva come il suolo nudo presenti un aumento significativo dal pre al post-trattamento (Figura 25a) ma non mostri differenze significative fra taglio e fuoco prescritto, sebbene in questo secondo trattamento in alcuni siti si sia osservata una maggiore esposizione di suolo nudo per il consumo di biomassa al suolo rispetto al taglio che rilascia una maggiore quantità di necromassa (Figura 27) come mostrato anche dal grafico in Figura 25b. Dopo i trattamenti si osserva un aumento della copertura delle specie erbacee (Figura 25c) mentre si ha una certa riduzione della componente arborea anche se non fortemente significativa (Figura 25d, e, f). La copertura e altezza degli arbusti diminuisce sensibilmente (Figura 25g, h) nonostante il 99% delle ceppaie di erica abbia ricacciato (Figura 27) con densità di 60-70 ricacci per ceppaia sia nel taglio che nel fuoco prescritto (Figura 25i) che sembrano leggermente maggiori nel fuoco prescritto nonostante non ci siano differenze significative.

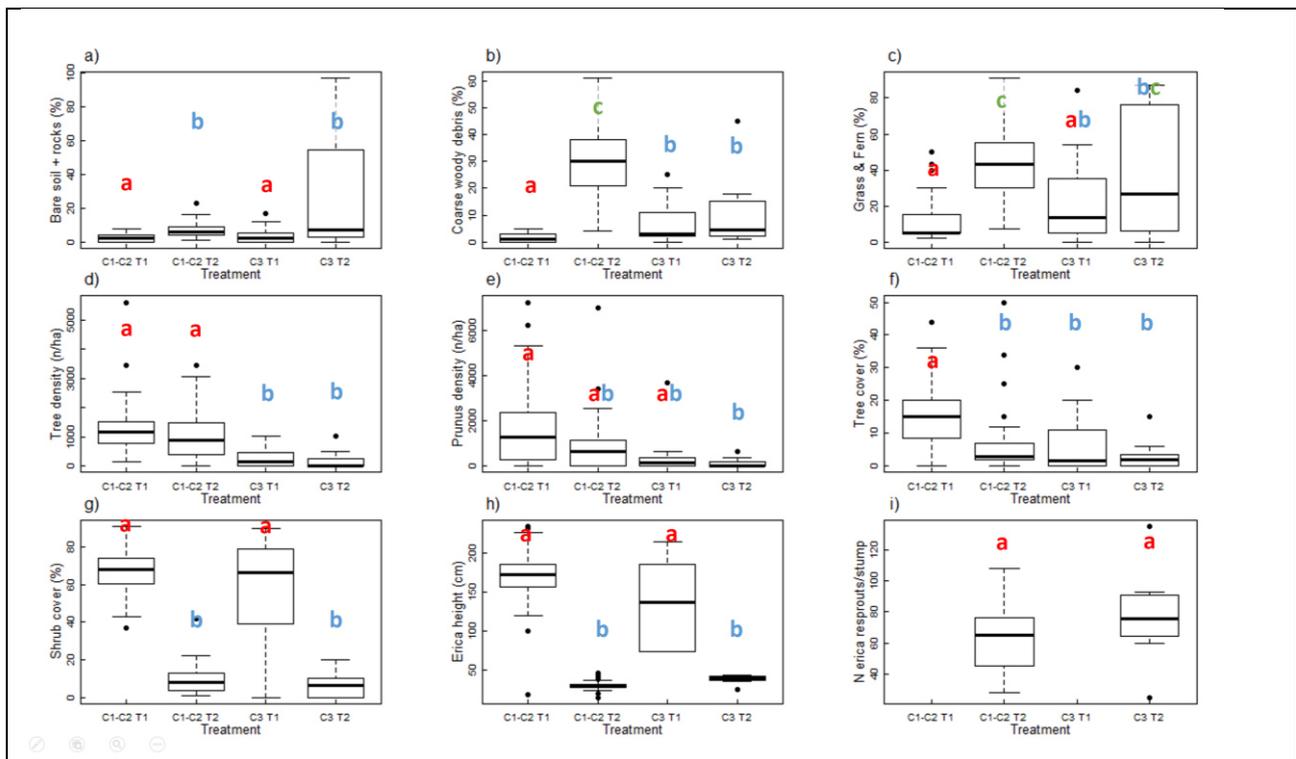


Figura 25: grafici box plot che mostrano la distribuzione delle variabili di interesse nei trattamenti di taglio e fuoco prescritto prima e dopo i trattamenti. Le variabili testate sono: a) copertura suolo nudo e rocce, b) copertura al suolo della necromassa, c) copertura della componente erbacea e di felci, d) densità ad ettaro degli alberi (escluso il prugnolo), e) densità del prugnolo ad ettaro, f) copertura alberi, g) copertura arbusti, h) altezza dell'erica, i) numero di ricacci per ceppaia dell'erica. Le lettere indicano i risultati del test post-hoc LSD per individuare le differenze significative delle variabili fra i trattamenti di taglio (C12-C2) e fuoco prescritto (C3) prima e dopo i trattamenti (T1, T2).

