

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA
FACOLTÀ DI AGRARIA

Dipartimento Territorio e Sistemi Agro-Forestali

TESI DI LAUREA IN SCIENZE FORESTALI ED AMBIENTALI

Evoluzione del paesaggio e cambiamenti di uso del suolo dal 1954 al 2006
nelle foreste di Tovanello e Cajada (Dolomiti – Belluno)

*Direction of change in landscape patterns and land cover from 1954 to 2006
in Tovanello and Cajada forests (Dolomites - Belluno)*

Relatore:
Tommaso SITZIA

Laureando:
Andrea SGARBOSSA
Matricola n. 604344-AB

ANNO ACCADEMICO 2010 - 2011

a Sandro
e Tiziana

Sommario

Riassunto	7
Abstract.....	9
1 Introduzione	11
1.1 Le modificazioni del territorio forestale montano	11
1.2 Obiettivi del lavoro.....	12
2 Aree di studio.....	15
2.1 Val Tovanella	15
2.1.1 La storia dell'area	15
2.1.2 Inquadramento geografico geomorfologico e geologico.....	16
2.1.3 Inquadramento climatico	18
2.1.4 Inquadramento vegetazionale	19
2.2 La Conca di Cajada	21
2.2.1 La storia dell'area	21
2.2.2 Inquadramento geografico, geomorfologico e geologico.....	22
2.2.3 Inquadramento climatico	23
2.2.4 Inquadramento vegetazionale	23
3 Materiali e metodi.....	25
3.1 Collezione e preparazione del materiale fotografico	25
3.2 Analisi delle ortofoto	27
3.3 Analisi delle metriche di paesaggio	29
3.3.1 Alcune considerazioni preliminari	30
3.3.2 Il calcolo degli indici di paesaggio per Tovanella e Cajada.....	33
4 Risultati.....	35
4.1 Tovanella.....	35
4.1.1 Categorie di uso del suolo	35
4.1.2 Analisi delle metriche del paesaggio	40
4.2 Cajada.....	43
4.2.1 Categorie di uso del suolo	43
4.2.2 Analisi delle metriche del paesaggio	47
4.3 Analisi delle aree di malga	51
4.4 La distanza minima dalle patch erbacee.....	54
5 Discussione	57
5.1 Le modificazioni degli usi del suolo: discussione e confronto.....	57
5.2 I cambiamenti del paesaggio nelle due aree di studio	59
6 Conclusioni.....	63

7 Bibliografia..... 69

Riassunto

In questo elaborato si presentano i risultati ottenuti dal lavoro condotto nell'ambito del progetto di collaborazione "Ricerca scientifica per individuare buone regole di gestione delle foreste in aree di interesse naturalistico" tra dipartimento Te.S.A.F. e Corpo Forestale.

Il lavoro ha come obiettivo quello di determinare se e come diversi livelli di pressione antropica sui territori indagati possono avere delle ripercussioni sull'evoluzione del paesaggio. Per fare ciò si sono scelte due aree, oggetto già di altri studi precedenti. La Val Tovanella che dagli anni Cinquanta non è più gestita e dal 1971 è diventata Riserva Naturale Orientata, e la Val di Cajada che invece è continuata ad essere gestita seppur con ritmi e intensità minori rispetto al passato. Si sono poi ricercate e analizzate serie di foto aeree storiche sia in formato cartaceo che digitale considerando un arco temporale di 52 anni, dal 1954 al 2006 dalle quali poter riconoscere i diversi usi del suolo. Strumento insostituibile nella conduzione delle analisi è stato il GIS attraverso il quale si sono potuti estrarre dalla lettura del territorio tutti i dati necessari. Dopo una prima fase di preparazione del materiale attraverso il processo di correzione delle foto e ortorettifica si è passati alla classificazione in cinque diverse classi di uso del suolo (bosco - prato e pascolo - prateria - arbusteto - rocce e ghiaioni).

Le analisi hanno dimostrato che dei profondi cambiamenti hanno interessato le due aree e che il bosco è notevolmente aumentato in superficie a rioccupare gli antichi territori strappati dall'opera dell'uomo. L'effetto maggiore, per le conseguenze che porta con sé, è stata la drastica diminuzione di spazi aperti quali prati pascoli o praterie che assicurano all'ambiente un alto potere nella conservazione della biodiversità. Il calcolo di alcuni indici del paesaggio e le loro elaborazioni statistiche hanno dimostrato che di maggior impatto sono stati gli effetti in Val Tovanella dove sostanzialmente queste cenosi sono sparite lasciando il posto ad un unico "mare verde" di bosco. La gestione attiva del territorio, come avvenuto in Cajada, ha invece permesso il mantenimento di un certo grado di mescolanza e connettività tra i diversi ecotopi. Tutto ciò fa quindi concludere che la presenza dell'uomo, in realtà locali, come sono le due studiate, e secondo modi e criteri dettati dall'ecologia, è l'unica via percorribile se si vuole mantenere elevato il valore di diversità biologica di queste aree.

Abstract

In this paper we would like to present the results of a work done within the project called “Scientific research to identify good management practices in natural forest reserves” with the collaboration of TeSAF and Corpo Forestale dello Stato.

The aim of this work is to define if and how different levels of pressure on the environment within the study sites are able to modify and interfere with the landscape layout and configuration.

To do this we have chosen two different study areas which structure, composition and processes have been already studied in previous works. The first one is the Tovanello Valley, which has not been actively managed since the 50’s and it was declared a Natural Reserve in 1971; the second one is the Cajada Valley that has been managed continuously until now, even if with lower levels of intensity. The following step was to collect and analyze different series of historical aerial photographs both in paper and digital supports, considering a time span of 52 years, from 1954 to 2006. These pictures were used to detect five different land use classes on the screen. An irreplaceable tool used during the analytical phase was the GIS (Geographic Information System), through which all the necessary data were extract by “reading” the landscape pattern. After the first phase, during which all the photographs were digitalized and correct by the orthorectification process, the second step was to analyze and differentiate the areas into 5 land use classes (forest - pasture – natural grassland – shrubland - rocks).

The results show that changes have interest within the two study sites and that the forest has increased its total surface. The most important change, considering the effect connected to it, was the drastic reduction in open spaces as grasslands and pastures, that are responsible of a consistent part of the total amount of habitat biodiversity. Some landscape metrics were calculated, and then statistically analyzed. They show that the higher effect of the abandonment occurred in Tovanello where the openings were completely fulfilled by the forests, creating a uniform “green sea” of trees. On the other hand, the active management of Cajada Valley through the last decades, has ensured a certain level of habitat fragmentation and interconnectivity. In conclusion it is possible to say that the presence of men with their traditional activities on a local level and based on the ecological laws is the only feasible way to maintain an high biological diversity in these areas.

1 Introduzione

1.1 *Le modificazioni del territorio forestale montano*

Da tempi immemorabili l'uomo si serve dell'ambiente che lo circonda per ricavare le risorse necessarie al suo sostentamento. Lo sfruttamento del territorio attraverso i secoli ha portato alla trasformazione periodica dell'ambiente e del paesaggio con un ritmo intimamente connesso alla presenza dell'uomo nel territorio e agli andamenti demografici, sociali ed economici in esso avvenuti (Aceto, Pividori et al. 2000; Sgarbossa 2008). In particolare negli ultimi decenni si è assistito ad un fenomeno di spopolamento delle zone marginali, specie quelle montane, e un esodo delle popolazioni verso le aree di pianura, con un conseguente abbandono delle attività tradizionalmente legate al territorio montano (Höchtel and Burkart 2000; Sgarbossa 2008; Sitzia 2009).

Le motivazioni di ciò vanno ricercate nella cessata economicità della vita rurale montana, a favore delle più innovative e remunerative opportunità offerte dalla pianura. Le zone di valle sono state infatti sempre più occupate e sfruttate, mentre i versanti montani, specie quelli a maggior acclività come Tovanella, sono stati abbandonati in modo più o meno repentino (Geri, Granziera et al. 2008).

Diretta conseguenza di questo fenomeno sociale è stata la progressiva rinaturalizzazione delle aree rurali che, specie nel piano montano, stanno lentamente cedendo il passo all'avanzata del bosco a rioccupare gli antichi confini (Aceto, Pividori et al. 2000; Garbarino and Pividori 2006). Se da un lato questo fenomeno porta al ritorno ad uno stadio di seminaturalità, dall'altro si assiste alla diminuzione di variabilità di ambienti ed ecosistemi che, finemente mescolati assieme a fornire numerose fasce di ecotono, fornivano una elevata diversità biologica (Höchtel, Lehringer et al. 2005). In particolare ci sono studi che analizzano come la biodiversità connessa all'agricoltura sia minacciata tanto dall'intensivizzazione quanto dall'abbandono delle pratiche agricole (Marriott, Fothergill et al. 2004). Con maggior evidenza questi fenomeni sono osservabili in aree protette come la Val Tovanella, in cui il regime riservistico imposto ha portato ad una cessazione totale e istantanea di ogni attività antropica a partire dagli anni Cinquanta. Molto spesso ciò si è tradotto in una massiccia ricolonizzazione e chiusura del bosco a carico di cenosi erbacee un tempo mantenute aperte dall'uomo (Lingua, Calvo et al. 2006) che per le loro caratteristiche rivestivano un'importantissima funzione di inerzia ecologica nel mantenere alto il numero di habitat e la loro fine mescolanza. Il grado

delle modificazioni del paesaggio dipende però da molti aspetti e varia nel tempo e nello spazio in modo parallelo alle fluttuazioni delle condizioni dei fattori ambientali.

Negli ultimi decenni hanno assunto sempre maggiore importanza le tematiche ambientali ed in particolar modo l'attenzione che si presta ai fenomeni di abbandono culturale e culturale delle zone montane e rurali hanno stimolato l'evoluzione di sistemi di monitoraggio del territorio via via più sofisticati e precisi. Il problema del paesaggio e del suo studio risiede nelle vastissime superfici con le quali si ha a che fare e all'impossibilità di utilizzare i tradizionali sistemi di rilievo nella misura dei suoi parametri. Fu così che, per motivi principalmente militari e bellici, nei primi decenni del secolo scorso si misero a punto sistemi di rilievo a distanza che aprirono di fatto le porte all'era del *telerilevamento*. *“Il telerilevamento è una scienza che permette di ottenere dati qualitativi e/o quantitativi riguardanti un oggetto, un'area o un fenomeno attraverso l'analisi dell'informazione acquisita senza contatto diretto con lo stesso oggetto, area o fenomeno indagato; questa informazione può provenire sia da foto aeree che da immagini satellitari”* (Mognol 2006).

D'altra parte, se l'unico limite per una gestione corretta e sostenibile delle risorse fosse solo l'acquisizione e l'accumulo di dati, i problemi sarebbero di risoluzione abbastanza semplice. Invece un limite comune a tutte le scienze naturali è quello di gestire l'enorme mole di dati a disposizione senza perdere di vista i componenti chiave principali; nel campo selvicolturale è stato detto che *“noi ora abbiamo più dati di quelli che possiamo di fatto interpretare”* (Lachowski, Maus et al. 2000). Il vero problema attuale, e lo sforzo quindi verso cui indirizzare gli obiettivi, è quello di rendere applicative le informazioni *“celate”* dentro i fotogrammi per renderle gestibili, calcolabili e quindi interpretabili. Si è certi, e gli studi lo confermano, che questo strumento ha il grande potere di saper individuare in modo preciso i cambiamenti del territorio ed è in grado di aiutare, se correttamente usato, a capire ed interpretare meglio le implicazioni che le azioni umane hanno avuto ed hanno sull'ambiente (Calvo-Iglesias, Fra-Paleo et al. 2006; Garbarino, Lingua et al. 2006; Corona, Fattorini et al. 2007; Kozak, Estreguil et al. 2007).

