

Fisionomia e distribuzione dei prati montani (maggenghi) in 150 anni di avanzamento spontaneo del bosco (Val di Pejo, Trentino)

Sitzia T*, Trentanovi G

Dipartimento Territorio e Sistemi Agroforestali (TeSAF), Università degli Studi di Padova, v.le dell'Università 16, I-35020 Legnaro (PD -Italy). - *Corresponding Author: Tommaso Sitzia (tommaso.sitzia@unipd.it).

Abstract: *Physiognomy and distribution of mountain meadows in an alpine valley over 150 years of spontaneous forest expansion.* Through the classification of current and historical aerial photos between 1973 and 2006, we analysed the evolution of size, shape and connectivity of 59 mountain meadows (*maggenghi*) of the Pejo district (Trentino, Northern Italy). The *maggenghi* are scattered patches within a forested matrix. We conducted the same analysis on an Austro-Hungarian cadastral map of 1859. The total surface covered by *maggenghi* was 137.4 ha in 1973, and decreased to 78.3 ha (57%) in 2006. The mean shape and connectivity index in 1973 are significantly lower than those of 2006. Within a 1-km radius around the studied patches, woodlands increased by 7% in the same time range. Among the 25 *maggenghi* present in 1958, 12 has been subdivided into 39 smaller fragments and 13 has been reduced in their size without any fragmentation. A general process of meadow patches evolution which included area and connectivity reduction and shape simplification has been noticed. This process is common to many other alpine landscapes. The study of these processes is fundamental for policies aimed to conservation of mountain meadows, as well as to identify the single patches deserving conservation for their current and historical landscape structure, as many studies report their significant effects on local floristic diversity.

Keywords: Patch, Spontaneous reforestation, Landscape evolution, Biodiversity conservation, Fragmentation, GIS analysis

Received: Oct 19, 2011; Accepted: Nov 20, 2011; Published online: Feb 28, 2012

Citation: Sitzia T, Trentanovi G, 2012. Fisionomia e distribuzione dei prati montani (maggenghi) in 150 anni di avanzamento spontaneo del bosco (Val di Pejo, Trentino). *Forest@* 9: 52-62 [online 2012-02-28] URL: <http://www.sisef.it/forest@/contents/?id=efor0684-009>

Introduzione

Un noto geografo italiano, Aldo Sestini, nel suo volume "Il paesaggio" (Sestini 1963) scriveva che il bosco di conifere, ora denso ora rado, è interrotto da chiazze di prato da sfalcio e pascolo: un mosaico che dava al paesaggio una sua tipica configurazione. All'epoca in cui l'opera fu scritta i prati e i pascoli permanenti occupavano il 28.6% della superficie del Trentino (ISTAT 1961), provincia in cui si colloca l'area di studio. La gestione di questi spazi aperti è stata progressivamente abbandonata sulle Alpi (Piuissi & Farrell 2000, Tasser & Tappeiner 2002, Corona et al. 2005, Gellrich et al. 2007, Giupponi et al. 2006, Sitzia 2009) ed in altre regioni montuose europee

(Meeus et al. 1990, MacDonald et al. 2000). L'avanzamento del bosco che ne ha fatto seguito ha reso il paesaggio sempre più omogeneo (Conti & Fagarazzi 2004, Romero-Calcerrada & Perry 2004), ed oggi i prati e i pascoli permanenti occupano il 17.9% della superficie totale del Trentino (Sassudelli 2011).

Alla scomparsa dei prati e dei pascoli montani si accompagna la perdita di risorse biogenetiche, in quanto essi sono gli habitat di molte specie vegetali (Dullinger et al. 2003, Maurer et al. 2006, Da Ronch & Ziliotto 2008) ed animali (Laiolo et al. 2004, Marini et al. 2009). I cambiamenti della fisionomia (intesa come forma, grandezza ed organizzazione spaziale) delle *patch* (in italiano, "tessera" - Farina 2001) del



Fig. 1 - Mosaico del paesaggio forestale sul versante destro orografico della Val de la Mare, sottovalle della Val di Pejo. I prati montani (maggenghi) appaiono come *patch* dotate di dimensioni e forme che cambiano al variare della gestione agronomica e dell'avanzamento spontaneo dei boschi circostanti.

paesaggio entro le quali gli *habitat* si organizzano hanno importanti effetti ecologici (Olsson et al. 2000, Li 2008), perché la dinamica delle popolazioni animali e vegetali dipende non solo dalle caratteristiche ecologiche degli *habitat*, ma anche dalla loro configurazione e distribuzione nel paesaggio (Hanski 1994, Kleyer et al. 2007). La fisionomia delle *patch* componenti il paesaggio viene sovente analizzata con appositi indici (Forman 1995, Turner et al. 2001) alcuni dei quali non sono sempre di facile interpretazione ed applicazione (Dramstad et al. 1998). Tuttavia, la variazione nel tempo delle *patch* e degli indici ad esse associate produce una sequenza di differenti mosaici la cui interpretazione è fondamentale per sviluppare modelli spaziali ecologicamente comparabili (Forman 1995) e per prevedere futuri cambiamenti ed assetti (Turner et al. 2001, Van Eetvelde & Antrop 2004, Agnoletti 2007) al fine di individuare opportune strategie per la loro conservazione (Lambin et al. 2003, Nagendra et al. 2004). Lo studio che viene presentato in questo articolo riguarda l'analisi di una sequenza temporale della fisionomia e della distribuzione dei prati montani (maggenghi) in una valle alpina dal 1973 al 2006, attraverso l'interpretazione di foto aeree, mappe catastali ed informazioni storiche.

Materiali e metodi

Area di studio

L'area di studio è situata nella Val di Pejo (46° 21' N, 10° 41' E), a circa 50 km da Trento (nord Italia). Il

comune di Pejo (1565 m s.l.m.) ha un'estensione di 160 km² e manifesta un clima subartico secondo Köppen-Geiger, caratterizzato da estati fredde ed inverni asciutti. La temperatura media annuale nel comune di Pejo è 7 °C e la temperatura media mensile varia tra -1 °C nel mese di Gennaio e 15 °C nel mese di Luglio.

Come in tutta la Provincia di Trento, il periodo post-bellico è stato caratterizzato da profondi cambiamenti economici, che hanno visto il progressivo abbandono dell'agricoltura e dell'allevamento in montagna (Pedrotti 1988, Cernusca et al. 1998). Tra il 1951 ed il 1991, la popolazione nel comune di Pejo è diminuita del 13% (Novello 2009), mentre la copertura forestale è aumentata del 26% (Ciolli et al. 2003). Nel ventunesimo secolo si è verificata una debole ripresa demografica nella valle, ma il tasso d'occupazione in attività quali agricoltura ed allevamento continua a diminuire.

Il paesaggio tipico del piano montano è costituito da una matrice di boschi di abete rosso e larice che racchiude piccole *patch* prative (Fig. 1 e Fig. 2). Alcune porzioni di queste sono ancora gestite in maniera tradizionale (segate o pascolate), altre sono state completamente abbandonate. Le prime sono definite "maggenghi" (Albertini 1955).