Analisi multivariata

L'analisi multivariata (Figura 26) ha messo in evidenza due gradienti lungo il primo asse (Axis 1) ed il secondo asse (Axis 2). Il primo asse mostra un gradiente di aumento della componente arborea da sinistra verso destra. Le aree a maggior densità di alberi e prugnolo presentano anche il maggior numero di ricacci, che risultano quindi in una maggiore copertura arborea che compete con quella arbustiva. Infatti le specie arbustive si collocano in uno spazio diametralmente opposto alla componente arborea, mostrando una correlazione inversa indicativa della forte competizione che gli alberi esercitano sugli arbusti anche a seguito dei trattamenti. Vale a dire gli arbusteti presentano coperture maggiori alle quote inferiori, mentre alle quote superiori l'erba tende ad occupare spazi via via crescenti, ed aumenta anche il suolo nudo e la rocciosità. Il secondo asse (Axis 2) può essere interpretato come un gradiente crescente di presenza di specie erbacee dal basso verso l'alto, e mostra come la presenza di arbusti e in particolar modo dell'erica sia inversamente correlata all'abbondanza di copertura erbacea. È interessante notare come le ellissi indicative dello spazio dei due trattamenti siano ortogonali e rispettivamente parallele al primo asse per quanto riguarda l'ellisse del taglio e del secondo asse per quanto riguarda l'ellisse del fuoco prescritto. In generale le due ellissi si sovrappongono indicando l'assenza di sostanziali differenze dei due tipi di trattamenti nel breve termine (prima stagione vegetativa dopo i trattamenti). Tuttavia la necromassa è evidentemente più abbondante nelle aree tagliate per il rilascio dei residui a terra (Figura 27 - sinistra) mentre nelle aree trattate con il fuoco prescritto rimane in piedi (Figura 27 - destra).

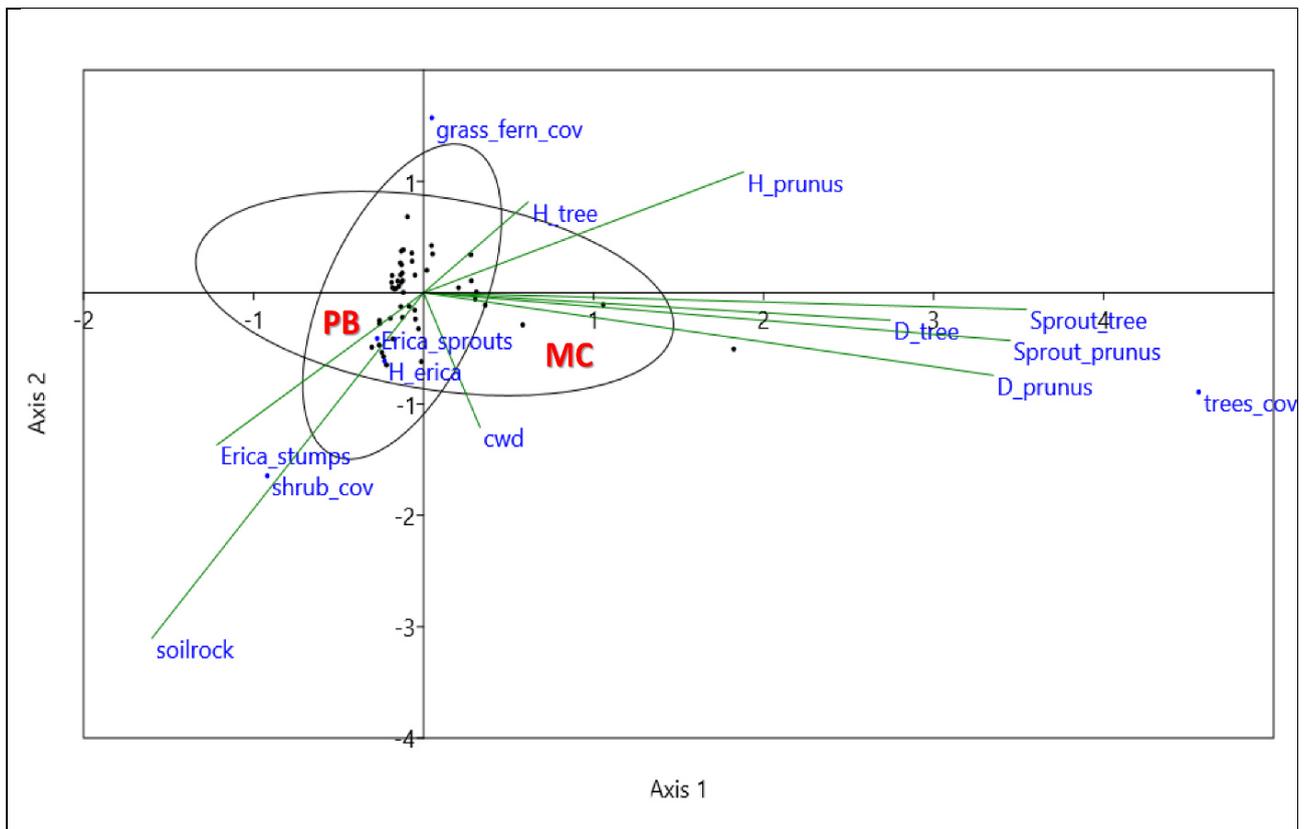


Figura 26: grafico biplot che mostra il risultato della analisi multivariata Canonical Correspondence Analysis. I punti neri indicano le osservazioni. Le frecce verdi indicano la competizione delle specie arboree (D_tree: densità alberi ad ettaro; D_prunus: densità del prugnolo ad ettaro; Sprout_tree: densità dei ricacci degli alberi; Sprout_prunus: densità ricacci prugnolo; H_tree: altezza alberi; H_prunus: altezza del prugnolo; Erica_stumps: densità delle ceppaie di erica pre-trattamento) che influiscono sulle variabili risposta (rocksoil: copertura di suolo nudo e rocce; cwd: copertura della necromassa; shrub_cov: copertura di erica ed altri arbusti; grass_fern: copertura di erba e felce; H_eric: altezza erica; Erica_sprouts: numero di ricacci per ceppaia di erica). Le elissi circoscrivono i rilievi dei due trattamenti: PB = fuoco prescritto; MC = taglio meccanizzato.