1.2 Obiettivi del lavoro

Questo lavoro viene condotto nell'ambito del progetto *“Ricerca scientifica per individuare buone regole di gestione delle foreste in aree di interesse naturalistico”* (AA.VV. 2009) condotta dal Dipartimento TeSAF dell'Università di Padova in collaborazione con l'Ufficio Territoriale per la Biodiversità di Belluno – Corpo Forestale dello Stato. Lo scopo di questo e di altri lavori

paralleli è quello di aumentare in modo significativo il bagaglio di informazioni disponibili per le due aree di interesse e vedere come intensità e modalità di gestione differenti possono influenzare la struttura dell'ecosistema forestale e del paesaggio più in genere.

Gli obiettivi del presente lavoro possono quindi essere così riassunti:

- Analisi quantitativa della variazione della copertura forestale in un arco temporale di 52 anni attraverso l'uso e l'analisi di serie fotogrammetriche storiche. Parallelamente si sono valutate anche le variazioni quantitative delle altre formazioni vegetali riconoscibili, che nella fattispecie sono rappresentate dalle fitocenosi erbacee (naturali o antropogene) ed arbustive (d'alta quota o di sponda);
- Analisi quantitativa dei processi di ricolonizzazione forestale secondo il gradiente altitudinale, nel tentativo di interpretare i dati misurati e valutare quali fattori hanno maggiormente guidato l'evoluzione del territorio all'aumentare della quota;
- Analisi qualitativa di tali modificazioni attraverso il calcolo e il confronto di alcuni indici di paesaggio. Il loro utilizzo permette di interpretare ad un livello conoscitivo superiore, quali processi specifici hanno determinato la quantità della variazione della copertura.
- L'accoppiamento dei dati raccolti con quelli relativi alla seconda parte del lavoro. Essa riguarda la valutazione delle modificazioni a livello strutturale dei popolamenti forestali di Tovanello e Cajada, aspetto questo non rilevabile a distanza ma solo con un lavoro in campo (Barazzutti 2010).

In definitiva si cerca di osservare se e come un diverso tipo di gestione per carattere ed intensità, porta a evoluzioni differenti del paesaggio forestale in aree simili e se questo può avere o meno una ripercussione sulla diversità biologica dei siti studiati.

2 Aree di studio

2.1 *Val Tovanella*

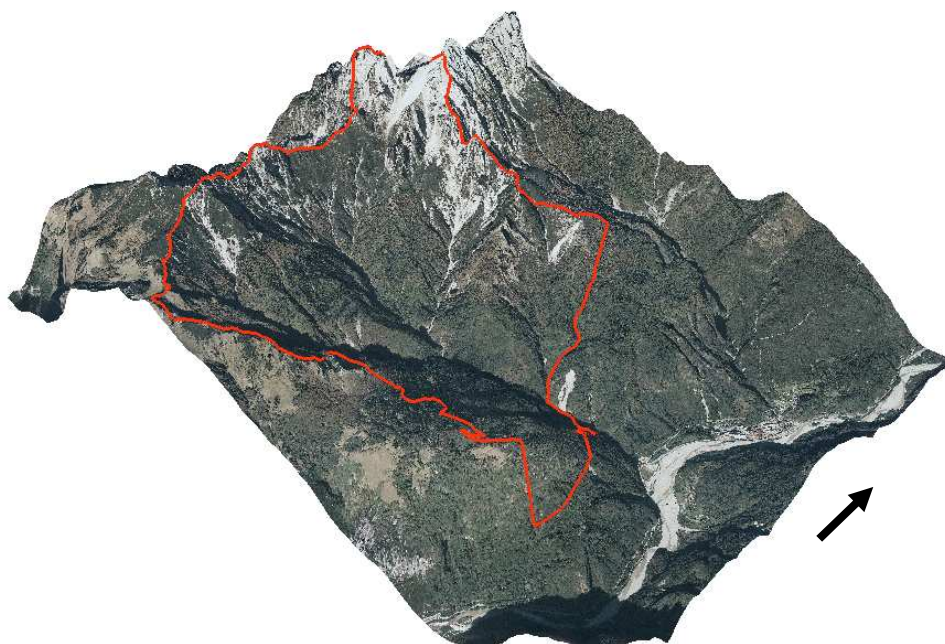


Figura 2.1: Visualizzazione 3D dell'area della Riserva di Val Tovanella i cui confini sono segnati in rosso. Il punto di vista aereo è posto a sud-est rispetto alla valle. La freccia nera indica il Nord.

2.1.1 La storia dell'area

Tovanella è una valle appartata, molto impervia e di difficile accesso, posizionata alla destra orografica della valle del Piave di cui il suo torrente, il Rio Tovanella appunto, ne è affluente principale. Proprio queste sue caratteristiche di inaccessibilità hanno permesso nei secoli una certa conservazione della risorsa forestale ed ecosistemica, rendendo più agevole alle popolazioni locali l'utilizzo di zone più favorevoli. Tuttavia numerose testimonianze scritte, svariati autori nei loro lavori, nonché lo studio dei popolamenti forestali attualmente presenti nella Riserva permettono di affermare inequivocabilmente che l'opera dell'uomo ha in ogni caso contribuito a plasmare il paesaggio e l'ambiente anche se in misura diversa rispetto alle aree limitrofe.

Di Tovanella il professor Susmel, curatore del piano di assestamento, scrisse: *“La crescente contaminazione per mano dell'uomo, se non ha potuto modificare i tratti della struttura fisiografica della valle, fermati inamovibilmente nella roccia, ne ha invece spogliato e alterato l'antico rivestimento vegetale, pur senza riuscire a cancellarne, per buona sorte, l'essenziale fisionomia originaria”* (Susmel 1958).

Più recentemente altri autori hanno sottolineato questo concetto confermando la relativa conservazione di ecosistemi semi-naturali e relativamente poco compromessi dall'opera dell'uomo (Campedel 2007).

Dalle testimonianze raccolte si può affermare che la presenza dell'uomo nella valle con attività sia di carattere forestale che pascolivo trovi le sue origini fin dai primi decenni del '400 e che sia continuata fino metà del secolo scorso quando, dopo il termine del secondo conflitto mondiale, la prospettiva di una vita migliore nelle zone di valle e pianura ed il crollo della redditività della attività agricole d'alta quota hanno portato ad uno spopolamento della montagna ed al conseguente abbandono delle attività ad essa connesse.

Il primo documento che menziona la Val Tovanella risale al 1428 e parla della definizione dei confini tra Belluno e il Cadore. Questa decisione di carattere amministrativo, non tenendo conto delle esigenze delle popolazioni locali, portò con sé una serie molto lunga di controversie e dispute per l'utilizzazione delle risorse fin'ora liberamente usate sulla base di antiche consuetudini locali. È poi del 1540 la decisione della Serenissima Repubblica di Venezia per decisione del Consiglio, di viziare, cioè bandire al taglio, i boschi di Tovanella, visti i crescenti bisogni di ingenti quantità di legname per mantenere e accrescere l'arsenale veneziano. Sorte simile capiterà poi anche ai boschi di Cajada.

Fino agli anni '50 Tovanella fu proprietà privata della famiglia Costantini e successivamente, nel 1968 passò di proprietà del demanio sotto la gestione dell'allora Azienda di Stato per le Foreste Demaniali (ASFD) per divenire poi, nel 1971 con emanazione del Decreto Ministeriale del 28 dicembre, Riserva Naturale Orientata. È recente l'inquadramento di tutta l'area sotto il regime riservistico europeo che ne ha sancito la classificazione come Zona di Protezione Speciale (ZPS) "Dolomiti di Cadore e Comelico" IT3230089 (Direttiva 79/409/CEE) e Sito di Interesse Comunitario (SIC) IT 3230031 (Direttiva 92/43/CEE).

Si dovrà attendere il 2006 per la stesura di un definitivo piano di gestione attento ai bisogni veri della riserva, necessario per avere un quadro conoscitivo e dare proposte gestionali concrete all'area.

2.1.2 Inquadramento geografico geomorfologico e geologico

La Riserva si estende interamente all'interno del bacino idrografico del Rio Tovanella occupando una superficie di 1040 ha (Figura 2.1). Il corso del Tovanella che la solca longitudinalmente trova origine alle pendici della cinta di rilievi che coronano la valle nei suoi

confini nord-occidentali e si immette poi nell'asta principale del Piave, un chilometro a valle del centro di Ospitale di Cadore in corrispondenza dell'abitato di Davestra. Il confine meridionale della valle, pur seguendo lo spartiacque geografico, coincide pure con il confine amministrativo del comune di Ospitale entro cui ricade l'intera area.

La riserva si innalza progressivamente dai circa 500 metri nel confine sud-est di fondovalle fino agli oltre 2400 m alla sommità delle cenge più elevate. In questo ambito la vegetazione ricopre le porzioni di territorio fino al limite del bosco che si attesta attorno ai 1700 m di quota. L'orientamento della vallata è NO-SE e quindi le esposizioni prevalenti dei versanti sono SO e NE.

Le aree che si estendono sopra il limite del bosco alle quote più elevate sono caratterizzate principalmente da ambienti di rupe con impervie pareti rocciose esposte e numerosi torri e guglie di Dolomia Principale che si innalzano prive di qualsiasi copertura vegetale. Alla base di questi si adagiano estese zone di ghiaione resti di antichi circhi glaciali o falde detritiche accumulate dallo sfaldamento delle alture superiori. Queste aree, proprio per la loro caratteristica condizione di aridità e instabilità sono difficilmente colonizzate e colonizzabili dalla vegetazione. Scendendo di quota la morfologia del paesaggio si mitiga, pur mantenendo i caratteri di acclività e asprezza riconoscibili in tutta la valle. Qui la fanno da padrone i paesaggi forestali di versante caratterizzati dall'essere solcati da innumerevoli corsi d'acqua secondari, e per l'aver pendenze elevate (fra il 60 e oltre il 100%), e quindi accessibilità ridotta. Questo è uno dei motivi per cui queste zone, anche in passato furono mantenute a bosco, riservando le poche aree sub-pianeggianti alla destinazione di pascolo o prato (Toffolet 2007). Queste ultime, ormai pesantemente minacciate dal progressivo avanzamento del bosco lasciato all'abbandono culturale, sono ancora in parte presenti e manifestano tutt'ora la loro grande importanza nel mantenere una elevata funzione di diversità morfologica e biologica. Infine gli ambienti di fondovalle si presentano quasi ovunque come forre e canali molto stretti, plasmate dall'azione di scavo dell'acqua e caratterizzate dall'aver climi molto umidi e accessibilità quasi nulla. Il (Susmel 1958) di queste forre scrisse: *“verso il fondovalle [...] il Rio Tovanella defluisce fra anguste pareti incise nella roccia fino a 40 metri di profondità, in botri tanto orridi quanto suggestivi”*.

Come ben descrive Toffolet (op. cit.) la Val Tovanella è situata ai margini meridionali della regione dolomitica e questo contribuisce notevolmente alla definizione del suo assetto tettonico attuale, definito da numerose e importanti discontinuità che hanno portato alla

presenza di sovrascorrimenti e faglie di difficile identificazione ed interpretazione. La formazione litologica predominante è certamente la Dolomia Principale che occupa tutta la porzione nord-occidentale della testata del bacino ed è ben visibile nelle torri e guglie. Questa roccia non facilmente erodibile viene plasmata e modellata primariamente dall'azione del gelo-rigelo che determina anche la formazione dei ghiaioni e dei paesaggi rupestri. Nel corpo centrale della valle sono invece presenti numerosi affioramenti di Calcarea del Vajont, Calcarea di Soccher e Formazione di Soverzene, anch'essi di consistenza assai tenace che contribuiscono alla conformazione aspra e impervia dei versanti della valle. Di più debole consistenza è invece la formazione di scaglia Rossa, originatasi dalla sottile stratificazione di marne e calcari argillosi al quale sia associano in genere le forme del paesaggio più morbide e sinuose.

Conseguenza della composizione litologica della valle è la stabilità dei versanti che in genere si può definire buona. Le zone di maggior movimento sono quelle caratterizzate dalla presenza massiccia di detrito e attività dell'acqua, quindi di fatto i ghiaioni attivi e le sponde dei corsi d'acqua. Queste due azioni combinate sono ben visibili nella mancanza di copertura vegetale delle superfici di detrito e nella presenza localizzata di fenomeni di frana anche importanti come quella che ha interessato la sponda sinistra del Rio agli inizi degli anni Novanta.