Il maggengo, origine ed importanza

Con il termine maggengo si indica l'area intermedia di pascolo del bestiame tra le sedi invernali di pianura o di fondovalle e le sedi estive di alpeggio in alta quota (Tamanini 1956, Seronde 1958). La monti-



Fig. 2 - Particolare del maggengo dei Masi Zampil in Val di Pejo (1664 m s.l.m.), a sinistra, e disegno di R. Albertini (1955), a destra, che riproduce un paesaggio molto simile a quello studiato (versante sinistro della Valfurva dalle Baite di Pradaccio di Sotto).

cazione delle mandrie infatti non avveniva quasi mai mediante trasferimento diretto dal villaggio all'alpeggio. I maggenghi rappresentavano una realtà intermedia tra il villaggio e l'alpeggio: su di essi ci si trasferiva con il bestiame in primavera (e in autunno) per produrre fieno da utilizzare in larga misura sul posto e, in parte, destinato ad essere trasportato al villaggio come scorta invernale. Dal maggengo si saliva all'alpeggio alle date stabilite e si tornava a fine alpeggio (Corti 2008).

Questi prati sono caratterizzati da una gran varietà di fioriture, variabili a seconda delle facies stagionali (di particolare bellezza quelle primaverili a *Crocus* ed autunnali a *Colchicum*). Prescindendo dall'importanza storico-culturale e paesaggistica di queste formazioni, i maggenghi oggi sono sotto tutela ai sensi della direttiva habitat 92/43/CEE, in quanto rientrano nell'habitat 6520 "Praterie montane da fieno". Questi prati sono riconducibili all'alleanza *Polygono-Trisetion* e sono di chiara origine secondaria. In assenza infatti di falciature regolari, o turni di pascolamento, l'ingresso di specie arboree o arbustive all'interno di queste formazioni è inevitabile (Lasen 2006).

Individuazione e perimetrazione dei maggenghi

I maggenghi presenti nell'area di studio sono stati individuati attraverso una mappa redatta da Albertini (1955) che fornisce l'esatta localizzazione e descrizione degli stessi all'epoca in cui venne realizzata. Attraverso informazioni acquisite da proprietari terrieri e guardaboschi, una ortofoto digitalizzata del 2006, una carta della vegetazione (Pedrotti et al. 1974), una carta digitalizzata degli habitat Natura

2000 (Sitzia 2008) ed una carta di Pedrotti (1963) è stato possibile localizzare approssimativamente il centroide di tutte le *patch* corrispondenti ai maggenghi individuati da Albertini (1955). I maggenghi analizzati hanno la caratteristica comune di essere sempre stati gestiti con tecniche estensive e tradizionali, cioè segati una volta l'anno, non fertilizzati, fatta eccezione per lo spargimento del letame, e non irrigati.

All'interno di un *buffer* di 1 km intorno ai centroidi, sono state distinte aree di pertinenza dei maggenghi ed aree caratterizzate da altri usi del suolo, utilizzando ortofoto (1973-2006) ed una mappa catastale asburgica del 1859 (Bednarr et al. 1859). L'intervallo temporale delle foto (1973-2006) è stato scelto per essere sicuri che l'associazione *Polygono-Trisetion*, tipica dei maggenghi, non avesse subito cambiamenti rispetto a quanto indicato nella carta della vegetazione redatta da Pedrotti et al. (1974). La mappa catastale è stata digitalizzata dal Servizio Catasto della Provincia di Trento (Servizio Catasto 2006), mentre la carta della vegetazione di Pedrotti et al. (1974) dagli autori. Nelle Tab. 1 e Tab. 2 è riportato il materiale fotografico e cartografico utilizzato.

La foto-interpretazione e tutte le altre analisi spaziali sono state condotte utilizzando il software GIS ESRI ArcMap 9.2 (ESRI 2006) ad una scala fissa di 1:5000 per minimizzare gli errori di mappatura e con celle di 5 x 5 m come unità di riferimento, corrispondente, sullo schermo, a 1 x 1 mm. Sulla mappa *grid* risultante sono stati perimetrati i maggenghi, adottando i seguenti parametri di calcolo nell'estensione per ArcGIS PatchMorph (Girvetz & Greco 2007): *neighborhood radius*: 17.84 m, *density filter mask threshold*:

Tab. 1 - Foto aeree digitali utilizzate per identificare i maggenghi.

Nome del volo	Data	Scala media nominale	Lunghezza focale (mm)	Risoluzione media immagine (m)	Colore
Rossi s.r.l.	11.10.1973	1:25000	153.12	1	b/n
TerraItaly 1994	13.10.1995	1:70000	152.82	1	b/n
TerraItalyTM 98/99	02.10.1999	1:40000	153.31	1	Colore
Digital TerraItalyTM	01.09.2006	1:10000	62.5	0.5	Colore

0.8, *gap* e *spur thresholds*: 10 e 0 m, rispettivamente. Infine, sono stati eliminati tutti i maggenghi con una estensione inferiore a 0.1 ha. I parametri adottati sono stati scelti in base alla definizione di foreste secondarie adottata dal Servizio Foreste della Provincia di Trento (Sitzia 2009), che definisce criteri minimi per considerare una superficie prato e/o pascolo, ovvero area minima di 0.1 ha, densità di alberi minore del 20 % e la larghezza di almeno 10 m (corrispondenti a due celle contigue di 5 x 5 m).

Analisi dei dati

Sono stati calcolati cinque attributi spaziali dei maggenghi ovvero superficie, un indice di forma, un indice di dimensione frattale, un indice di allungamento ed un indice di connettività. Questi indici sono stati scelti poiché non ridondanti ed ecologicamente significativi (Turner 1990, Wang & Malanson 2007).

L'indice di allungamento è dato dal rapporto tra l (lunghezza) e w (larghezza - Davis 1986); l'indice di forma e l'indice di dimensione frattale sono stati calcolati come in McGarigal & Marks (1995) attraverso l'estensione Patch Analyst 4 per ArcGIS (Rempel 2008).

All'interno di un *buffer* di 1000 m di raggio è stata poi calcolata la distanza massima tra i più vicini centroidi di tutti i prati posti ad altitudine inferiore a 2100 m s.l.m., cioè a valle del limite superiore del bo-

sco (Piussi 1992). Entro la distanza così ottenuta, è stata calcolata la superficie relativa di maggenghi attorno ai 59 prati individuati, cui è stato dato il significato di indice di connettività (*sensu* Kindlmann & Burel 2008) per le cenosi prative oggetto dello studio. E' stata quindi calcolata la lunghezza dell'asse (l) e la larghezza (w) del più stretto rettangolo possibile che includesse ciascun maggengo.

La significatività della variazione delle superfici, degli indici di forma e dell'indice di connettività nel periodo compreso tra il 1973 ed il 2006, è stata testata tramite il test ANOVA ad una via. La fisionomia e la distribuzione attuali dei prati è stata infine confrontata con quella dei prati del 1859, quando l'attività agricola e zootecnica era ancora predominante nell'area esaminata. Le correlazioni tra gli attributi spaziali all'interno dell'anno di riferimento sono state calcolate attraverso il coefficiente di Pearson. L'analisi statistica è stata effettuata mediante il *software* Statistica 9.0 (Statsoft 2009).