Figura 27: Destra: effetto del taglio meccanizzato in ericeti (si nota l'accumulo di necromassa al suolo); sinistra: effetto del fuoco prescritto in ericeti (si nota come la necromassa rimanga elevata e non si accumuli nel breve periodo al suolo).

Risultati caratterizzazione brughiere con indici a scala di paesaggio

I trattamenti di taglio e fuoco prescritto realizzati nel 2019 hanno portato a marcati cambiamenti a scala di paesaggio. In Figura 28 viene mostrata la carta dei cambiamenti in Normalized Vegetation Index (NDVI) dal 2017 al 2019 nelle aree di intervento del progetto. Gli interventi hanno avviato delle dinamiche di cambiamento della copertura del suolo. Il grafico in Figura 28 mostra come le classi di copertura percentuale delle aree di intervento siano sostanzialmente cambiate dal 2017 (Figura 28 - sinistra) al 2019 (Figura 28 - destra). Nel 2019 le classi maggiormente rappresentate in termini di percentuale di superficie complessiva sono quelle dominate dagli arbusti, o dove gli arbusti sono accessori. Rispetto alle superfici percentuali nel 2017 (fig. 29 - sinistra) si osserva chiaramente l'effetto a scala di paesaggio nel breve periodo (1-2 stagioni vegetative) degli interventi, con un aumento della classe Erba_arbusti (fig. 29 - destra) soprattutto a carico delle classi Arbusti_arbusti che dal 12% nel 2017 è sceso al 2% nel 2019 e della classe Arbusti_foresta e Foresta_foresta che hanno perso rispettivamente il 5% e 3%.

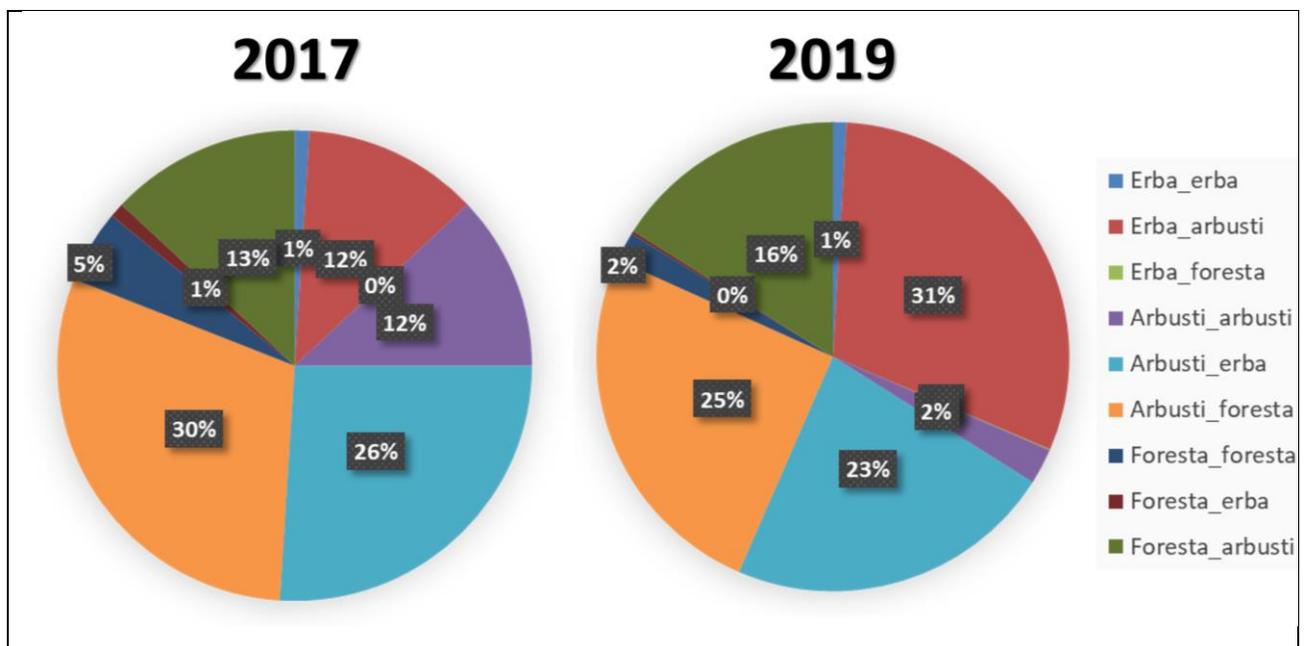


Figura 28: Percentuali di copertura al suolo di ognuna delle 9 classi nel 2017 (sinistra) e 2019 (destra)



Figura 29: Copertura al suolo di Erba_arbusti alla prima stagione vegetativa post-taglio (sinistra) e fuoco prescritto (destra)

La produttività complessiva del sistema di arbusteti, praterie e foreste del Pratomagno non è stato sostanzialmente modificata. Infatti, il Normalized Vegetation Index (NDVI) medio (ponderato sulla superficie delle *patch*) per le aree del progetto Granatha nel 2017 e nel 2019 è rispettivamente pari a 0,74 e 0,76.