2.1.3 Inquadramento climatico

Il clima di Val Tovanella è temperato-freddo con un regime pluviometrico equinoziale che conferisce alla zona uno spiccato temperamento oceanico (Susmel 1958). Le piogge, concentrate quindi nella primavera e nell'autunno vengono portate dalle correnti calde e umide provenienti da sud che, pur essendosi in parte scaricate in corrispondenza delle prime alture più meridionali, continuano la loro azione più a nord, non trovando di fatto mai una vera e propria barriera orografica in grado di fermarle. Infatti l'andamento orizzontale della valle non è associato alla presenza di imponenti rilievi nel confine sud e quindi l'avanzata del fronte umido è permessa in modo continuo. In quest'area cadono un media dai 1200 ai 1600 mm di pioggia distribuiti su 110-120 giorni all'anno. Manca nell'estate un vero periodo arido dacché abbondanti risultano le precipitazioni anche in questa frazione dell'anno. Lo stesso non vale per l'inverno caratterizzato invece da scarse precipitazioni a carattere nevoso che tendono a permanere, specie nei versanti poco soleggiati, anche fino a primavera inoltrata.(Scudo 2009)

2.1.4 Inquadramento vegetazionale

La Riserva Naturale Orientata di Val Tovanella è ricoperta quasi ovunque da foreste, eccezion fatta per le regioni più elevate della valle dominate dalle pareti rocciose, cenge e ghiaioni, talvolta colonizzati da formazioni primarie rupestri erbose o arbustive.

La complessità morfologica della valle nonché la forte variabilità dei gradienti di pendenza esposizione e di clima, si ripercuotono nell'eterogeneità vegetazionale. La conoscenza delle tipologia di boschi e habitat di Tovanella risulta perciò importante per la definizione di indirizzi gestionali, obiettivo di questo e di molti altri lavori. Ciò che attualmente si conosce deriva dall'analisi di documenti storici, quali piani di assestamento, carte e foto aeree, e dagli studi più recenti condotti sull'area. Si vuole infine ribadire che l'assetto vegetazionale attuale deriva da un'evoluzione naturale dei boschi, iniziata in modo imperativo negli anni sessanta dopo la definizione dei confini della Riserva, ma già avviato in precedenza coll'abbandono colturale dei boschi della Valle.

La valle è dominata da formazioni di faggio (*Fagus sylvatica* L.), puro o in consociazione con gli abeti, specie il bianco (*Abies alba* Mill), che occupano il 37.3% della superficie (Lasen, Scariot et al. 2008). Si tratta molto spesso di abieti-piceo-faggeti dei substrati carbonatici nei quali l'abete bianco, e l'abete rosso si consociano in una continua mescolanza e alternanza con il faggio, il quale, solo dopo la cessazione della pesante ceduzione a suo carico, riesce ad esprimere appieno la sua valenza ecologica. Queste formazioni si trovano nella zona di passaggio tra la faggeta e la pecceta, dove maggiore sono le possibilità di vicarianza tra le specie e dove l'abete bianco, con esigenze ecologiche intermedie (Bernetti 1995), riesce a entrare nella consociazione, rinnovando anche sotto copertura. La struttura verticale è generalmente multiplana con copertura regolare colma e tessitura fine per piede d'albero, secondariamente per piccoli gruppi (Del Favero 2004) seguendo la micro orografia dei versanti. L'abete bianco tende infatti a posizionarsi nelle aree di micro impluvio dove la disponibilità idrica è maggiore, mentre le zone di dosso o espluvio sono preferite dall'abete rosso, meno esigente in termini idrici.

Le faggete sono seguite dalle formazioni a pino mugo (*Pinus mugo* Turra) che occupano circa il 20% della superficie della Riserva. Questi dati confermano il carattere sub oceanico del clima descritto in precedenza, confermato anche dalla relativa scarsità di boschi puri di abete rosso (*Picea abies* L.). La rimanente parte della riserva è occupata da una serie di altri habitat, molto spessi prioritari a livello comunitario, che contribuiscono a creare un mosaico

vegetazionale ecologicamente molto importante. Ciò è ad esempio dovuto alla presenza di foreste di versanti, ghiaioni e valloni del *Tilio-Acerion* negli ambienti più umidi di forra, dalle pinete di pino nero (*Pinus nigra* Arnold) e pino silvestre (*Pinus sylvestris* L.) di stazioni arido-rupestri e dalle formazioni primarie nei ghiaioni e detriti di falda.

Di rilevante importanza paesaggistica sono inoltre alcune formazioni subalpine con porzioni di lariceti a megaforie, faggete a megaforie con larici, alnete di ontano verde (*Alnus viridis* DC) e formazioni a sorbo degli uccellatori (*Sorbus aucuparia* L.) che occupano nel complesso il 5% della superficie (Scudo 2009). Il limite superiore del bosco è quasi ovunque delimitato dalla presenza delle mughete associate con il rododendro.

Le formazioni erbacee naturali sono presenti al limite del bosco e accompagnano spesso le mughete nel loro passaggio verso le praterie d'alta quota. I prati e i pascoli di quote più ridotte, un tempo strappate al bosco per il mantenimento del bestiame, sono attualmente pericolosamente minacciate dall'avanzamento del fronte arboreo. La rinnovazione di larice e abete rosso sarebbe infatti rigogliosa e presente in tutte le radure della riserva se non venisse periodicamente eliminata dalle misure previste dal piano di gestione.

2.2 *La Conca di Cajada*

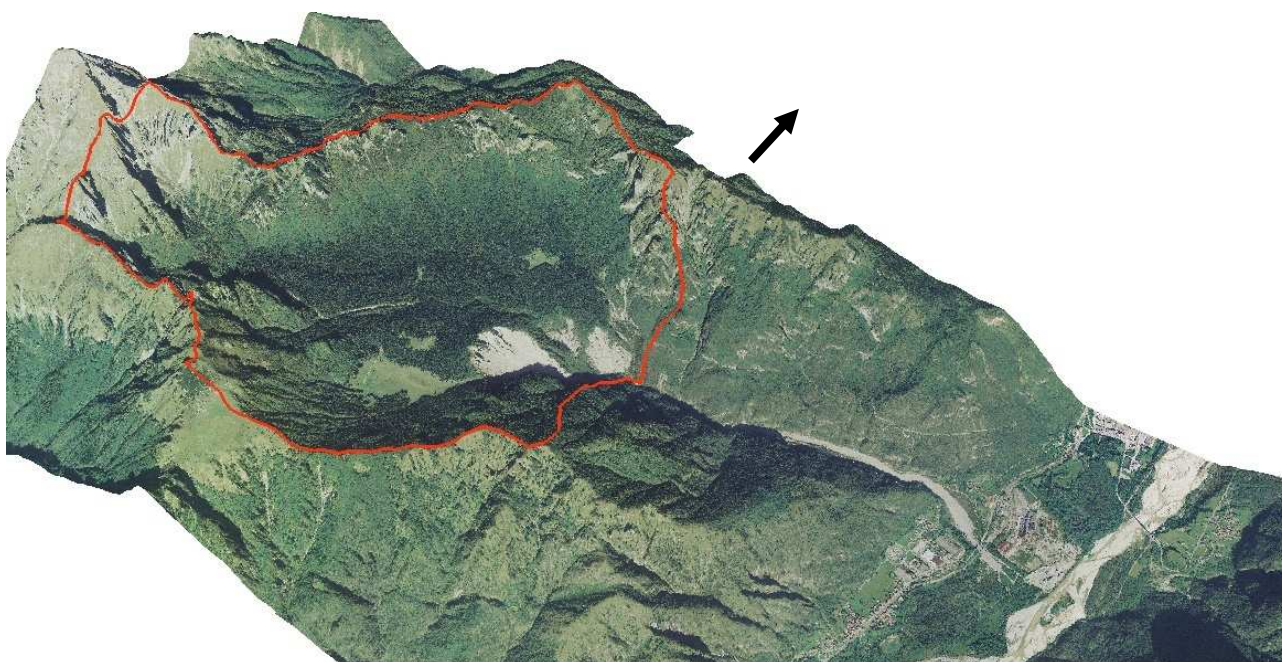


Figura 2.2: Visualizzazione 3D dell'area di Val Cajada i cui confini sono segnati in rosso. Il punto di vista aereo è posto a sud-est rispetto alla valle. La freccia nera indica il Nord.

2.2.1 *La storia dell'area*

Ricadente all'interno dei limiti amministrativi del comune di Longarone, la proprietà di Cajada, o Caiada come scrivono alcuni documenti, ha subito le sorti e seguito le vicende connesse alla vita, spesso tormentata, delle popolazioni della valle. Le prime testimonianze scritte si hanno attorno all'anno Mille per delle vicende di passaggio di proprietà, che passò di mano in mano ad enti ecclesiastici fino all'appropriazione sancita da parte della Serenissima. Abbisognando l'Arsenale di Venezia di una ingente quantità di *"stele da remi"* e verificato che il bosco dell'Alpago versava in *"mal termine"* a causa di frequenti tagli, ne fu ordinata la bandita al taglio nel 1560. Le sorti di Cajada seguiranno quelle della Serenissima, e dopo una breve dominazione asburgica, passeranno al demanio del Regno d'Italia che successivamente deciderà di cedere parte della proprietà a privati (Dal Borgo 1988).

Contrariamente alla fortuna di Tovanello, a Cajada furono nei secoli operati numerosi e pesanti tagli, documentati nei testi storici. Questi hanno portato il bosco ad assumere un assetto vegetazionale non rispondente alle vere caratteristiche ecologiche presenti nella valle, ma più alla direzione, spesso inconsapevole, che l'uomo ha dato per assolvere ai propri bisogni, modificando pesantemente la mescolanza di specie e riducendo paurosamente la provvigione legnosa. Solo negli ultimi decenni, il parziale abbandono delle attività colturali, il ridotto interesse dei privati nella cura del bosco e le precarie condizioni economiche del settore hanno

permesso un alleviarsi della pressione antropica su tutta la valle pur senza determinare la completa cessazione delle utilizzazioni, certo non auspicabile in modo assoluto.

2.2.2 Inquadramento geografico, geomorfologico e geologico

La conca di Cajada, per le specifiche esigenze di questo lavoro, è stata delimitata utilizzando come confini quelli del naturale bacino idrografico entro cui essa ricede, senza quindi alcun riferimento alla natura delle proprietà. Inoltre, per permettere il confronto con la vicina Tovanella, si è imposta una superficie comparabile tra le due aree che ammonta a 1009 ha. Il bacino di Cajada è quello del Rio de Caneva che si immette, poco più a valle, nel torrente Desedan, affluente di destra del fiume Piave che incontra appena a monte dell'abitato di Fortogna in comune amministrativo di Longarone. Viene da sé che i confini dell'intera conca sono segnati dallo spartiacque orografico in tutta la loro lunghezza, pervenendo alla sezione di chiusura imposta appena a valle della grande frana a sud-est. Il confine meridionale in particolare coincide anche con il limite amministrativo del comune di Longarone entro cui giace l'intera area. L'area è accessibile attraverso una strada pubblica realizzata negli anni Settanta (Sief 1988) che dal fondovalle sale fino alla piana e poi più in su fino a Palughet. La sua realizzazione, pur comportando per i primi anni un danno ambientale e un impatto notevoli, appare oggi completamente inserita nel contesto ambientale circostante, e anzi è proprio grazie a questo manufatto che la presenza dell'uomo e delle sue attività a Cajada sono ancora possibili (Cassol 1996).

Le quote variano dai circa 700m ad est in prossimità della sezione di chiusura fino ai 2200m in corrispondenza delle vette più alte della vallata determinando così un gradiente altitudinale molto simile a quello di Tovanella, seppur con assoluti minori. La vegetazione ricopre la quasi totalità della superficie eccezion fatta per alcune torri e cenge ad est oltre il limite del bosco e la già citata frana orientale che da sola occupa più di 20 ha.

L'asta torrentizia principale, e quindi l'andamento della valle, hanno direzione E-O determinando esposizioni primariamente N e S.