Analisi dell'evoluzione degli usi del suolo

All'interno dei medesimi *buffer* utilizzati per il calcolo dell'indice di connettività dei maggenghi, è stata calcolata poi la variazione di superficie di 5 categorie di uso del suolo (abitati e/o edifici, prato e/o pascolo, fiumi e/o laghi, rocce e/o detriti, bosco) nel 1973 e nel 2006, al fine di descrivere in maniera più completa l'evoluzione dei diversi usi del suolo attor-

Tab. 2 - Mappe utilizzate per identificare i maggenghi.

Descrizione della mappa	Riferimento bibliografico	Data rilievo di campo	Scala	Categorie
Catasto austriaco	Bednarr et al. (1859)	1859	1:2880	Usi del suolo
Carta economico-pastorale del gruppo Ortles-Cevedale	Albertini (1955)	1955	1:180000	Usi del suolo ed agricoli (maggenghi)
Carta della vegetazione del Parco Nazionale dello Stelvio	Pedrotti et al. (1974)	1961-1970	1:50000	Comunità vegetali
Carta del limite potenziale del bosco in Trentino	Piussi (1992)	1987-1990	1:25000	Usi del suolo potenziali
Habitat Natura 2000	Sitzia (2008)	2007-2008	1:10000	Habitat natura 2000

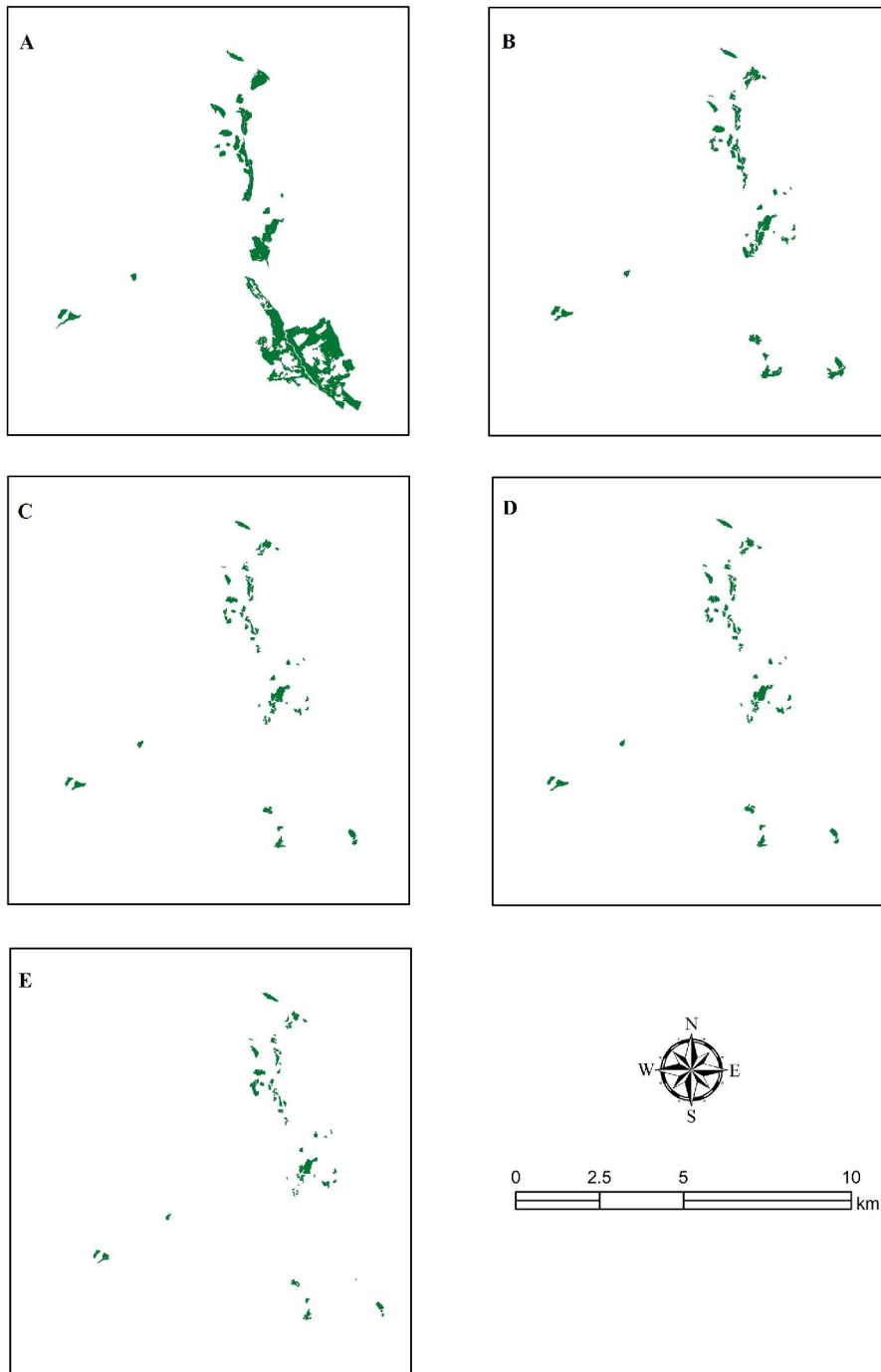


Fig. 3 - Evoluzione dei maggenghi della Val di Pejo dal 1859 al 2006: 1859 (A), 1973 (B), 1995 (C), 2000 (D), 2006 (E).

no ai maggenghi analizzati. All'interno di ciascun *buffer* sono state createi dei temi poligonali per ciascun uso del suolo.