Per quanto riguarda la diversità a scala di paesaggio, è stato calcolato il rapporto medio tra il perimetro e l'area (indice *p/A*) delle *patch* di ogni classe di copertura quale indicatore relativo alla complessità dei poligoni, e quindi alla diversità del paesaggio (vedi Deliverable D1). Valori più alti indicano maggiore complessità. Nella Tabella 13 vengono mostrati i valori medi e di deviazione standard del rapporto perimetro/area nelle diverse classi di copertura. Il valore più alto del rapporto *p/A* si osserva nella classe Foresta_foresta seguito da Arbusti_erbe. La media dell'indice *p/A* ponderata sulla superficie di ogni classe di copertura del suolo è di 0,08 e 0,07 rispettivamente per il 2017 e 2019.

Considerando un altro indicatore a scala di paesaggio indicativo di diversità, è stata calcolata la dimensione media delle *patch* arbustive classificate come Arbusti_arbusti, Arbusti_erbe e Arbusti_foresta che nel 2019 è risultata pari a 3291 e 9394 metri quadrati rispettivamente per il 2017 e 2019.

Tabella 13: Tabella riportante il valore medio e la deviazione standard del rapporto perimetro/area

<i>p/A</i>	<i>MEDIA</i>	<i>DEV.ST</i>
<i>Foresta_foresta</i>	0.408	0.36
<i>Arbusti_erbe</i>	0.308	1.169
<i>Foresta_arbusti</i>	0.203	0.184
<i>Erbe_arbusti</i>	0.17	0.241
<i>Arbusti_arbusti</i>	0.159	0.125
<i>Arbusti_foresta</i>	0.116	0.116
<i>Erbe_erbe</i>	0.096	0.052
<i>Foreste_erbe</i>	0.09	0
<i>Erba_foresta</i>	-	-

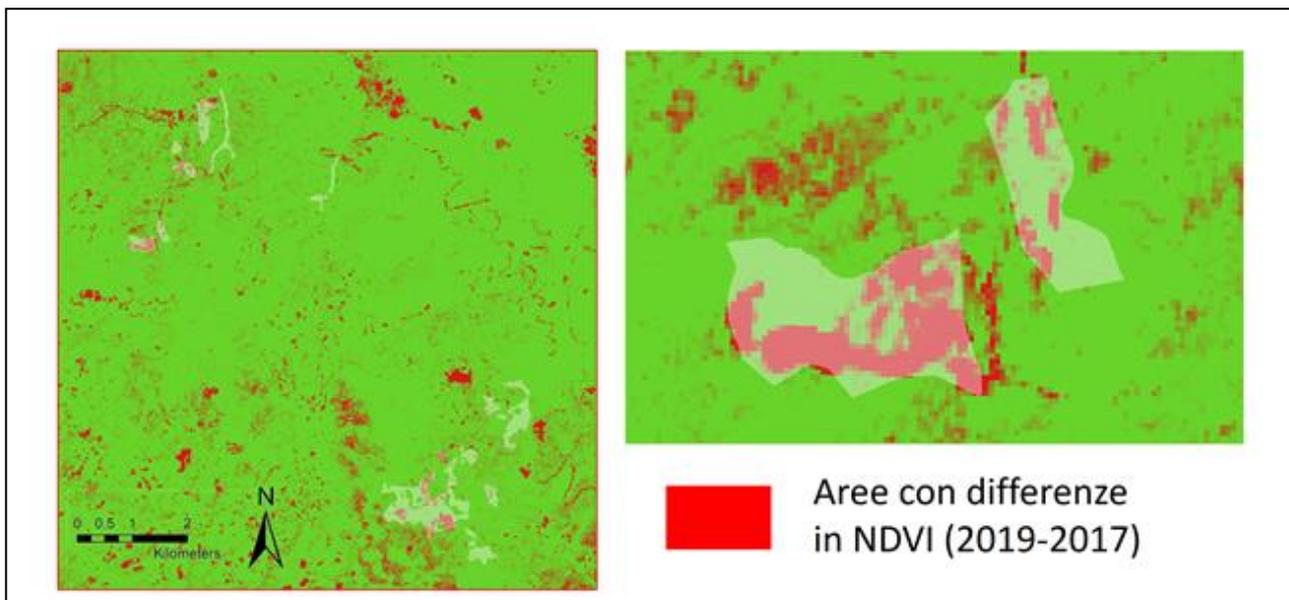
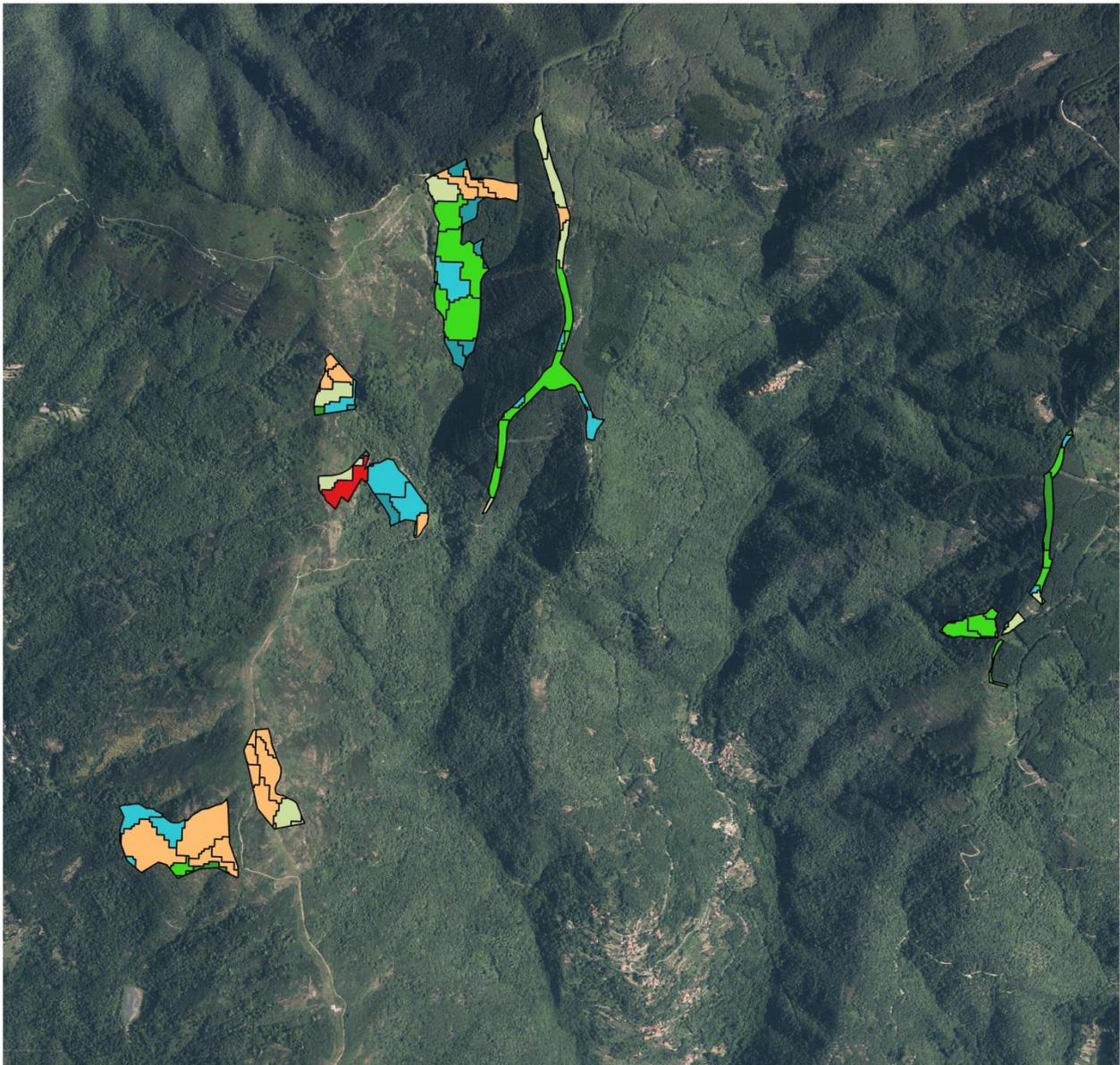