La morfologia della vallata appare nel complesso dominata da andamenti dolci, interrotti solo occasionalmente da brusche variazioni di pendenza, forre o canali. Le zone più impervie sono quelle delle catene a nord e a ovest della conca, dove più manifeste sono le condizioni di precarietà delle condizioni vegetazionali. Manca quasi completamente una fascia di accumulo del materiale roccioso qui già occupata dalle prime compagini di vegetazione forestale. Nella zona centrale di Cajada sono presenti alcuni pianori in corrispondenza dei quali l'uomo, nei

secoli, ha concentrato l'attività di monticazione. Presso malga Palughet è inoltre ancora ben visibile la traccia lasciata da un antico lago, progressivamente interratosi ed ora ricoperto da vegetazione igrofila distinguibile anche dalle foto aeree. La generale accessibilità dei territori e la loro giacitura, hanno contribuito allo sfruttamento delle risorse della valle nel passato.

Per quanto riguarda la matrice geologica, si può far riferimento in senso generale a quanto esposto per la Val Tovanella. Si tratta infatti di formazioni calcaree dolomitiche del Secondario e del Terziario. Di importanza notevole sono poi i depositi morenici risalenti all'ultima glaciazione, depositati dall'azione dei ghiacci a formare l'ampia conca centrale, anch'essa a matrice calcarea (Figura 2.2).

2.2.3 Inquadramento climatico

Il clima di Cajada è temperato freddo con un regime pluviometrico equinoziale. Le precipitazioni sono infatti concentrate in primavera e autunno, anche se una certa parte della pioggia precipita durante l'estate riducendo notevolmente la stagione propriamente arida. La maggioranza delle precipitazioni sono di tipo orografico, ponendosi la corona di rilievi ai confine della valle come uno sbarramento trasversale alle correnti caldo-umide provenienti da meridione. Esse si attestano attorno ai 1500 mm annui distribuiti in 100-120 giorni. L'area risulta quindi ben dotata igrotermicamente e contemporaneamente sufficientemente calda per la vicinanza alla pianura veneta, condizioni queste favorevoli alla rigogliosa vegetazione di specie mesiche come il faggio e gli abeti.

2.2.4 Inquadramento vegetazionale

Il clima oceanico con elevate precipitazioni consente il massimo sviluppo dei boschi di faggio tanto che la successione altitudinale della vegetazione forestale manca di una vera e propria fascia di pecceta subalpina, presente invece nelle zone alpine più interne (Cassol 1996). Inquadrando Cajada entro le fasce fitoclimatiche del Pavari (per le quali sono disponibili le informazioni di seguito riportate) le faggete appena nominate rientrano nella zona del *Fagetum*, che talora sfocia in zone a clima più caldo del *Castanetum* e talora invece, alzandosi di quota, sfuma nel più freddo *Picetum*. La variabilità della morfologia dei versanti inoltre rende incostante la successione vegetazionale orizzontale che si trova spesso a dipendere da variazioni di esposizione o pendenza e a mescolare quindi qua e là le fasce di vegetazione.

Come si era accennato per Tovanella, anche in Cajada gli ecosistemi su base erbacea sono relegati a due zone. La prima è quella delle praterie naturali d'alta quota presenti oltre il limite

superiore della vegetazione arborea. La loro estensione dipende solo in minima parte dall'azione dell'uomo che nel passato ha ostacolato solo marginalmente la formazione di cenosi arbustive al fine di mantenere alto il valore pascolivo. La seconda è quella dei pianori e delle zone di conca dove naturalmente sarebbe il bosco a dominare. In queste aree, testimoni anche la presenza di edifici e ruderi, l'intervento dell'uomo fu volto all'eliminazione del bosco per far spazio ai pascoli e ai prati. Questa azione tuttavia cessò quasi in tutta la conca fin dai primi decenni del secondo Dopoguerra. La sorte di questi spazi aperti è stata in parte decisa dagli estesi rimboschimenti con abete rosso degli anni 1955 e 1970 e in parte dall'avanzata naturale del bosco a rioccupare gli antichi confini.

3 Materiali e metodi

3.1 *Collezione e preparazione del materiale fotografico*

L'analisi delle due aree di studio si è basata sull'utilizzo e gestione di dati ricavati da serie fotografiche storiche che hanno permesso di interpretare le dinamiche ecologiche avvenute in un arco temporale di 52 anni.

Nella fattispecie si sono reperite le serie aerofotogrammetriche cartacee:

- del volo GAI (Gruppo Aeronautico Italiano) scattate nel volo del 1954 e ora conservate nella sede dell'Istituto Geografico Militare (IGM);
- del volo 1983 (strisciata 28) per l'area di Cajada eseguito dalla ditta *Rossi* di Brescia, la quale ha fornito anche i certificati di calibrazione della camera impiegata;
- del volo 1980 (strisciate 9 e 10) per l'area di Tovanela eseguito dalla ditta *Aerofoto Consult*. L'intera collezione fotografica è ora disponibile presso l'aerofototeca del Ministero per i Beni e le Attività Culturali ed è stata acquistata e fornita per questo lavoro dall'Ufficio Territoriale per la Biodiversità di Belluno.

Per quanto invece riguarda le ortofoto del 2006 esse sono state richieste alla Regione del Veneto che ha provveduto alla loro fornitura in formato digitale TIFF ed ECW già ortorettificate e georeferenziate, quindi di fatto pronte per essere analizzate.

Per il processo di ortorettifica si è inoltre utilizzato un modello digitale del terreno (DTM) fornito in formato *ESRI grid* con una risoluzione di 25 m, ottimale per ottenere ortofoto non eccessivamente distorte dopo l'operazione di correzione. L'utilizzo di DTM con risoluzione maggiore provocherebbe infatti una sgranatura dell'immagine tale da rendere difficile una sua successiva interpretazione (Lingua, 2010 comunicazione personale).

Infine dal portale cartografico on-line della Regione Veneto si sono scaricate gratuitamente le carte tecniche regionali dei quadranti di interesse sia in formato raster che vettoriale. La loro utilità si è verificata durante il processo di ortorettifica facilitando l'individuazione di punti di riferimento costanti nei diversi anni di indagine. La copertura delle aree di studio con le CTR alla scala 1:5000 non è totale e, laddove mancanti, si è provveduto all'utilizzo di quelle a scala 1:10000.

Il materiale fotografico cartaceo è stato digitalizzato usando uno scanner Epson con ampiezza di schermo al formato A3 ad una risoluzione di 800 dpi (*dots per inch*), tali da consentire una precisione per pixel di circa un metro e assicurare una dimensione dei file contenuta. Tale scelta si è adottata anche a seguito del confronto con altri lavori simili

(Urbinati, Benedetti et al. 2004; Pillai, Weisberg et al. 2005; Tattoni, Ciolli et al. 2010). Solo per le foto del 1954 si è scelta una risoluzione di 1200 dpi, necessaria per rendere visibili a schermo tutti i particolari che ad una risoluzione più bassa, data la piccola scala delle foto, sarebbero stati irriconoscibili.

Il passo successivo è stato quello di ortorettifica dei fotogrammi digitalizzati. Questo processo permette di ridurre al minimo gli errori presenti nelle foto aeree attraverso tre operazioni:

- l'eliminazione della distorsione causata dalla rifrazione della luce durante passaggio attraverso la lente dell'obiettivo della fotocamera. Questa correzione è possibile solo se si dispone dei certificati di calibrazione delle stesse in cui il costruttore dichiara gli errori connessi al loro uso;

- la riduzione della distorsione dell'immagine che aumenta progressivamente spostandosi dal centro alla periferia del fotogramma. Questo errore è dovuto al fatto che con un unico scatto la camera riprende una porzione di territorio molto ampia;

- la riduzione, attraverso l'ausilio del DTM, dell'errore connesso alla ripresa nella stessa foto aerea di punti posti a quote, e quindi a distanze dall'obiettivo, differenti.

Per la creazione delle ortofoto si è utilizzato il software ErMapper 7.0. Seppur con notevoli difficoltà dovute alla incompatibilità dei formati e alle diverse nomenclature adottate dai vari programmi l'utilizzo di ErMapper, associato ad ESRI ArcGIS 9.3 ha portato ottimi risultati.

Il processo di ortorettifica inizia con la preparazione del DTM che viene ritagliato sull'area di interesse e caricato nel programma. A questo si sovrappone poi, come molti fogli impilati, un file già georeferenziato (CTR o ortofoto) sul quale riconoscere i punti comuni alle foto da rettificare e da cui ricavarne le coordinate. Infine si carica l'immagine da elaborare. Il passaggio successivo comporta l'immissione dei parametri della fotocamera dichiarati nei certificati di calibrazione e la definizione dei Punti Fiduciali (FP). Questi punti sono dei segni fissi (punti o croci) ai margini del fotogramma a cui si riferiscono i valori dell'errore misurato. Il loro corretto posizionamento permette al programma di correggere la distorsione dovuta alle caratteristiche costruttive della lente e della camera. Si procede infine alla definizione dei punti di controllo a terra o *Ground Control Points* (GCP). Essi sono rappresentati da elementi del paesaggio riconoscibili in entrambe le serie fotografiche caricate e visualizzate a video la cui posizione sia rimasta invariata nel tempo. Nello studio si sono sfruttati angoli di fabbricati la cui forma e posizione non fosse variata, incroci di strade, strutture portanti di ponti, ma anche elementi del

paesaggio naturale come grandi massi immobili su praterie o elementi rocciosi al di sopra del limite della vegetazione. Va da sé che maggiore è il numero di GCP scelti in modo preciso e omogeneamente distribuiti su tutta la superficie della fotografia, maggiore sarà la precisione con cui la foto stessa verrà rettificata dal software. Nel seguente lavoro si sono individuati un numero minimo di 10 GCP (Tattoni, Ciolli et al. 2010) per fotogramma ottenendo un errore medio (RMS) di 1.15 m per le serie 1980 e di 0.81 m per le serie 1983.

Un procedimento diverso si è riservato per i fotogrammi del volo GAI-1954 dopo aver verificato che manca completamente il loro certificato di calibrazione. A questo problema si aggiungono alcuni limiti intrinseci alle foto stesse: la quota di ripresa è molto elevata (media 33.000 m) e quindi la scala di rappresentazione risulta piccola, in più gli scatti sono stati acquisiti con un basso numero di gradazioni di grigio, rendendo molto difficoltosa la differenziazione delle varie categorie di uso del suolo. In definitiva per le tre foto disponibili si è proceduto ad una loro precisa georeferenziazione con metodo *spline* il quale permette di fissare (come degli spilli su un supporto) dei punti noti e da questi poi di adattare l'immagine su una già rettificata (Urbinati, Benedetti et al. 2004; Garbarino and Pividori 2006; Tattoni, Ciolli et al. 2010). Per mantenere basso l'errore finale si sono individuati una media di 20 punti concentrati nella porzione di foto in cui ricadevano le aree di interesse, ma omogeneamente distribuiti all'interno di queste.

Tutte le ortofoto così ottenute sono state ritagliate per eliminare le distorsioni esterne e mosaicate insieme a formare un unico file in estensione ECW, georeferenziato e bilanciato nei colori su cui condurre le analisi del caso.

Il sistema di coordinate utilizzato per questo lavoro è il UTM Gauss-Boaga con riferimento a Monte Mario.

3.2 *Analisi delle ortofoto*

Tutto il materiale documentale disponibile è stato inserito in un Sistema Informativo Geografico (GIS), strumento insostituibile nelle analisi dei dati territoriali, specie quelli multitemporali (Urbinati, Benedetti et al. 2004).