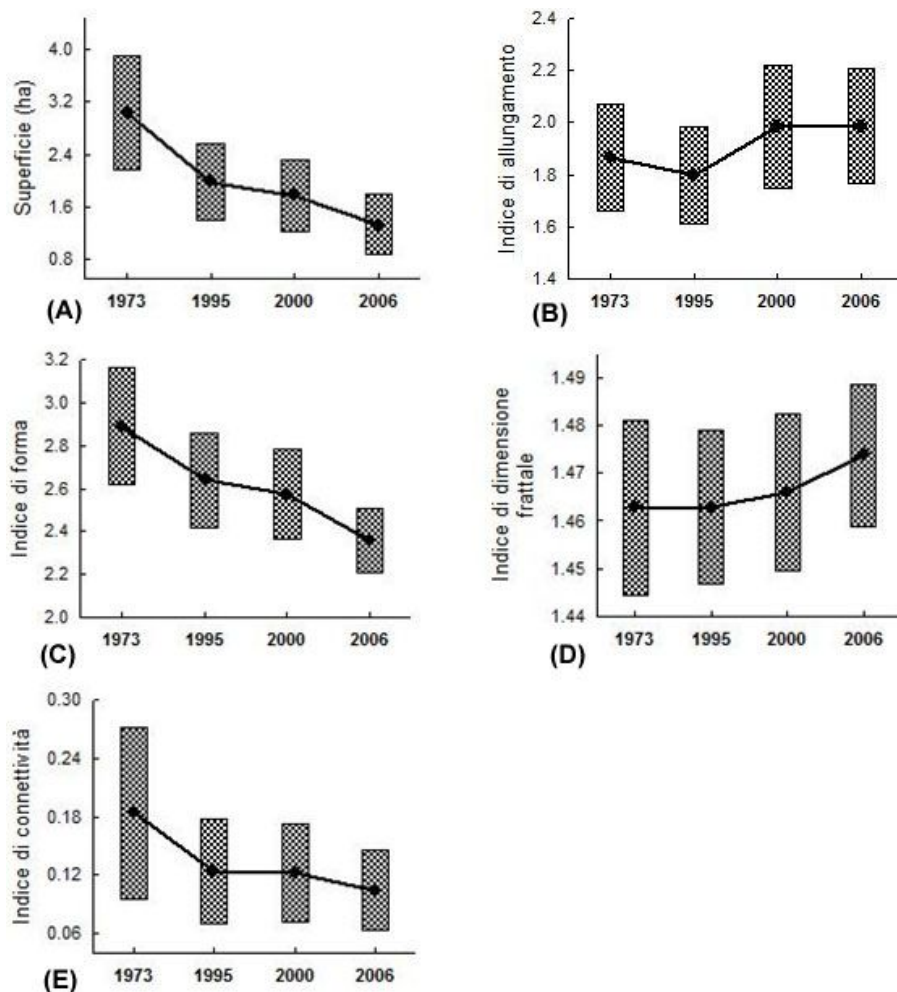
Risultati

Attraverso l'interpretazione delle foto aeree e delle mappe catastali si è potuto ottenere un database spaziale costituito da cinque *layer* temporali (1859, 1973, 1995, 2000, 2006) dei maggenghi precedentemente selezionati (Fig. 3).

La superficie totale dei 59 maggenghi attuali è di

78.3 ha. L'estensione di ciascun maggengo varia da 0.10 a 11.40 ha. La loro lunghezza (l) varia tra 45 m e 865 m, mentre la larghezza (w) tra 20 m e 395 m. L'indice di allungamento varia tra 1.09 (forme compatte) e 5.00 (forme più allungate). L'indice di forma denota la presenza di forme quasi circolari poiché varia tra 1.47 e 3.99. L'indice di dimensione frattale varia tra 1.36 (perimetri regolari), e 1.65 (perimetri più complessi). La distanza massima tra i centroidi dei maggenghi è risultata di 527 m ed è stata, come già detto, utilizzata per dimensionare il raggio entro

Fig. 4 - Andamento della superficie (A), dell'indice di allungamento (B), dell'indice di forma (C), dell'indice di dimensione frattale (D) e dell'indice di connettività (E) tra il 1973 ed il 2006. I quadrati indicano la media, le barre l'intervallo di confidenza al 95%.



cui calcolare la connettività, che è risultata compresa tra 0.08 e 0.23. Il fatto che questa distanza corrisponda, secondo Tschamtket et al. (2005), a quella massima entro la quale può avvenire la dispersione di semi di specie vegetali tra popolazioni locali, conferma la validità ecologica dell'indice calcolato per una parte degli organismi legati ai prati.

L'area totale dei maggenghi indagati è nel 2006 pari al 57 % di quella rilevata per il 1973, e quattordici dei maggenghi presenti oggi sono il risultato della frammentazione di sette maggenghi presenti nel 1973. I risultati mostrano come si sia verificata una riduzione significativa delle superfici dei maggenghi ($F_{[3, 232]} = 5.5$; $p = 0.0012$). Analogamente, è stata osservata una significativa riduzione dell'indice di forma ($F_{[3, 232]} = 4.3$; $p = 0.006$) e dell'indice di connettività ($F_{[3, 232]} = 17.0$; $p < 0.0001$). L'indice di allungamento ($F_{[3, 232]} = 0.8$; $p < 0.521$) e quello di dimensione frattale ($F_{[3, 232]} = 0.4$; $p < 0.732$) non hanno invece manifestato alcun *trend* significativo (Fig. 4). Tra le metriche analizzate, solamente estensione e indice di forma sono sempre correlate positivamente ($r > 0.43$; $p < 0.001$).

Dei venticinque maggenghi presenti nel 1859, dodici si presentano attualmente suddivisi in 39 frammenti più piccoli e 13 si sono ridotti in estensione senza fenomeni di frammentazione. Sette maggenghi presenti nel 2006 non esistevano nel 1859. Nel 1859 l'estensione totale dei maggenghi era di 468.75 ha, la media 18.75 ha, ma con un intervallo di variazione molto ampio, tra 0.7 e 186 ha. I valori medi dell'indice di allungamento e dell'indice di forma si sono ridotti rispetto alla situazione attuale (Tab. 3); essi avevano inoltre una ben più ampia variabilità. L'indice di dimensione frattale assumeva valori leggermente più bassi, mentre il valore medio dell'indice di connettività era più elevato.

Come era logico aspettarsi, l'analisi degli usi del suolo tra il 1973 ed il 2006 mostra chiaramente come le superfici occupate dai maggenghi siano state progressivamente invase dal bosco (Fig. 5). In particolare il bosco ha avuto un incremento di circa il 7% intorno al *buffer* considerato, seguito da un leggero aumento delle superfici abitative. Fiumi, laghi e rocce non hanno subito variazioni significative.

Tab. 3 - Media ed intervalli di confidenza al 95% per superficie (ha), indici di allungamento, forma, dimensione frattale e connettività per i prati attuali (N = 59) e per quelli del 1859 (N = 25).

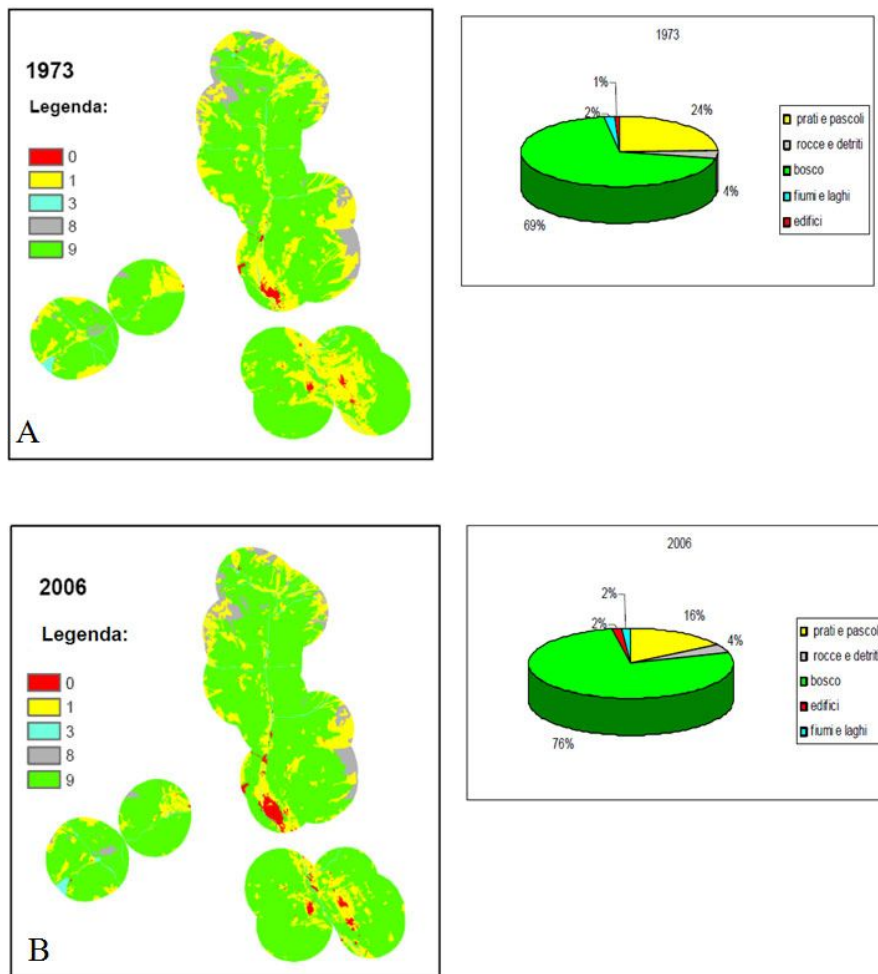
Variabile	Media (interv. conf.)	
	Attuale	1859
Superficie (ha)	1.32 (\pm 0.46)	18.75 (\pm 17.52)
Indice di allungamento	1.98 (\pm 0.22)	2.80 (\pm 0.95)
Indice di forma	2.35 (\pm 0.15)	2.97 (\pm 0.99)
Indice di dimensione frattale	1.48 (\pm 0.02)	1.39 (\pm 0.02)
Indice di connettività	0.10 (\pm 0.01)	0.25 (\pm 0.03)