Figura 30: carta delle differenze in NDVI dal 2019 al 2017. Le aree in rosso indicano aree ad elevata differenza. In bianco trasparente vengono riportate le aree di intervento del progetto GRANATHA. Nel riquadro a destra viene mostrata il sito del Cocollo in cui sono stati realizzati nel 2019 interventi di fuoco prescritto e taglio meccanizzato.



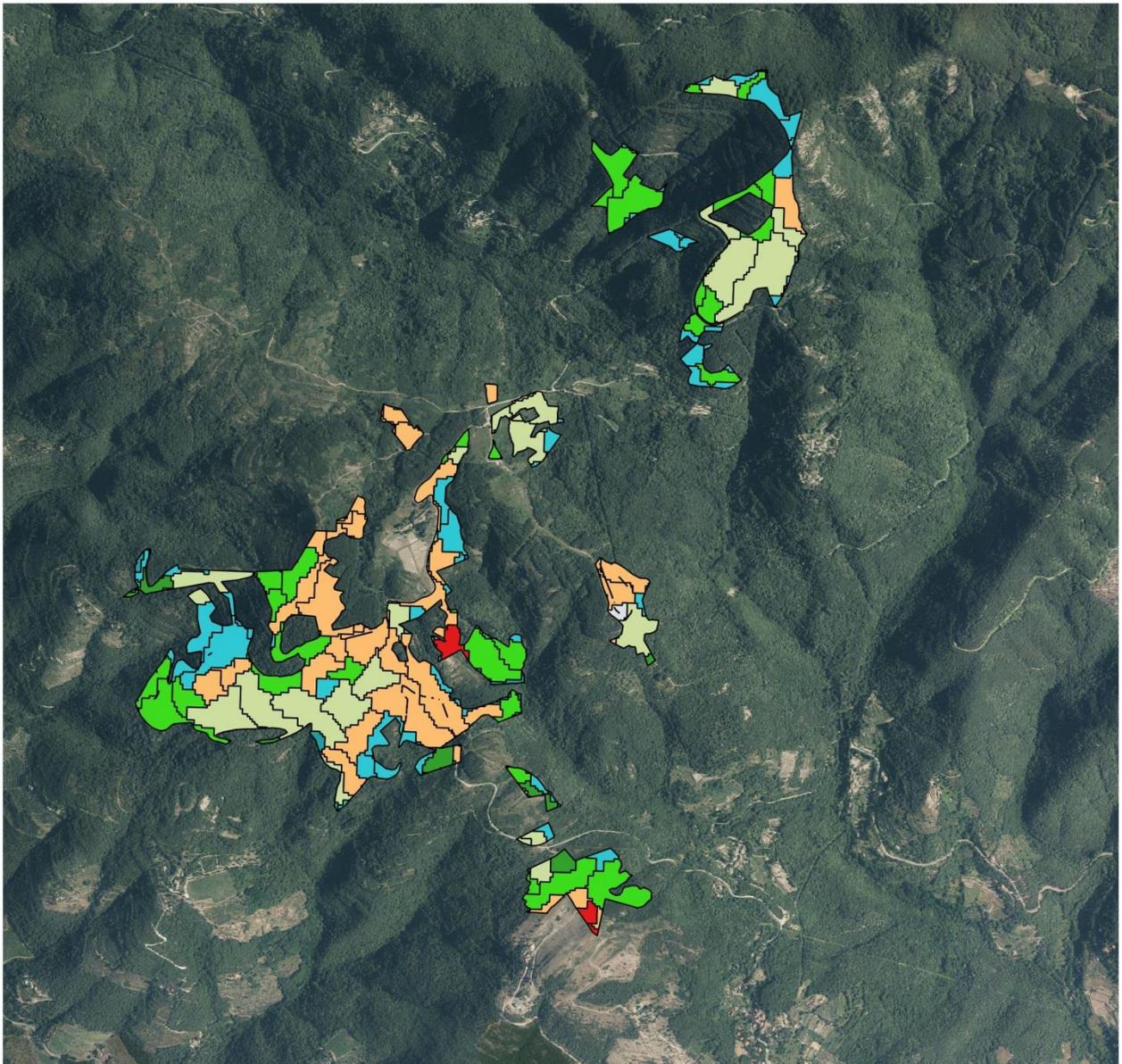
Classificazione copertura 2019

- erbe_erbe
- erbe_arbusti
- arbusti_arbusti
- arbusti_foresta
- arbusti_erbe
- foresta_foresta
- foresta_arbusti
- foresta_erbe

0 250 500 750 1000 m



Figura 31: carta della copertura delle aree di studio: zoom NE



Classificazione copertura 2019

- erbe_erbe
- erbe_arbusti
- arbusti_arbusti
- arbusti_foresta
- arbusti_erbe
- foresta_foresta
- foresta_arbusti
- foresta_erbe

0 250 500 750 1000 m



Figura 32: carta della copertura delle aree di studio: zoom SW

ALLEGATO 1

Plot rilevati e stato della componente vegetale			
Plot	2017	2018	2019
1	No interv.		No interv.
2	No interv.		No interv.
3	No interv.		No interv.
4			
5			
6	No interv.		
7	No interv.		
8	No interv.		
9	No interv.		
10	No interv.		
11	No interv.		
12	No interv.		
13	No interv.		
14			
15			
16			
17		No interv.	
18		No interv.	
19			
20		No interv.	
21			
22			
23			
24			
25		No interv.	
26		No interv.	
27	No interv.		Taglio
28	No interv.		Taglio
29		No interv.	
30	No interv.		Taglio
31		No interv.	
32		No interv.	
33		No interv.	
34			No interv.
35	No interv.		No interv.
36	No interv.	No interv.	Taglio
37	No interv.	No interv.	Taglio
38	No interv.		Taglio
39	No interv.		No interv.
40	No interv.		Taglio
41	No interv.	Taglio	
42	No interv.		
43	No interv.	Taglio	
44	No interv.		
45	No interv.		
46	No interv.		
47	No interv.	Taglio	

Plot rilevati e stato della componente vegetale			
Plot	2017	2018	2019
48	No interv.	Taglio	
49	No interv.		
50		No interv.	
51		No interv.	
52		No interv.	
53		No interv.	