Si è dovuto optare per un sistema di classificazione delle categorie di tipo manuale a schermo. Questo sostanzialmente per due motivi. Il primo riguarda la giacitura delle due vallate che, come specificato in precedenza, ha prevalentemente direzione est-ovest. Ciò, associato al fatto che le riprese sono state eseguite in periodi dell'anno e della giornata non idonei, ha portato alla presenza nelle foto di estese zone in ombra per cui le gradazioni di colori e di grigi

di categorie simili appaiono differenti tra i vari versanti e non discriminabili con un'analisi automatica. Il secondo dipende dalla scarsa qualità delle immagini più vecchie in cui solo l'analisi manuale è in grado di discriminare categorie apparentemente simili come le praterie e i ghiaioni, entrambi rappresentati da valori di grigi molto chiari. Nonostante questi problemi, l'elevata valenza informativa delle foto aeree ha consentito di eseguire le analisi di dettaglio auspiccate per questo lavoro.

Il metodo usato, seppur talvolta criticato per l'apparente soggettività di classificazione da parte di chi conduce l'indagine, è stato ampiamente adottato e validato nel corso degli anni (McGarigal 2002; Lega and Vincini 2003; Mognol 2006) specie se nella sua applicazione si adottano un criterio e un metodo rigorosi.

Nel nostro caso il primo passo è stato la delimitazione del margine esterno delle aree di studio. Per la Val Tovanella è chiaramente definito dal confine dell'area protetta che racchiude una porzione di territorio di 1040 ha. Meno intuitiva appare invece la delimitazione di un confine arbitrario a Cajada. È apparso chiaro fin dall'inizio che le due aree per essere confrontabili dovessero avere caratteristiche morfologiche e dimensionali simili, per cui, dopo numerosi tentativi e attraverso l'utilizzo di strumenti ed estensioni specifiche in ambiente GIS si è ricavato il confine del bacino idrografico del Rio Desedan in Val Cajada, imponendo una sezione di chiusura tale da far defluire una superficie pari a quella della Riserva di Tovanella.

Procedendo nelle fasi preparatorie all'analisi si sono sovrapposte alle ortofoto, in corrispondenza dei confini appena definiti, due *layer* di poligoni omogenei adiacenti uno all'altro a formare una griglia di classificazione con maglie di grandezza 15.8m x 15.8m tali da delimitare areole di 250 m². La scelta delle dimensioni delle celle si è effettuata in base all'unità minima di rilevazione che interessa ai fini del presente lavoro, ritenendole sufficientemente precise per condurre le analisi. La classificazione si è basata sulla definizione manuale della classe di appartenenza di ciascuna cella e assegnando ad esse un valore numerale sulla base della categoria individuata in corrispondenza del centro della cella stessa. Le classi rilevate sono riassunte in Tabella 3.1. Solo per l'area di Cajada sono state escluse dalla classificazione alcune porzioni di territorio irrimediabilmente rese illeggibili dal processo di ortorettifica per un totale di 78.4 ha.

Per poter approfondire il livello conoscitivo e per meglio studiare le dinamiche ricolonizzative si è suddiviso il territorio di entrambe le aree in fasce omogenee di quota con dislivello di 300 m (Tabella 3.2). Questo è stato reso possibile dall'utilizzo e analisi del DTM dal

quale si sono ricavate dapprima le curve di livello con un'interdistanza voluta, e poi da queste si sono selezionate le porzioni di griglia di classificazione pertinenti per ciascuna fascia altimetrica. Così facendo si è potuto indagare come le modificazioni del paesaggio sono avvenute lungo il gradiente altitudinale e capire quindi quali sono le zone del territorio maggiormente soggette a dinamiche evolutive particolari (Urbinati, Benedetti et al. 2004).

Tabella 3.1 Descrizione delle classi di uso del suolo utilizzate nell'analisi di Tovanello e Cajada

CLASSI DI USO DEL SUOLO	DESCRIZIONE
Bosco e altre formazioni arborate	Aree ricoperte da vegetazione forestale secondo i parametri previsti per legge
Prati e Pascoli	Aree di pertinenza del bosco e creati dall'attività antropica
Praterie	Cenosi erbacee naturali al di sopra del limite del bosco
Arbusteti	Aree ricoperte da vegetazione arbustiva (primariamente mughete e alnete)
Rocce e ghiaioni improduttivi	Zone prive di qualsiasi copertura vegetale a causa della quota o dell'instabilità del substrato
Non classificato	Zone non riconducibili ad alcuna delle precedenti classi per limiti qualitativi delle immagini

Tabella 3.2 Ripartizione delle superfici per fasce di quota nelle due aree di studio.

	TOVANELLA	CAJADA
< 800	27.8	7.2
800 – 1100	199.7	76.2
1100 – 1400	328.0	479.8
1400 – 1700	250.4	331.2
1700 – 2000	162.1	99.2
2000 - 2300	63.8	15.9
> 2300	8.6	---

3.3 Analisi delle metriche di paesaggio

Dai dati grezzi ottenuti dalla classificazione appena descritta si è proceduto al calcolo di alcuni indici per quantificare i cambiamenti nella struttura del paesaggio dal momento che esso è plasmato e caratterizzato dai processi ecologici che avvengono nel territorio (McGarigal 2002).

3.3.1 Alcune considerazioni preliminari

3.3.1.1 L'Ecologia del Paesaggio

Va innanzitutto precisato che con il concetto di paesaggio, traduzione italiana del termine inglese *landscape*, si intende tutta quella serie di ambienti naturali o seminaturali le cui dinamiche intervengono nella loro evoluzione continua ed entro cui vivono comunità animali e vegetali che interagiscono con l'ambiente stesso. Esso cioè è un mosaico dove la mescolanza di ecosistemi o usi del suolo appaiono ripetuti in forme simili su un'ampia superficie, mantenendo tuttavia una generale coerenza ecologica su tutta l'area (Forman 1995). Non si cada quindi nell'erronea attribuzione alla parola paesaggio (almeno nell'ambito della materia ecologica) quella di visuale o scorcio visivo collegati in modo inscindibile alla percezione che l'uomo ha dell'ambiente che lo circonda.

Dal momento che l'ecologia è la scienza che studia gli organismi e le loro interazioni con l'ambiente che li circonda, l'ecologia del paesaggio è la scienza che studia questi processi a scala di paesaggio appunto. Essa è fortemente basata sul concetto che le caratteristiche morfologiche e strutturali dell'ambiente influenzano in modo determinante i processi ecologici che avvengono al suo interno (Turner 1989). Ad esempio gli habitat in cui degli organismi vivono sono strutturati spazialmente su diversi livelli di scala e queste caratteristiche strutturali interagiscono dinamicamente con il comportamento e la percezione degli organismi che vivono al loro interno modificando a loro volta i processi di livello superiore, come ad esempio le dinamiche di popolazione e la struttura delle comunità (Johnson, Wiens et al. 1992). La disposizione delle varie componenti di un paesaggio al suo interno dipendono quindi dalla tendenza che lo stesso ha nel raggiungere un equilibrio, seppur dinamico, tra vari flussi, siano essi di specie, di energia o di materia. Un disturbo a livello della struttura del paesaggio può infatti compromettere l'integrità e la funzionalità dei processi ecologici che al suo interno assicurano la sopravvivenza delle cenosi, il mantenimento della diversità biologica e la salute dell'ecosistema (With 1999). È anche vero, tuttavia, che le modificazioni, naturali o antropiche, del paesaggio non sempre sono sinonimo di rischio o pericolo per i processi ecologici, ma solo che, come per la fisica tradizionale, a ogni forza che agisce sul paesaggio, corrisponde nel breve o lungo periodo una reazione del paesaggio stesso a integrare e assorbire la modifica avvenuta.

Il paesaggio nel suo insieme contiene una vasta serie di modelli spaziali la cui distribuzione e fisionomia cambia nel tempo; la quantificazione dei loro cambiamenti è materia dell'ecologia del paesaggio.

Se lo si considera nel suo insieme il paesaggio può essere schematizzato entro quattro grandi categorie di modelli (McGarigal 2002):

- *Caratteri puntiformi*: rappresentati da aspetti la cui caratteristica di primario interesse è rivestita dalla posizione nello spazio, mentre passano in secondo piano le attribuzioni qualitative. Un esempio possono essere le localizzazioni dei singoli alberi in una mappa della copertura forestale. Non interessa conoscere le caratteristiche del singolo, ma analizzare come si dispongono nello spazio, se uniformemente distribuiti, oppure raggruppati oppure ancora qui a cespi e lì sparsi;
- *Caratteri lineari e intrecciati*: rappresentano caratteri del paesaggio che si sviluppano primariamente in una dimensione e che intrecciandosi creano una rete più o meno fitta di segmenti e nodi. Un buon esempio è rappresentato dai corridoi ecologici e dai sistemi di siepi in ambienti rurali il cui interesse crescente ha stimolato una abbondante ricerca (Antrop 2005; Sitzia 2007).
- *Caratteri ad ampia superficie*: rappresentano dati del territorio che variano in modo continuo nello spazio e non possono quindi essere raggruppati in ambiti omogenei ma solo rappresentati singolarmente attraverso degli attributi tridimensionali. Ne sono un esempio i modelli digitali del terreno (DTM) che forniscono per ciascun punto del territorio una coppia di coordinate spaziali orizzontali e il dato della quota verticale.
- *Mappe tematiche o categorizzate*: basate su dati che possono essere raggruppati secondo dei gradi di similitudine, indicati con dei valori discreti in *patches* e capaci di rappresentare la variabilità ambientale (Gustafson 1998). Un esempio noto a tutti può essere la rappresentazione cartografica dei tipi forestali o quelle dei tipi strutturali, o, meglio ancora, la suddivisione in classi di uso del suolo. Dal punto di vista ecologico le *patch* rappresentano aree discrete al cui interno e ad una particolare scala vi si presentano condizioni ambientali relativamente omogenee, ignorando quindi il grado di eterogeneità comunque presente all'interno del margine definito. Ancora una volta la traduzione italiana del termine anglosassone, che letteralmente significa macchia o pezza, comporta non poche incertezze. Appare quindi migliore l'utilizzo del termine ecotopo che deriva dal greco *oikos* (casa) e *topos* (luogo). Esso rappresenta quindi un'unità funzionale del mosaico ambientale in relazione al processo o all'organismo considerato, vale a dire un'unità funzionale di paesaggio. L'ecotopo è la risultante della sovrapposizione tra fisiotipi (unità fisica del suolo) e biotipi (componente biologica),

associando caratteristiche sia funzionali che strutturali (queste ultime tipiche di una *patch*). Il confine tra una *patch* e l'altra è infatti disegnato *ad hoc* e dipende dal grado di diversità che si ritiene rilevante per gli scopi del lavoro, senza mai scordare però che confini netti e definiti sono di difficile reperimento in un ambiente naturale dove invece prevalgono cambiamenti graduali dei fattori ecologici.

3.3.1.2 Gli indici di Paesaggio

Comunemente questo termine è usato per asserire a quegli indici calcolati nell'ambito delle mappe tematiche descritte nel paragrafo precedente e sono usati per descrivere le proprietà geometriche e spaziali dei fenomeni osservati ad una specifica scala e risoluzione.

Precisato ciò si rende necessario fissare il livello al quale si effettuano le osservazioni dal momento che, se pochi sono gli indici calcolabili per i singoli ecotopi, di gran lunga maggiori sono quelli possibili considerando il reciproco rapporto fra le *patch* stesse. Ecco quindi che vengono a definirsi tre livelli di osservazione:

- *a livello di patch*, in cui le metriche sono calcolate per ogni singolo ecotopo;
- *a livello di classe*, in cui le metriche vengono calcolate per ciascuna categoria raggruppante *patch* con le medesime caratteristiche;
- *a livello di paesaggio*, in cui le metriche vengono calcolate indifferentemente per tutte le *patch* allo stesso modo ignorando la loro differente classificazione per dare dei risultati generali che si riferiscono all'intero sistema ecologico.

Ciascuna serie di indici, riferita ad un determinato aspetto indagato, ha una specifica significatività nel rappresentare in modo completo e corretto le caratteristiche del paesaggio. È per questo che, ad esempio, assume un'importanza certo maggiore la densità di margini presenti rispetto al semplice numero di ecotopi della stessa categoria. Seguendo una schematizzazione fatta da (Forman 1995) si può concludere che gli attributi che forniscono benefici ecologici consistenti possono essere così classificati in ordine di crescente rappresentatività: buon numero di estese *patch*, elevata connettività tramite corridoi ecologici, elevata densità di piccole *patch* e elevata densità di margini. Ecco quindi che è possibile definire una scala di priorità nel calcolo di taluni indici rispetto tal altri.