Discussione

I risultati dello studio mostrano chiaramente il processo di frammentazione dei maggenghi avvenuto nel periodo compreso tra il 1973 ed il 2006. Tale processo si è manifestato sia con la riduzione dell'estensione totale dell'habitat dei maggenghi sia nella parcellizzazione degli stessi in frammenti più piccoli

con diverso grado di isolamento all'interno della matrice boschiva (Saunders et al. 1991). Questo *trend* è evidenziato da altri autori in Italia (Mazzoleni et al. 2004, Turri & De Ros 2005, Argenti et al. 2006, Agnoletti 2007, Geri 2008) ed in Europa (Sitzia et al. 2010) e può essere interpretato come una lenta riconquista del bosco e della vegetazione naturale che produce un inglobamento dei vecchi frammenti di bosco in nuclei progressivamente più grandi (Geri 2008).

L'estensione dei prati ed i valori degli indici di forma di un paesaggio dipendono da come è avvenuto il processo di frammentazione (Forman 1995). Tra il 1973 ed il 2006, l'indice di dimensione frattale è rimasto pressoché invariato, poiché, come riportato in Hargis et al. (1998), l'irregolarità media del perimetro delle *patch* che compongono un paesaggio non mostra variazioni lineari con l'espansione del bosco. Anche l'indice di allungamento non ha manifestato variazioni significative poiché la lunghezza e la larghezza sono cambiate più o meno con le stesse proporzioni. La significativa riduzione nel tempo dei valori dell'indice di forma, invece, dimostra chiara-



mente come sia avvenuto un processo di riforestazione naturale nelle porzioni più difficilmente accessibili e marginali dei maggenghi per le attività agri-zootecniche, come i lobi dei prati, i quali rendono i confini degli stessi maggiormente curvilinei (Forman 1995). Questo fenomeno porta quindi ad una semplificazione delle forme nel tempo, fornendo anche indicazioni sull'evoluzione della biodiversità legata a questi *habitat*. Come riportato in Forman (1981), una *patch* dalle forme compatte ospita generalmente un maggior numero di specie specialiste dell'*habitat* che trova nella *patch* la sua manifestazione spaziale. Il trend evidenziato potrebbe quindi aver favorito l'espansione delle specie erbacee tipiche dei prati montani, caratterizzate cioè da fabbisogni di luce elevati, a scapito di quelle nemorali (Geiger 1965, Laurance & Yensen 1991). Tuttavia, la forte riduzione della superficie dei prati avvenuta tra il 1973 e il 2006 potrebbe aver condotto ad un'eccessiva riduzione della variabilità delle nicchie ecologiche e quindi alla riduzione della ricchezza in specie prative, indipendentemente dalla presenza di ambienti nemorali al margine.

Anche l'analisi dell'evoluzione della connettività tra le *patch* potrebbe avere grande influenza sulla biodiversità attuale; essa infatti è spesso legata in particolare modo all'assetto spaziale storico del paesaggio (Helm et al. 2006, Sitzia & Trentanovi 2011). L'impatto delle attività agricole nel secolo scorso era molto elevato e la dispersione dei semi delle specie potrebbe essere stata sicuramente favorita, data la maggiore connessione di questi *habitat*. Il processo di frammentazione porta alla formazione di *patch* tra loro isolate e quindi meno connesse, trasformando la matrice ambientale da favorevole ad ostile (Farina 2001). La possibilità di dispersione delle specie quindi diminuisce esponenzialmente, toccando livelli minimi nella situazione attuale. L'espansione della matrice boschiva a scapito dei maggenghi potrebbe causare nel lungo periodo una estinzione a livello locale delle specie tipiche di questi *habitat*.

L'analisi dei maggenghi "storici", relativi cioè al 1859, evidenzia infine come la loro diminuzione di complessità ed estensione negli ultimi 40 anni sia solo un'appendice di un processo iniziato il secolo scorso, quando l'assetto spaziale della valle era molto differente da oggi. L'abbandono infatti dei prati e dei pascoli ha portato all'espansione delle neoformazioni forestali, anche se con tempi e modi differenti (Piusi 2002, Sitzia 2009). Le cause di questo fenomeno sono da ricercarsi nei cambiamenti socio-economici avvenuti non solo nella valle oggetto dello stu-

dio ma in tutta Italia ed in Europa, in particolare modo a partire dagli anni cinquanta del secolo scorso (ad esempio: MacDonald et al. 2000, Piusi & Farrell 2000, Scarascia-Mugnozza et al. 2000, Rey Benayas et al. 2007).