54		No interv.	
55		No interv.	
56		Taglio	Taglio
57		Taglio	Taglio
58		Taglio	Taglio
59		Taglio	
60		Taglio	
61		Taglio	Taglio
62	No interv.		
63	No interv.		
64	No interv.		
65	No interv.		
66	No interv.		
67	No interv.		
68	No interv.		
69	No interv.		
70	No interv.		
71			
72			
73			
74			
75			
76			
77			
78			
79			
80			
81			
82			
83			
84			
85			
86			
87			
88			
89			
90			
91			
92			
93			
94			

Plot rilevati e stato della componente vegetale			
Plot	2017	2018	2019
95			
96			
97	No interv.		
98	No interv.		
99			
100	No interv.		
101	No interv.		
102			
103			
104			Fuoco
105			
106			
107			Fuoco
108			
109			
110			Fuoco
111			
112			
113			No interv.
114			
115			
116			
117			Fuoco
118			
119			Fuoco
120			
121			No interv.
122			
123			Fuoco
124			No interv.
125			No interv.
126			No interv.
127			
128			No interv.
129			
130			No interv.
131			No interv.
132			Taglio
133			No interv.
134			Taglio
135			
136			
137			
138			
139			
140			
141			
142			
143			
144			
145			

Plot rilevati e stato della componente vegetale			
Plot	2017	2018	2019
146			
147			
148			
149			
150			
151			
152			
153			
154			
155			
156			
157			
158			
159			
160			
161			
162			
163			
164			
165			
166			
167			
168			
169			
170		No interv.	
171		Fuoco	
172			
173		Fuoco	
174		Fuoco	
175		No interv.	
176		No interv.	
177		No interv.	
178		No interv.	
179		No interv.	
180			No interv.
181			No interv.
182			No interv.
183			No interv.
184			No interv.
185			No interv.
Rilevamenti	42	36	40

ALLEGATO 2

Numero di specie rilevate per plot			
Plot	2017	2018	2019
1	9		8
2	8		8
3	12		6
4			
5			
6	6		
7	5		
8	5		
9	9		
10	7		
11	5		
12	1		
13	6		
14			
15			
16			
17		8	
18		6	
19			
20		8	
21			
22			
23			
24			
25		6	
26		9	
27	8		14
28	5		12
29		10	
30	10		19
31		7	
32		5	
33		5	
34			5
35	9		10
36	6	14	12
37	5	5	14
38	5		5
39	11		8
40	3		5
41	11	12	
42	6		
43	5	12	
44	6		
45	3		
46	10		
47	3	6	