3.3.1.3 Limiti nell'uso degli indici di Paesaggio

Va tuttavia chiarito che, essendo questi calcoli attraverso cui l'uomo cerca di schematizzare la complessa struttura della natura, essi non sono privi di errori e difetti ed è quindi necessario

saperli conoscere e gestire. Basti infatti considerare che anche se tutti gli indici vengono derivati dalle caratteristiche intrinseche delle *patch*, tuttavia non a tutti i livelli di indagine sono calcolabili tutti gli indicatori, ed in particolare il loro numero cala man mano che, semplificando la realtà, si passa da un livello superiore al suo diretto inferiore. Ma attenzione a non considerare l'abbondanza di indici calcolabili come una maggior accuratezza dell'indagine, dal momento che al salire di livello, salgono in modo più che proporzionale anche i gradi di libertà del sistema che, per limiti oggettivi, non siamo sempre in grado di considerare.

Appare chiaro quindi come una accurata scelta degli valori da calcolare in funzione degli scopi degli studi, della risoluzione e della scala alla quale si opera e del livello di errore accettabile, sia di fondamentale importanza per ottenere risultati attendibili (Turner, Gardner et al. 2001). Se infatti il fattore misurato e calcolato non corrisponde o non è riferito alla stessa scala di interesse dell'organismo per il quale si conduce l'analisi, allora il risultato apparirà completamente privo di ogni senso. Come pur insignificante è il dato che non considera la variabilità temporale del fenomeno. Va sempre tenuto in considerazione che gli indici del paesaggio rappresentano una fotografia istantanea del processo indagato e vanno sempre accompagnati dall'indicazione temporale alla quale si riferiscono (Forman 1995).

Un ultimo problema che va considerato nasce dal fatto che molti indici sono affetti da correlazione, vale a dire che il loro valore dipende in parte dagli stessi fattori e che quindi il contributo conoscitivo apportato non sempre aumenta con un numero alto di indicatori calcolati (McGarigal 2002).

3.3.2 Il calcolo degli indici di paesaggio per Tovanella e Cajada

Dopo aver condotto la classificazione delle categorie di uso del suolo come descritto nel paragrafo dedicato, si è proceduto ad analizzare i dati, anno per anno, delle aree di Tovanella e Cajada. Per raggiungere lo scopo si è utilizzata l'estensione gratuita *PatchAnalyst* compatibile col programma ArcGIS entro cui lavora. Attraverso l'interfaccia della funzione *spatial statistics* si è provveduto a far elaborare al programma i dati relativi ai sei *layer* ottenuti dalla classificazione tipologica. Ai fini del presente lavoro il livello di interesse, e quindi quello imposto al programma, è stato quello di classe (vedi par. 3.3.1.2), vale a dire che il programma ha restituito per ogni indice, un solo valore per categoria di uso del suolo.

In particolare si sono calcolati:

- Numero di *patch* (*NumP*): fornisce il numero degli ecotopi presenti nel paesaggio.

- Dimensione media in ettari delle *patch* (*MPS*) dato dal calcolo della media aritmetica dei valori di area
- La deviazione standard della dimensione delle *patch* (*PSSD*) che misura il grado di scostamento dei valori reali da quello medio calcolato
- La densità di margini rappresentato come metri di margine su ettaro di superficie (*ED*). Il dato rappresenta un valore medio utile per rappresentare la configurazione del paesaggio in relazione alla perdita di habitat e alla frammentazione ambientale (Bender, Contreras et al. 1998).
- Il margine medio di ogni *patch* (*MPE*) cioè la quantità di confine media associata ad ogni *patch* misurata in metri. L'importanza di questo valore è collegata alla natura ecologica delle aree di margine. In esse infatti sono presenti i caratteri di entrambe gli ecosistemi adiacenti e concentrano in sé una vastissima diversità biologica. Tradizionalmente vengono identificate ben 5 funzioni ai margini (Forman 1995):
 - ✓ Habitat nel fornire zone occupabili da determinate specie dette appunto "di margine"
 - ✓ Filtro (*filter*) nell'opporsi al passaggio di materia ed energia da un ecotopo adiacente all'altro
 - ✓ Origine (*source*) per gli animali che si muovono dal margine verso gli ecotopi adiacenti
 - ✓ Pozzo (*sink*) per le specie che invece sono predate a livello di margine (Batàry and Bàldi 2004)
 - ✓ Vettore (*conduit*) consentendo il movimento di animali lungo il margine e assicurando protezione che non sarebbe tale in uno dei due ecotopi adiacenti.

Tutti gli indici calcolati vengono raccolti in una tabella collegata ad un nuovo *layer* vettoriale denominato *landscape* per il quale il programma provvede al calcolo degli indici relativi alle singole *patch*. I dati elaborati sono stati infine raccolti dall'autore in una unica tabella riassuntiva dalla quale partire per fare tutte le considerazioni necessarie. Limitatamente agli indici calcolati per le *patch* singolarmente e contenuti nella tabella attributi del *layer* collegato (area, perimetro, *shape index* e rapporto area/perimetro), si è provveduto ad inserire i valori in un programma di elaborazione statistica per eseguire un test di significatività e creare dei grafici *box-plot* ad esso correlati.

4 Risultati

L'analisi delle foto aeree è sicuramente stata l'operazione che ha richiesto il maggior carico di lavoro per essere effettuata, vista la grande mole di operazioni da ripetere e la delicatezza che questo passaggio comporta per le fasi analitiche successive. I risultati ottenuti sembrano in linea con quanto osservato in altri lavori simili in cui le ipotesi di avanzamento del bosco, connesso all'abbandono delle pratiche agricole e dell'alpicoltura, vengono puntualmente confermate.

4.1 *Tovanella*

4.1.1 **Categorie di uso del suolo**

Al termine della classificazione dell'area di riserva in Val Tovanella le immagini ottenute, assegnando a ciascuna classe di uso del suolo un colore distinto, sono quelle riportate in Figura 4.6, alla fine di questo paragrafo. Già ad un primo colpo d'occhio è facile notare come la copertura forestale, qui rappresentata in verde chiaro, si chiaramente aumentata nel corso dell'ultimo mezzo secolo, ma con particolare vigore nell'arco dei primi 26 anni dopo l'imposizione del vincolo riservistico. Altro fatto eclatante è la completa scomparsa delle cenosi prative rappresentate in giallo nell'immagine del 1954 e già scomparse nella rappresentazione del 1980.

A confermare le impressioni visive date dalle immagini sono state poi le analisi di dettaglio effettuate per ciascuna categoria in cui è stato suddiviso il territorio. Questa operazione ha portato alla creazione di una matrice di contingenza che fornisce i dati numerici delle variazioni occorse (Tabella 4.1). La superficie totale del bosco, qui indifferenziato secondo i tipi strutturali, è passata da 506 ha negli anni Cinquanta, meno della metà della superficie dell'intera vallata, a 675 ha nel 2006, venendo così ad occupare circa il 65% della area totale. Si nota inoltre come il grosso del cambiamento sia avvenuto nel primo intervallo di tempo analizzato (1954 - 1980), essendo notevolmente ridotto il tasso di incremento di aree boscate del secondo intervallo (1980 - 2006). Se consideriamo poi i valori percentuali calcolati sulla superficie che il bosco occupava inizialmente si nota che nel cinquantennio analizzato le cenosi arboree sono aumentate di un terzo della loro estensione iniziale, di cui ben il 27% occorso nei primi 26 anni, come già intuito in precedenza. L'avanzamento del bosco è avvenuto primariamente a scapito degli arbusteti di alta quota (-30% rispetto alla superficie iniziale) e dell'improduttivo (-25% sulla superficie iniziale), dove la ridotta pressione antropica ha permesso l'innalzamento dei

limiti di vegetazione e la formazione e stabilizzazione anche di alcune *patch* di praterie stabili d'alta quota per un totale di 5 ha. Le perdite di cenosi prative appaiono relativamente ridotte se

Tabella 4.1: Matrice delle variazioni di uso del suolo in Val Tovanella per i tre anni considerati. Valori espressi in ettari e percentuali

TOVANELLA	area			percentuali per anno			54 - 80			54 - 06		
	1954	1980	2006	1954	1980	2006	diff	% su tipo	% area tot	diff	% su tipo	% area tot
Bosco	506.1	640.6	675.1	48.6	61.6	64.9	134.6	26.6	12.9	169.0	33.4	16.2
Prat_Pasc	37.5	9.3	5.1	3.6	0.9	0.5	-28.2	-75.3	-2.7	-32.4	-86.5	-3.1
Prateria	0.0	0.8	4.9	0.0	0.1	0.5	0.8	100.0	0.1	4.9	100.0	0.5
Arbust	290.8	215.6	202.2	27.9	20.7	19.4	-75.2	-25.8	-7.2	-88.6	-30.5	-8.5
Improd	206.2	174.2	153.3	19.8	16.7	14.7	-32.0	-15.5	-3.1	-52.9	-25.6	-5.1
somma	1040.5	1040.5	1040.5	100.0	100.0	100.0	0.0		0.0	0.0		0.0

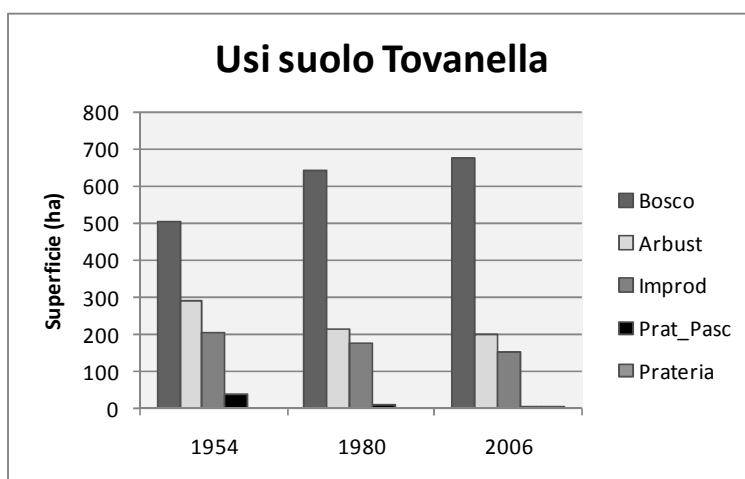


Figura 4.1: Istogramma degli usi del suolo in Val Tovanella riuniti nelle tre serie temporali analizzate

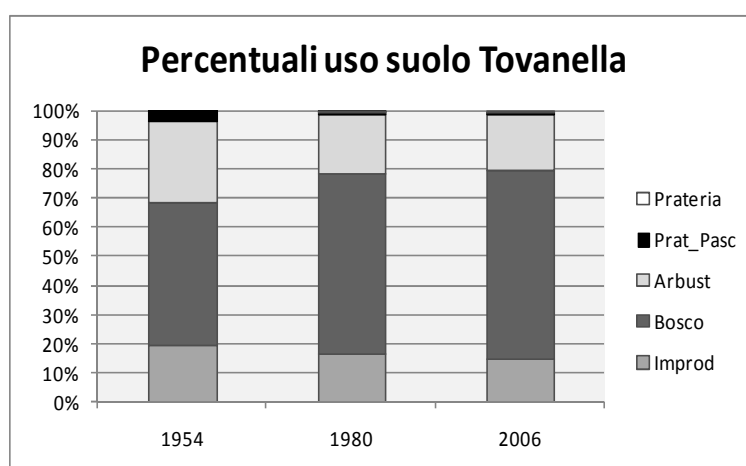


Figura 4.2: Percentuali di ciascuna classe di uso del suolo in Val Tovanella fatta cento la superficie totale della Riserva. Valori riuniti per anno di analisi

pesate sulla superficie totale della riserva con un calo percentuale del 3.1%. Tuttavia una più attenta analisi farà invece notare che la consistenza di queste formazioni è passata dai 37.5 ha

del 1954 ai soli 5.1 ha nel 2006 con una riduzione percentuale del 87%. Infatti, come si vede dalla Figura 4.1, solo la colonna riferita al bosco aumenta costantemente la sua altezza durante tutti e tre i controlli temporali effettuati, mentre tutte le altre (arbustivo, improduttivo, prato-pascolo e prateria) diminuiscono progressivamente con intensità decrescenti passando dall'arbusteto alle cenosi prato-pascolive. Lo stesso dato in forma percentuale, pesato sulla superficie totale dell'area (1040 ha) è rappresentato dalla Figura 4.2, in cui si nota che lo spessore delle fasce di ciascuna classe aumenta solo per quelle relative alle formazioni boscate, e si riduce invece per tutte le altre, ed in modo drammatico per quelle erbacee.