Conclusioni

Lo studio dell'evoluzione del paesaggio è fondamentale per capire le dinamiche avvenute in un territorio e per prevedere possibili scenari futuri (Turner et al. 2001). In questo lavoro si è voluto focalizzare l'attenzione sulle dinamiche che hanno interessato *patch* erbacee, ovvero i maggenghi considerati, presenti nella Val di Pejo, poiché, come avviene a livello di tutto il distretto alpino, questi *habitat* stanno progressivamente scomparendo a causa della riforestazione naturale. L'analisi ha evidenziato un chiaro fenomeno di frammentazione e semplificazione delle forme dei maggenghi, a causa del processo di riforestazione naturale conseguente l'abbandono dell'agricoltura in montagna. Le dinamiche hanno portato ad un profondo cambiamento dell'assetto spaziale della valle dal 1859 ad oggi. Le conseguenze di questo fenomeno sono la perdita degli aspetti culturali del paesaggio (MacDonald et al. 2000, Nikodemus et al. 2005), dell'eterogeneità nel mosaico paesaggistico (Olsson et al. 2000) e l'evoluzione della biodiversità (Sitzia & Trentanovi 2011). Studi di questo tipo possono essere molto utili nell'indirizzare le politiche di conservazione delle cenosi prative, che purtroppo sono ancora oggi spesso troppo aleatorie, con imprevedibili conseguenze sulla biodiversità presente nel territorio (Rey Benayas et al. 2007). Considerando infatti l'elevato valore paesaggistico di questo *habitat*, una politica di incentivi allo sfalcio appare una delle poche possibilità per evitare l'ulteriore erosione di questo *habitat* (Lasen 2006). È però importante che questi incentivi vengano indirizzati alle aree dove il fenomeno è più intenso, selezionando le singole *patch* sulle quali intervenire anche sulla base della loro struttura spaziale attuale e passata, che è spesso in relazione alla loro diversità floristica, come dimostrato da molteplici studi (Grossi et al. 1995, Grace & Guntenspergen 1999, Cousins et al. 2007, Gustavsson et al. 2007). Ciò significa adottare un approccio di paesaggio nella pianificazione forestale e nella selvicoltura (Bagnaresi 1987, Paci 2004, Mairota & Piusi 2009) che, oltre a considerare i boschi (Nocentini 2005, Pignatti 2011), tenga conto, nelle valutazioni sull'equilibrio ecosistemico, anche degli altri usi del suolo seminaturali che con esse hanno rapporti di tipo funzionale.

Ringraziamenti

Un sentito ringraziamento è rivolto agli ex studenti che hanno collaborato alla realizzazione delle mappe d'uso del suolo (M. Ciesa, M. Groppo, C. Picotti, A. Martinelli, L. Veronesi) e al Servizio Catasto, nella persona di D. Buffoni, per aver reso disponibile la mappa catastale asburgica.

Bibliografia

- Agnoletti M (2007). The degradation of traditional landscape in a mountain area of Tuscany during the 19th and 20th centuries: Implications for biodiversity and sustainable management. *Forest Ecology and Management* 249: 5-17. - doi: [10.1016/j.foreco.2007.05.032](https://doi.org/10.1016/j.foreco.2007.05.032)
- Albertini R (1955). La vita pastorale sul gruppo Ortles-Cevedale. Ufficio coordinamento Statistiche e Studi, Trento.
- Argenti G, Bianchetto E, Ferretti F, Giulietti V, Milandri M, Pelleri F, Romagnoli P, Signorini M, Venturi E (2006). Caratterizzazione di un'area pascoliva in fase di abbandono attualmente utilizzata in modo estensivo (S. Paolo in Alpe - S. Sofia, FC). *Forest@* 3: 387-396. - doi: [10.3832/efor0385-0030387](https://doi.org/10.3832/efor0385-0030387)
- Bagnaresi U (1987). Bosco e Paesaggio. *L'Italia Forestale e Montana* 42 (3): 163-179.
- Bednarr F, Bolusek C, Landkasch A, Ritschel G, Schrottmann L, Smizitz G, Visnish A, and Wefely G (1859). Catasto Austriaco. Mappa n. 82, 83, 98, 102, 240. Distretto Censuario di Malè, Provincia di Tirolo, Circolo di Trento.
- Cernusca A, Bahn M, Chemini C, Graber W, Siegwolf R, Tappeiner U, Tenhunen J (1998). ECOMONT: a combined approach of field measurements and process-based modelling for assessing effects of land-use changes in mountain landscapes. *Ecological Modelling* 113: 167-178. - doi: [10.1016/S0304-3800\(98\)00142-2](https://doi.org/10.1016/S0304-3800(98)00142-2)
- Ciolfi M, Milesi E, Vitti A, Zatelli P (2003). I cambiamenti del paesaggio montano: analisi di immagini aeree multitemporali per l'individuazione dei cambiamenti del paesaggio alpino. *Bollettino AIC* 117-118-119: 397-410.
- Conti G, Fagarazzi L (2004). Sustainable mountain development and the key-issue of abandonment of marginal rural areas. *Planum* 11:1-20.
- Corona P, Pompei E, Scarascia Mugnozza G (2005). Stima probabilistica del tasso di espansione annua e del valore al 1990 della superficie forestale nella Regione Abruzzo. *Forest@* 2: 178-184. - doi: [10.3832/efor0283-0020178](https://doi.org/10.3832/efor0283-0020178)
- Corti M (2008). L'organizzazione dell'alpeggio tra passato e presente. ERSAF, Milano.
- Cousins SAO, Ohlson H, Eriksson O (2007). Effects of historical and present fragmentation on plant species diversity in semi-natural grasslands in Swedish rural landscapes. *Landscape Ecology* 22:723-730. - doi: [10.1007/s10980-006-9067-1](https://doi.org/10.1007/s10980-006-9067-1)
- Da Ronch F, Ziliotto U (2008). Evolution of abandoned pastures in some heath lands in Mount Grappa (Venetia, northeastern Italy). *Acta Botanica Gallica* 155: 89-96.
- Davis CA (1986). *Statistics and data analysis in geology*. John Wiley, New York (USA), pp. 646.
- Dramstad WE, Fjellstad WJ, Fry GLA (1998). Landscape indices-useful tools or misleading numbers? In: *Proceedings of the 1998 European Congress of IALE "Key Concepts in Landscape Ecology"* (Dover JW, Bunce RGH eds). IALE, UK, pp. 63-68.
- Dullinger S, Dirnbock T, Greimler J, Grabherr G (2003). A resampling approach for evaluating effects of pasture abandonment on subalpine plant species diversity. *Journal of Vegetation Science* 14: 243-252. - doi: [10.1111/j.1654-1103.2003.tb02149.x](https://doi.org/10.1111/j.1654-1103.2003.tb02149.x)
- ESRI (2006). *ArcInfo 9: using ArcGis Desktop*. ESRI, CA (USA).
- Farina A (2001). *Ecologia del Paesaggio*. UTET, Torino, pp. 673.
- Forman RTT (1981). Interaction among landscape elements: a core of landscape ecology. In: *"Perspectives in landscape ecology"* (Tjallingii SP, de Veer AA eds). PUDOC, Wageningen, Netherlands, pp. 35-48.
- Forman RTT (1995). *Land mosaics, the ecology of landscape and regions*. Cambridge University Press, New York, USA, pp. 632.
- Geiger R (1965). *The climate near the ground*. Harvard university press, Cambridge, Massachusetts, USA, pp. 611.
- Gellrich M, Baur P, Koch B, Zimmermann NE (2007). Agricultural land abandonment and natural forest re-growth in the Swiss mountains: A spatially explicit economic analysis. *Agriculture Ecosystems & Environment* 118: 93-108. - doi: [10.1016/j.agee.2006.05.001](https://doi.org/10.1016/j.agee.2006.05.001)
- Geri F (2008). Analisi multitemporale del paesaggio forestale della Provincia di Siena mediante l'utilizzo di cartografie storiche. *Forest@* 5: 82-91. - doi: [10.3832/efor0508-0050082](https://doi.org/10.3832/efor0508-0050082)
- Girvetz E, Greco S (2007). How to define a patch: a spatial model for hierarchically delineating organism-specific habitat patches. *Landscape ecology* 22: 1131-1142. - doi: [10.1007/s10980-007-9104-8](https://doi.org/10.1007/s10980-007-9104-8)
- Giupponi C, Ramanzin M, Sturato E, Fuser S (2006). Climate and land use changes, biodiversity and agri-environmental measures in the Belluno province, Italy. *Environmental Science and Policy* 9: 163-173. - doi: [10.1016/j.envsci.2005.11.007](https://doi.org/10.1016/j.envsci.2005.11.007)
- Grace JB, Guntenspergen GR (1999). The effects of landscape position on plant species density: evidence of past environmental effects. *Ecoscience* 6:381-391.
- Grossi JL, Chenavier L, Delcros P, Brun JJ (1995). Effects of landscape structure on vegetation and some animal