Numero di specie rilevate per plot			
Plot	2017	2018	2019
48	5	6	
49	8		
50		4	
51		3	
52		4	
53		2	
54		9	
55		5	
56		8	7
57		12	9
58		20	9
59		10	
60		15	
61		9	6
62	10		
63	5		
64	9		
65	10		
66	5		
67	8		
68	4		
69	11		
70	12		
71			
72			
73			
74			
75			
76			
77			
78			
79			
80			
81			
82			
83			
84			
85			
86			
87			
88			
89			
90			
91			
92			
93			
94			

Numero di specie rilevate per plot			
Plot	2017	2018	2019
95			
96			
97	10		
98	8		
99			
100	3		
101	10		
102			
103			
104			12
105			
106			
107			5
108			
109			
110			4
111			
112			
113			4
114			
115			
116			
117			4
118			
119			6
120			
121			2
122			
123			4
124			3
125			4
126			8
127			
128			5
129			
130			3
131			9
132			12
133			5
134			9
135			
136			
137			
138			
139			
140			
141			

Numero di specie rilevate per plot			
Plot	2017	2018	2019
142			
143			
144			
145			
146			
147			
148			
149			
150			
151			
152			
153			
154			
155			
156			
157			
158			
159			
160			
161			
162			
163			
164			
165			
166			
167			
168			
169			
170		7	
171		7	
172			
173		4	
174		5	
175		6	
176		10	
177		10	
178		8	
179		14	
180			5
181			7
182			8
183			8
184			8
185			5
media	7,07	8,08	7,43

ALLEGATO 3

	2017	2017	2018	2018	2019	2019
Specie rilevata	copertura	frequenza	copertura	frequenza	copertura	frequenza
	%	%	%	%	%	%
Achillea millefolium L.	0,7	0,4	0,1	0,1		
Acinos arvensis (Schur) Dandy					0,6	0,4
Agrostis tenuis Sibth.	0,7	0,4	9,0	5,6	0,2	0,1
Aira caryophylla L.			0,2	0,1		
Anthericum liliago L.					0,1	0,1
Anthoxanthum odoratum L.	1,9	1,0	1,4	0,9	2,9	2,1
Anthyllis vulneraria L.	0,2	0,1				
Arenaria serpyllifolia L.			0,1	0,1	0,2	0,1
Asperula purpurea (L.) Ehrend.			0,1	0,1		
Avena fatua L.					0,1	0,1
Brachypodium distachyon (L.) Beauv.					0,3	0,2
Brachypodium rupestre (Host) R. et S.	26,5	14,0	15,4	9,5	14,6	10,7
Briza maxima L.	0,8	0,4	3,8	2,3	1,3	1,0
Bromus erectus Hudson	1,5	0,8	4,2	2,6	4,5	3,3
Bromus hordeaceus L.			0,1	0,1		
Bromus sterilis L.			0,2	0,1		
Bupleurum baldense Turra	0,2	0,1				
Calluna vulgaris (L.) Hull	1,8	1,0	0,3	0,2	1,4	1,0
Campanula persicifolia L.			0,1	0,1		
Campanula rapunculus L.			0,1	0,1		
Carex flacca Schreber	0,1	0,1	0,2	0,1		
Carlina corymbosa L.			0,1	0,1		
Catapodium rigidum (L.) C.E. Hubb.					0,1	0,1
Centaurea arrigonii Greuter	0,1	0,1				
Centaurea bracteata Scop.			0,1	0,1		
Centaurea nigrescens Willd.			0,1	0,1	0,3	0,2
Centaurea triumfetti All.			0,1	0,1		
Cistus salvifolius L.	1,2	0,7	0,6	0,3	0,2	0,1
Clematis flammula L.			0,4	0,3		
Clematis vitalba L.	1,0	0,6				
Cornus sanguinea L.	0,2	0,1	0,3	0,2		
Crataegus monogyna Jacq.	5,0	2,7	1,0	0,6	1,4	1,0
Crepis leontodontoides All.			0,7	0,4	0,6	0,4
Cruciata glabra (L.) Ehrend.					0,1	0,1
Crupina crupinastrum (Moris) Vis.	0,2	0,1				
Cynosurus cristatus L.			0,1	0,1	0,1	0,1
Cynosurus echinatus L.	0,3	0,2	0,3	0,2	0,1	0,1
Cytisus scoparius (L.) Link	7,9	4,2	4,2	2,6	1,1	0,8
Dactylis glomerata L.	0,4	0,2	0,9	0,5	1,4	1,0
Danthonia decumbens (L.) DC.	0,3	0,2	0,3	0,2		
Dianthus monspessulanus L.	0,1	0,1				
Dorycnium hirsutum (L.) Ser.	0,1	0,1				
Erica arborea L.	0,4	0,2				
Erica scoparia L.	72,8	38,5	61,0	37,7	45,5	33,5
Eryngium campestre L.					0,1	0,1
Euonymus europaeus L.	0,7	0,4			0,4	0,3
Festuca inops De Not.	9,0	4,8	2,0	1,2	3,3	2,4
Festuca rubra L.			1,4	0,9		