Si è poi proseguito nell'analisi territoriale con la suddivisione dell'area in fasce altitudinali di ampiezza costante. Questo ha permesso un'indagine mirata alle dinamiche dell'evoluzione del paesaggio valutando i loro effetti al variare della quota. Partendo dagli 800 m sul livello del mare in corrispondenza della sezione di chiusura del Rio Tovanello al confine della riserva, si è progredito fino ai 2500 m salendo regolarmente ad intervalli di 300 m e conducendo le stesse classificazioni fatte per l'area nel suo insieme. Per ciascuna fascia, in Tabella 4.2 si riportano i valori di superficie calcolati per ogni classe di uso del suolo e le differenze accumulate nei 52 anni di indagine sono invece riassunte in Tabella 4.3. Dalla lettura di quest'ultima si evince come le modificazioni del paesaggio più importanti si siano verificate nella fascia montana tra gli 800 e i 1400 m per un totale di 116 ha di nuova foresta, i quali rappresentano il 69% dell'avanzamento totale del bosco in Tovanello. Allo stesso modo si può notare che la perdita di prati e pascoli montani ammonta ad un totale di 32 ha, che rappresentano ben l'86% della perdita totale di queste formazioni in tutta la Valle per il periodo considerato. In Figura 4.3 si sono riportati i dati percentuali di bosco presenti nei tre riferimenti temporali e riferiti all'area complessiva della fascia considerata. La lettura del grafico va fatta quindi osservando la triade di colonne riferite alla singola fascia altimetrica ricordando che le differenze di percentuale di bosco nei tre anni vanno associate all'estensione della fascia da cui dipendono. In altre parole non si incorra nell'errore di considerare scalini più ampi come indice di una superficie boscata maggiore. Per ovviare a questa evenienza si unisce in parallelo la Figura 4.4 per evidenziare la diversa superficie occupata dalle singole fasce altitudinali (in bianco). Si noti come una grande porzione della riserva è occupata da territori compresi tra i 1100 e i 1400 m s.l.m. e che più della metà di tutta la riserva ricade in una quota compresa tra gli 800 e i 1700 m.

A tutte le quote sotto i 2000 m (attorno ai quali è presente il limite superiore della vegetazione arborea) si assiste ad un aumento del bosco con tassi di incremento molto forti,

specie nel primo intervallo temporale considerato. Essi arrivano fino al 25% nelle porzioni della fascia montana (fino ai 1100 m di altitudine), e si mantengono invece più bassi via via che, salendo di quota, le condizioni stazionali diventano critiche per l'avanzamento del bosco.

L'analisi dell'evoluzione di cenosi erbacee condotte con lo stesso metodo e riportata in Figura 4.5 fa emergere risultati interessanti, in parte già pronosticati. In particolare si nota come la riduzione di consistenza della superficie sia estremamente spinta alle quote più basse dove intensa era un tempo l'attività pascoliva, mentre, più in su, alle quote maggiori e sopra il limite del bosco, la percentuale di praterie stabili è aumentata dopo l'interruzione delle pratiche alpicolturali. Un altro dato allarmante che si ricava dalla lettura dell'istogramma è la totale scomparsa di prati e pascoli di bassa quota già a partire dagli anni Ottanta, segno questo della vigoria con il quale il bosco è avanzato a carico di quelle formazioni che più di altre assicuravano una certa variabilità biologica nelle comunità animali e vegetali.

Tabella 4.2: Valori numerici delle superfici delle singole classi di uso del suolo suddivise in fasce altimetriche

TOVANELLA	< 800		800-1100		1100-1400		1400-1700		1700-2000		2000-2300		> 2300	
	1954	2006	1954	2006	1954	2006	1954	2006	1954	2006	1954	2006	1954	2006
Totale per fascia	27.8	27.8	199.7	199.7	328.0	328.0	250.4	250.4	162.1	162.1	63.8	63.8	8.6	8.6
Bosco	24.2	27.7	142.4	197.7	236.5	297.2	99.9	135.5	3.1	16.9	0.0	0.0	0.0	0.0
Erbaceo	3.0	0.0	14.8	0.0	18.4	1.4	1.2	1.9	0.0	3.5	0.0	3.0	0.0	0.0
Arbust	0.6	0.0	40.0	0.0	55.8	20.4	102.8	83.6	88.5	91.9	3.0	6.3	0.0	0.0
Improd	0.0	0.1	2.5	1.9	17.3	9.0	46.5	29.4	70.5	49.8	60.8	54.5	8.6	8.6
Somme	27.8		199.7		328.0		250.4		162.1		63.8		8.6	

Tabella 4.3: Variazioni delle superfici (in ettari) delle categorie di uso del suolo dal 1954 al 2006 suddivise in fasce altimetriche

Differenze aree	<800	800-1100	1100-1400	1400-1700	1700-2000	2000-2300	>2300
Bosco	3.6	55.4	60.7	35.5	13.9	0.0	0.0
Erbaceo	-3.0	-14.8	-17.0	0.7	3.5	3.0	0.0
Arbust	-0.6	-40.0	-35.4	-19.2	3.3	3.3	0.0
Improd	0.1	-0.5	-8.3	-17.0	-20.7	-6.3	0.0
	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

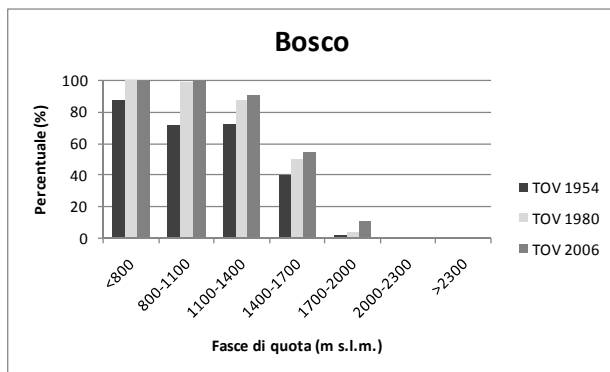


Figura 4.3: Percentuali della copertura forestale in Val Tovanella suddivise per anno e fasce di quota omogenee

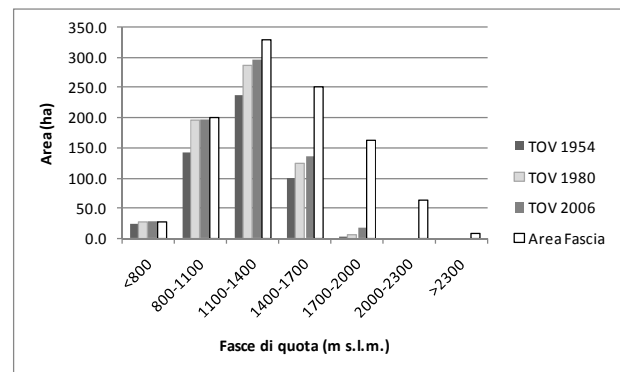


Figura 4.4: Aree in ettari della copertura forestale in Val Tovanella suddivise per anno e fasce di quota omogenee

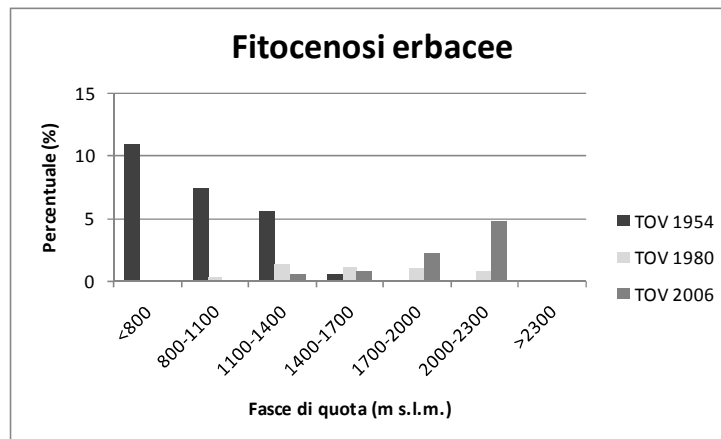


Figura 4.5 Percentuali riferite alle cenosi erbacee in Val Tovanella suddivise per anno e fasce di quota omogenee

4.1.2 Analisi delle metriche del paesaggio

In questo paragrafo si espongono i risultati ottenuti dalle elaborazioni dei dati grezzi per il calcolo delle metriche del paesaggio e i relativi indici statistici. La scelta di includere solo i dati relativi alle cenosi erbacee risiede nel fatto che proprio queste sono quelle oggetto di interesse delle indagini in quanto la loro presenza assicura un livello alto di diversità dell'ecosistema. In Tabella 4.4 sono riportati in tre colonne diverse, relative ai tre anni di indagine, i valori ottenuti. Per la nomenclatura si rimanda al paragrafo 6.3.2.

Tabella 4.4: Valori degli indici di paesaggio calcolati con *patch analyst* per le tre serie temporali analizzate sulla classe prati-pascoli

		1954	1980	2006
Number of Patches	NumP	20	25	12
Mean Patch Size	MPS	1.87	0.317	0.383
Patch Size Standard Deviation	PSSD	3.54	0.27	0.27
Edge Density	ED	14.95	7.32	3.52
Mean Patch Edge	MPE	777.85	304.8	305.6

Il numero di *patch* appare aumentato da 20 a 25 nel primo intervallo temporale e questo a causa della frammentazione a cui le tessere più grandi sono andate incontro vedendosi divise dall'avanzata del bosco al loro interno. Il dato del 2006 poi torna drasticamente a scendere a causa della completa chiusura della *patch* più piccole, rimanendo presenti, seppur con valori di superficie quasi cinque volte minori, solamente in dimensioni maggiori. Lo stesso andamento a campana dei dati si nota per il *MPS* e in parte per la *PSSD* ad indicare che i dati di superficie si sono maggiormente affollati attorno ai valori medi. Più preoccupanti appaiono invece i dati riferiti alla misura dei margini. Sia *ED* che *MPE* sono drasticamente diminuiti in modo continuo durante il lasso di tempo analizzato, ad indicare una progressiva uniformazione del paesaggio e delle sue forme. Nemmeno nei dati 1980, in corrispondenza di un aumentato *NumP* si nota un aumento degli *edge* come invece ci si sarebbe aspettati. A conferma di quanto appena detto in Figura 4.13 vengono riportati i *box plots* delle elaborazioni statistiche più significative. Si vede infatti che l'andamento del dato mediana di *Area* (con significato equivalente a *MPS*) segue quello appena descritto per la media e lo stesso si può dire anche per il dato *Perimeter* (sostanzialmente simile a *MPE*). Ad un calo iniziale dal '54 al '80 segue un nuovo aumento nel 2006. Il valore di *p* di significatività collegato ad una probabilità del 95% ($p=0.0450$ per *Area* e $p=0.0116$ per *Perimeter*) rivela infatti che le differenze interne fra i dati analizzati sono significative e quindi che le variazioni dei dati nel tempo rappresentano un cambiamento reale

statisticamente rilevante. Sempre in Figura 4.13 si riportano anche le elaborazioni per *SI* (*shape index*) e *PAR* (*perimeter on area ratio*). Il primo indice rivela il grado di compattezza della forma globale delle *patch* il quale aumenta avvicinandosi all'unità. Il secondo, che rientra comunque nel novero degli indici di forma, indica il valore del rapporto fra perimetro e area della *patch*. È noto dalla geometria piana che il valore minimo di questo rapporto si ottiene per figure circolari. Ecco quindi che valori minori indicano *patch* più compatte rispetto a valori maggiori.