- groups after agriculture abandonment. *Landscape and Urban Planning* 31: 291-301. - doi: [10.1016/0169-2046\(94\)01054-C](https://doi.org/10.1016/0169-2046(94)01054-C)
- Gustavsson E, Lennartsson T, Emanuelsson M (2007). Land use more than 200 years ago explains current grassland plant diversity in a Swedish agricultural landscape. *Biological Conservation* 138:47-59. - doi: [10.1016/j.biocon.2007.04.004](https://doi.org/10.1016/j.biocon.2007.04.004)
- Hanski I (1994). A practical model of metapopulation dynamics. *Journal of Animal Ecology* 63: 151-162. - doi: [10.2307/5591](https://doi.org/10.2307/5591)
- Hargis CD, Bissonette JA, David JL (1998). The behavior of landscape metrics commonly used in the study of habitat fragmentation. *Landscape ecology* 13: 167-186. - doi: [10.1023/A:1007965018633](https://doi.org/10.1023/A:1007965018633)
- Helm A, Hanski I, Partel M (2006). Slow response of plant species richness to habitat loss and fragmentation. *Ecology Letters* 9: 72-77. - doi: [10.1111/j.1461-0248.2005.00841.x](https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2005.00841.x)
- ISTAT (1961). 1° Censimento generale dell'agricoltura: 15 aprile 1961. Istituto Centrale di Statistica, Roma.
- Kindlmann P, Burel F (2008). Connectivity measures: a review. *Landscape ecology* 23: 879-890. - doi: [10.1007/s10980-008-9245-4](https://doi.org/10.1007/s10980-008-9245-4)
- Kleyer M, Biedermann R, Henle K, Obermaier E, Poethke HJ, Poschod P, Schroder B, Settele J, Vetterlein D (2007). Mosaic cycles in agricultural landscapes of Northwest Europe. *Basic and Applied Ecology* 8: 295-309. - doi: [10.1016/j.baae.2007.02.002](https://doi.org/10.1016/j.baae.2007.02.002)
- Laiolo P, Dondero F, Ciliento E, Rolando A (2004). Consequences of pastoral abandonment for the structure and diversity of the alpine avifauna. *Journal of Applied Ecology* 41: 294-304. - doi: [10.1111/j.0021-8901.2004.00893.x](https://doi.org/10.1111/j.0021-8901.2004.00893.x)
- Lambin E, Geist H, Lepers E (2003). Dynamics of land-use and land-cover change in tropical regions. *Annual Review of Environment and Resources* 28: 205-241. - doi: [10.1146/annurev.energy.28.050302.105459](https://doi.org/10.1146/annurev.energy.28.050302.105459)
- Lasen C (2006). Habitat Natura 2000 in Trentino. Provincia Autonoma di Trento, Trento, pp. 206.
- Laurance WF, Yensen E (1991). Predicting the impacts of edge effects in fragmented habitats. *Biological Conservation* 55: 77-92. - doi: [10.1016/0006-3207\(91\)90006-U](https://doi.org/10.1016/0006-3207(91)90006-U)
- Li YC (2008). Land cover dynamic changes in northern China: 1989-2003. *Journal of Geographical Sciences* 18: 85-94. - doi: [10.1007/s11442-008-0085-6](https://doi.org/10.1007/s11442-008-0085-6)
- MacDonald D, Crabtree JR, Wiesinger G, Dax T, Stamou N, Fleury P, Lazpita JG, Gibon A (2000). Agricultural abandonment in mountain areas of Europe: Environmental consequences and policy response. *Journal of Environmental Management* 59: 47-69. - doi: [10.1006/jema.1999.0335](https://doi.org/10.1006/jema.1999.0335)
- Mairota P, Piussi P (2009). Ecosistemi forestali nel paesaggio. Riflessioni sull'importanza del "contesto", tra ecologia, determinanti di cambiamento, politica e strumenti normativi. In: *Atti del "III Congresso Nazionale di Selvicoltura"*. Taormina (ME), 16-19 ottobre 2008. Accademia Italiana di Scienze Forestali, Firenze, pp. 995-1000.
- Marini L, Fontana P, Battisti A, Gaston KJ (2009). Response of orthopteran diversity to abandonment of semi-natural meadows. *Agriculture Ecosystems and Environment* 132: 232-236. - doi: [10.1016/j.agee.2009.04.003](https://doi.org/10.1016/j.agee.2009.04.003)
- Maurer K, Weyand A, Fischer M, Stocklin J (2006). Old cultural traditions, in addition to land use and topography, are shaping plant diversity of grasslands in the Alps. *Biological Conservation* 130: 438-446. - doi: [10.1016/j.biocon.2006.01.005](https://doi.org/10.1016/j.biocon.2006.01.005)
- Mazzoleni S, di Martino P, Strumia S, Buonanno M, Bellelli M (2004). Recent changes of coastal and sub-mountain vegetation landscape in Campania and Molise regions in Southern Italy. In "Recent dynamics of the mediterranean vegetation and landscape" (Mazzoleni S, di Pasquale G, Mulligan M, di Martino P, Rego F eds). John Wiley and Sons, Ltd, Chichester, UK, pp. 145-155.
- McGarigal K, Marks BJ (1995). FRAGSTATS: spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure. General Technical Report, Pacific Northwest Research Station, USDA Forest Service, Portland, USA, pp. 204-351.
- Meeus JHA, Wijermans MP, Vroom MJ (1990). Agricultural landscapes in Europe and their transformation. *Landscape and Urban Planning* 18: 289-352. - doi: [10.1016/0169-2046\(90\)90016-U](https://doi.org/10.1016/0169-2046(90)90016-U)
- Nagendra H, Munroe DK, Southworth J (2004). From pattern to process: landscape fragmentation and the analysis of land use/land cover change. *Agriculture Ecosystems and Environment* 101: 111-115. - doi: [10.1016/j.agee.2003.09.003](https://doi.org/10.1016/j.agee.2003.09.003)
- Nikodemus O, Bell S, Grine I, Liepins I (2005). The impact of economic, social and political factors on the landscape structure of the Vidzeme Uplands in Latvia. *Landscape and Urban Planning* 70: 57-67. - doi: [10.1016/j.landurbplan.2003.10.005](https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2003.10.005)
- Nocentini S (2005). Conservazione della complessità e della diversità biologica dei sistemi forestali. *L'Italia Forestale e Montana* 60 (4): 341-349.
- Novello N (2009). *Annuario statistico 2008*. Provincia Autonoma di Trento, Servizio Statistica, Trento.
- Olsson EGA, Austrheim G, Grenne SN (2000). Landscape change patterns in mountains, land use and environmental diversity, Mid-Norway 1960-1993. *Landscape Ecology* 15:155-170. - doi: [10.1023/A:1008173628016](https://doi.org/10.1023/A:1008173628016)
- Paci M (2004). Problemi attuali della selvicoltura naturalistica. *Forest@* 1 (2): 59-69. - doi: [10.3832/efor0232-001](https://doi.org/10.3832/efor0232-001)
- Pedrotti F (1963). I prati falciabili della Val di Sole (Trentino Occidentale). *Studi Trentini di Scienze Naturali* 40: 3-122.