Specie rilevata	2017	2017	2018	2018	2019	2019
	copertura	frequenza	copertura	frequenza	copertura	frequenza
	%	%	%	%	%	%
Filago gallica L.			0,2	0,1		
Filipendula vulgaris Moen.			1,8	1,1	0,6	0,4
Fragaria vesca L.			0,1	0,1	0,1	0,1
Fraxinus ornus L.	2,6	1,4	1,6	1,0	2,0	1,5
Galactites tomentosa Moench			0,1	0,1		
Galium corrudifolium Vill.			0,1	0,1		
Galium lucidum All.			0,1	0,1		
Galium mollugo L.			0,2	0,1	0,2	0,1
Galium verum L.	0,5	0,3	0,2	0,1	0,1	0,1
Geranium columbinum L.			2,2	1,4		
Geranium dissectum L.			0,6	0,3		
Geranium purpureum Vill.			0,2	0,1		
Geum urbanum L.			0,2	0,1		
Helianthemum nummularium (L.) Mill.			0,2	0,1	0,1	0,1
Helichrysum italicum (Roth) Don	1,1	0,6	0,1	0,1	0,3	0,2
Hieracium pilosella L.			0,2	0,1	0,1	0,1
Hieracium piloselloides Vill.			0,1	0,1		
Holcus mollis L.					0,6	0,4
Hypericum montanum L.			0,1	0,1	0,1	0,1
Hypericum perforatum L.	0,1	0,1	0,3	0,2	0,1	0,1
Inula conyzae (Griess.) Meikle			0,1	0,1		
Inula viscosa (L.) Aiton			0,2	0,1		
Jasione montana L.			0,1	0,1		
Juniperus communis L.	0,7	0,4	1,8	1,1	1,7	1,3
Knautia purpurea (Vill.) Borbas	0,1	0,1				
Lathyrus pratensis L.			0,3	0,2	0,1	0,1
Lathyrus sylvestris L.			0,7	0,4		
Ligustrum vulgare L.	0,6	0,3				
Linum strictum L.			0,7	0,4		
Linum tenuifolium L.	0,4	0,2	0,4	0,3	0,1	0,1
Linum trigynum L.			1,1	0,7	0,2	0,1
Lonicera caprifolium L.					0,4	0,3
Lonicera etrusca Santi					0,1	0,1
Lotus corniculatus L.			0,2	0,1	0,5	0,4
Luzula multiflora (Ehrh.) Lej.			0,1	0,1		
Melica ciliata L.					0,2	0,1
Nardus stricta L.	0,6	0,3				
Odontites rubra (Baumg.) Opiz	0,1	0,1				
Oenanthe pimpinelloides L.					0,1	0,1
Pentanema salicinum (L.) D. Gut.Larr.					0,2	0,1
Petrorhagia saxifraga (L.) Link					0,1	0,1
Pheum bertolonii DC.			0,1	0,1		
Pinus nigra Arn.	2,0	1,1			2,5	1,8
Pinus pinaster Ait.			0,7	0,4		
Plantago lanceolata L.			0,4	0,3	0,6	0,4
Poa alpina L.	0,1	0,1				
Polygala flavescens DC.			0,1	0,1		
Potentilla erecta (L.) Raeusch.					0,1	0,1
Potentilla pedata Willd. ex Hornem.					0,4	0,3
Prunella laciniata L.					0,1	0,1

Specie rilevata	2017	2017	2018	2018	2019	2019
	copertura	frequenza	copertura	frequenza	copertura	frequenza
	%	%	%	%	%	%
<i>Prunus spinosa</i> L.	14,1	7,5	6,8	4,2	5,3	3,9
<i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kuhn	1,1	0,6	9,0	5,6	8,0	5,9
<i>Pyrus pyraeaster</i> (L.) Burgsd.			0,1	0,1		
<i>Quercus cerris</i> L.	0,1	0,1			0,3	0,2
<i>Quercus pubescens</i> Willd.	3,7	2,0			0,8	0,6
<i>Rhinanthus alectorolophus</i> (Scop.) Pollich					0,1	0,1
Roccia/pietra/terreno	1,6	0,9	3,1	1,9	11,1	8,2
<i>Rosa canina</i> L.	1,7	0,9	0,8	0,5	0,8	0,6
<i>Rubia peregrina</i> L.	3,4	1,8	0,2	0,1	0,7	0,5
<i>Rubus canescens</i> DC.	7,0	3,7	4,2	2,6	7,9	5,8
<i>Rubus ulmifolius</i> Schott			0,4	0,3		
<i>Rumex acetosella</i> L.					0,2	0,1
<i>Sanguisorba minor</i> Scop.					0,9	0,7
<i>Sanguisorba officinalis</i> L.			0,1	0,1		
<i>Scleranthus annuus</i> L.			0,1	0,1	0,2	0,1
<i>Sedum acre</i> L.			0,2	0,1		
<i>Sherardia arvensis</i> L.			0,1	0,1	0,1	0,1
<i>Sisymbrium orientale</i> L.					0,6	0,4
<i>Sorbus domestica</i> L.			0,8	0,5	0,4	0,3
<i>Spartium junceum</i> L.	5,9	3,1	4,2	2,6	0,6	0,4
<i>Stachys germanica</i> L.					0,1	0,1
<i>Stachys officinalis</i> (L.) Trevisan	0,3	0,2				
<i>Teucrium chamaedrys</i> L.	5,3	2,8	3,9	2,4	2,3	1,7
<i>Teucrium scorodonia</i> L.	1,1	0,6	0,8	0,5	0,3	0,2
<i>Thymus pulegioides</i> L.	0,2	0,1	0,9	0,5	1,1	0,8
<i>Trifolium campestre</i> Schreber	0,1	0,1				
<i>Trifolium medium</i> L.					0,2	0,1
<i>Trifolium ochroleucon</i> Huds.			0,1	0,1	0,1	0,1
<i>Trifolium scabrum</i> L.			0,4	0,3		
<i>Ulex europaeus</i> L.					0,8	0,6
<i>Viola reichenbachiana</i> Jordan ex Boreau	0,2	0,1	0,1	0,1		
<i>Viola eugeniae</i> Parl. subsp. <i>eugeniae</i> .					0,4	0,3