- Pedrotti F (1988). L'alterazione del paesaggio delle montagne del Trentino a seguito dei cambiamenti nell'uso del territorio. *Colloques phytosociologiques* 17: 207-219.
- Pedrotti F, Orsomando E, Cortini Pedrotti C (1974). Carta della vegetazione del Parco Nazionale dello Stelvio (notizia esplicativa). Amministrazione Parco Nazionale dello Stelvio, Bormio, pp. 1-86.
- Pignatti G (2011). Gestione forestale e complessità: verso una nuova selvicoltura? *Forest@* 8: 126-129 - doi: [10.3832/efor0660-008](https://doi.org/10.3832/efor0660-008)
- Piussi P (1992). Carta del limite potenziale del bosco in Trentino. Servizio Foreste, Caccia e Pesca. Provincia autonoma di Trento, Trento, pp. 69.
- Piussi P (2002). Rimboschimenti spontanei ed evoluzioni post-coltura. *Monti e Boschi* 53 (3-4): 31-37.
- Piussi P, Farrell EP (2000). Interactions between society and forest ecosystems: challenges for the near future. *Forest Ecology and Management* 132: 21-28. - doi: [10.1016/S0378-1127\(00\)00376-5](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(00)00376-5)
- Rempel R (2008). Patch Analyst for ArcGIS®. Centre for Northern Forest Ecosystem Research, Thunder Bay (Ontario).
- Rey Benayas J, Martins A, Nicolau J, Schulz J (2007). Abandonment of agricultural land: an overview of drivers and consequences. *CAB Reviews* 2: 1-14. - doi: [10.1079/PAV-SNNR20072057](https://doi.org/10.1079/PAV-SNNR20072057)
- Romero-Calcerrada R, Perry GLW (2004). The role of land abandonment in landscape dynamics in the SPA Encinares del rio Alberche y Cofio, Central Spain, 1984-1999. *Landscape and Urban Planning* 66: 217-232. - doi: [10.1016/S0169-2046\(03\)00112-9](https://doi.org/10.1016/S0169-2046(03)00112-9)
- Sassudelli G (2011). 6° Censimento generale dell'agricoltura 2010 - primi risultati provvisori. Provincia Autonoma di Trento, Servizio Statistica, pp. 16 [online] URL: http://antepreme.provincia.tn.it/binary/pat_statistica/censimento_agricoltura/CensAgricoltura2010PrimiRisultati-Provv.1315920412.pdf
- Saunders DA, Hobbs RJ, Margules CR (1991). Biological consequences of ecosystem fragmentation - a review. *Conservation Biology* 5: 18-32. - doi: [10.1111/j.1523-1739.1991.tb00384.x](https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.1991.tb00384.x)
- Scarascia-Mugnozza G, Oswald H, Piussi P, Radoglou K (2000). Forests of the mediterranean region: gaps in knowledge and research needs. *Forest Ecology and Management* 132: 97-109. - doi: [10.1016/S0378-1127\(00\)00383-2](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(00)00383-2)
- Seronde AM (1958). La vie pastorale sur le massif Ortles-Cevedale. *Annales de Géographie* 67: 160-161.
- Servizio Catasto (2006). La mappa storica. Provincia Autonoma di Trento, Servizio Catasto, Trento. [online] URL: http://www.catasto.provincia.tn.it/cenni_storici/pagina8.html
- Sestini A (1963). Il paesaggio. Touring Club Italiano, Milano, pp. 232
- Sitzia T (2008). ZPS IT312015. In: "Cartografia Habitat - Siti Natura 2000". Provincia Autonoma di Trento, Trento. [online] URL: <http://www.territorio.provincia.tn.it/portal/server.pt?open=514&objID=21153&mode=2>
- Sitzia T (2009). Ecologia e gestione dei boschi di neoformazione nel paesaggio del Trentino. Provincia Autonoma di Trento, Servizio Foreste e Fauna, Trento, pp. 301. [online] URL: <http://www.google.it/books?id=FvvKMjXxt3IC>
- Sitzia T, Trentanovi G (2011). Maggengo meadow patches enclosed by forests in the Italian Alps: evidence of landscape legacy on plant diversity. *Biodiversity and Conservation* 20: 945-961. - doi: [10.1007/s10531-011-0006-3](https://doi.org/10.1007/s10531-011-0006-3)
- Sitzia T, Semenzato P, Trentanovi G (2010). Natural reforestation is changing spatial patterns of rural mountain and hill landscapes: a global overview. *Forest Ecology and Management* 259: 1354-1362. - doi: [10.1016/j.foreco.2010.01.048](https://doi.org/10.1016/j.foreco.2010.01.048)
- Statsoft (2009). STATISTICA (Data analysis software system) 9.0. [online] URL: <http://www.statsoft.com>
- Tamanini B (1956). I pascoli montani nella provincia di Trento. *Economia Atesina* 3: 117-136.
- Tasser E, Tappeiner G (2002). Impact of land use changes on mountain vegetation. *Applied Vegetation Science* 5: 173-184. - doi: [10.1111/j.1654-109X.2002.tb00547.x](https://doi.org/10.1111/j.1654-109X.2002.tb00547.x)
- Tscharntke T, Klein AM, Kruess A, Steffan-Dewenter I, Thies C (2005). Landscape perspectives on agricultural intensification and biodiversity - ecosystem service management. *Ecology Letters* 8:857-874. - doi: [10.1111/j.1461-0248.2005.00782.x](https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2005.00782.x)
- Turner MG (1990). Spatial and temporal analysis of landscape patterns. *Landscape ecology* 4: 21-31. - doi: [10.1007/BF02573948](https://doi.org/10.1007/BF02573948)
- Turner MG, Gardner RH, O'Neill RV (2001). *Landscape ecology in theory and practice: pattern and process*. Springer, New York, USA, pp. 401.
- Turri D, De Ros G (2005). L'insediamento del bosco nei prati da sfalcio abbandonati. *Agribusiness, Paesaggio e Ambiente* 9 (2): 163-171.
- Van Eetvelde V, Antrop M (2004). Analyzing structural and functional changes of traditional landscapes-two examples from Southern France. *Landscape and Urban Planning* 67: 79-95. - doi: [10.1016/S0169-2046\(03\)00030-6](https://doi.org/10.1016/S0169-2046(03)00030-6)
- Wang Q, Malanson GP (2007). Patterns of correlation among landscape metrics. *Physical Geography* 28: 170-182. - doi: [10.2747/0272-3646.28.2.170](https://doi.org/10.2747/0272-3646.28.2.170)