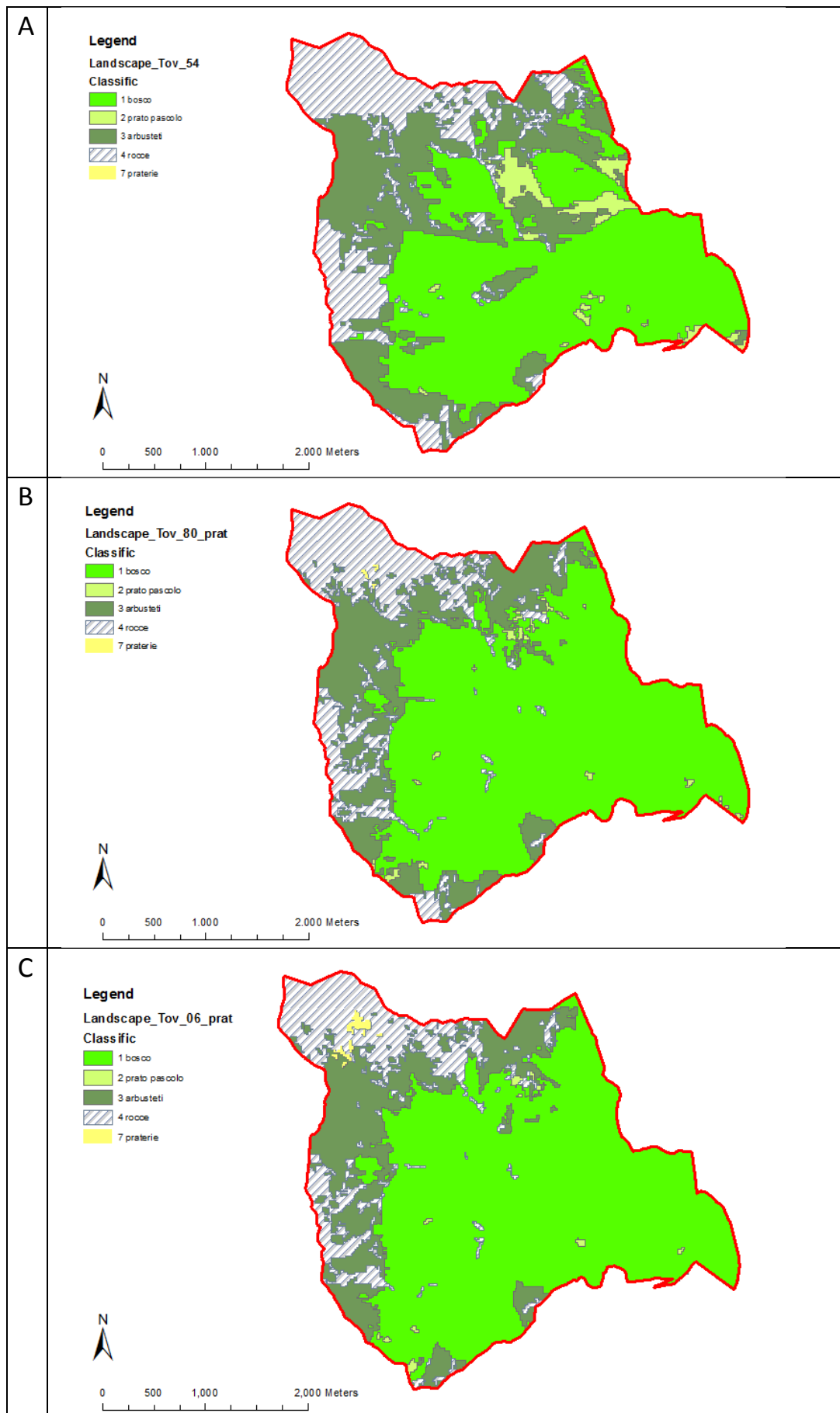


Figura 4.6: Variazione della copertura forestale in Val Tovanello rispettivamente negli anni 1954 (A), 1980 (B) e 2006 (C) come analizzato ed elaborato con i software GIS

4.2 *Cajada*

4.2.1 **Categorie di uso del suolo**

La categorizzazione degli usi del suolo in Val Cajada, eseguita con la stessa metodologia sfruttata per Tovanella, ha portato alla creazione delle mappe tematiche visualizzate in Figura 4.12 alla fine di questo paragrafo.

Da una prima analisi visiva delle immagini, colorate allo stesso modo di Tovanella per permetterne il rapido confronto, colpisce subito il rapidissimo dissolversi delle numerose *patch* di prato-pascolo presenti nella zona della piana. Il fine intreccio di colori e macchie visibili nell'immagine del 1954 diminuisce in modo violento già dopo 30 anni per andare quasi a scomparire nell'immagine del 2006. Nello stesso arco temporale anche le praterie di alta quota, presenti nel '54 sopra la fascia delle mughete (colorate in verde scuro) sono quasi praticamente scomparse, specie nella zona nord occidentale dell'area. Tutti questi cambiamenti, indissolubilmente legati alla presenza dell'uomo a sfruttare anche le cenosi di alta quota, trovano conferma nell'analisi di dettaglio che ha fornito i numeri che seguono.

Dalla matrice di contingenza della Tabella 4.5 si legge che la superficie classificabile come bosco nel 1954 ammontava a 586 ha, vale a dire il 63% dell'intera vallata. Già nel 1983, anno in cui è stata scattata la seconda serie di foto aeree, la porzione di territorio coperto da foresta era diventata di 704 ha, per passare in pochi anni al dato del 2006 di 750 ha, che rappresentano l'81% dell'intera zona.

Indagando le colonne delle differenze di area si può notare come la massima porzione dell'avanzamento del bosco sia presente, non a sorpresa, nel primo intervallo di tempo considerato, con un incremento delle cenosi forestali di 119 ha, contro i "soli" 45 dell'intervallo successivo (163-118). Considerando poi i valori percentuali calcolati sulla superficie originariamente occupata dal bosco (586 ha) si ottiene che esso è aumentato di circa il 28 % in cinquanta anni, ripartito tra il 20% nell'intervallo 54-83 e il 8% nell'intervallo 83-06.

Le cenosi che hanno ceduto il passo all'avanzata del fronte boschivo sono primariamente quelle erbacee, con una perdita del 5% sul totale di prati e pascoli gestiti e del 6% sul totale di pascoli e praterie di alta quota. Se tuttavia riferiamo i dati non alla superficie di tutta la valle ma all'area iniziale delle singole categorie si vede come la loro superficie attuale sia ridotta del 62% rispetto al 1954 e così del 58% per le praterie e del 48% per gli arbusteti. Infatti, come si vede dalla Figura 4.7, solo la colonna riferita al bosco aumenta costantemente la sua altezza durante tutti e tre i controlli temporali effettuati, mentre tutte le altre (riferite all'arbustivo,

Tabella 4.5: Matrice di contingenza delle variazioni di uso del suolo in Val Cajada per i tre anni considerati. Valori espressi in ettari e percentuali

CAJADA	area			percentuali per anno			54 - 80			54 - 06		
	1954	1983	2006	1954	1983	2006	diff	% su tipo	% area tot	diff	% su tipo	% area tot
Bosco	586.3	704.7	749.7	63.0	75.7	80.5	118.4	20.2	12.7	163.4	27.9	17.5
Prat_Pasc	74.3	34.5	28.3	8.0	3.7	3.0	-39.8	-53.6	-4.3	-45.9	-61.8	-4.9
Prateria	94.5	51.5	40.0	10.2	5.5	4.3	-43.1	-45.6	-4.6	-54.5	-57.7	-5.9
Arbust	105.0	65.6	54.3	11.3	7.0	5.8	-39.3	-37.5	-4.2	-50.6	-48.2	-5.4
Improd	71.1	74.9	58.7	7.6	8.0	6.3	3.8	5.4	0.4	-12.3	-17.4	-1.3
No_Class	78.4	78.4	78.4	8.4	8.4	8.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
somma	931.1	931.1	931.1	100.0	100.0	100.0	0.0		0.0	0.0		0.0

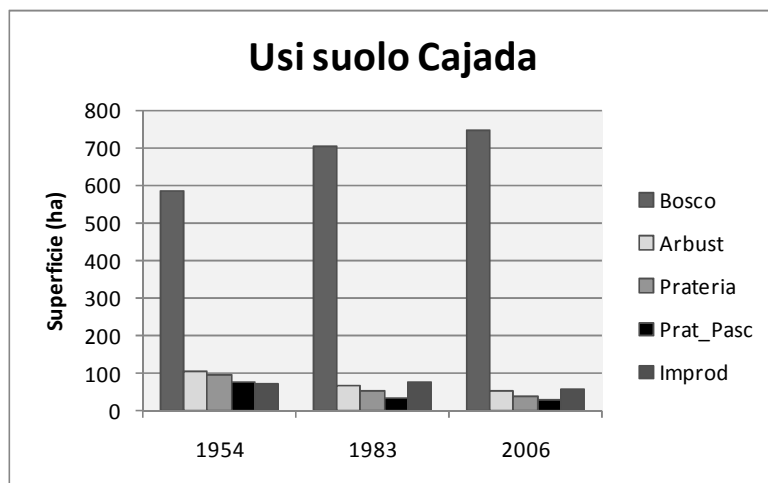


Figura 4.7: Istogramma degli usi del suolo in Val Tovanella riuniti nelle tre serie temporali analizzate

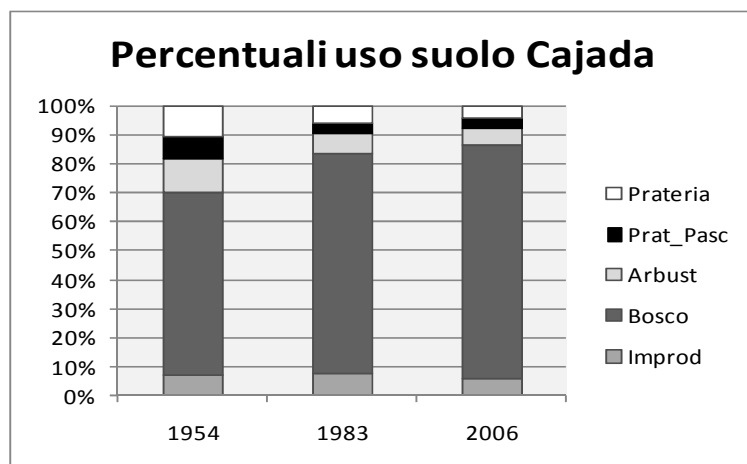


Figura 4.8: Percentuali di ciascuna classe di uso del suolo in Val Tovanella fatta cento la superficie totale della Riserva. Valori riuniti per anno di analisi

improduttivo, prato- pascolo e prateria) diminuiscono progressivamente con intensità decrescenti passando dall'arbusteto alle cenosi prato-pascolive. Una considerazione a parte va fatta per la classe dell'improduttivo, rappresentato dalle aree completamente prive di vegetazione, siano esse rocce o ghiaioni. La loro consistenza a Cajada è determinata dalla presenza di numerosi fenomeni di dissesto (ca 70 ha) dovuti principalmente alla genesi glaciale della conca. È così che la maggior parte della superficie di questa classe è concentrata nella

porzione orientale della valle in corrispondenza dei due grandi fenomeni franosi che dal 1954 ad oggi hanno visto mutare solo marginalmente la loro estensione.

I dati di copertura, in forma percentuale, pesati sulla superficie totale dell'area (931 ha se si esclude il non classificabile) sono rappresentati nella Figura 4.8, in cui si nota che lo spessore delle fasce di ciascuna classe aumenta solo per quelle relative alle formazioni boscate, e si riduce invece per tutte le altre.

La fase successiva è stata quella dell'indagine del territorio per fasce altimetriche uniformi. Partendo dagli 800 m sul livello del mare in corrispondenza della sezione di chiusura del Rio Desedan, si è progredito fino ai 2300 m salendo regolarmente ad intervalli di 300 m e conducendo le stesse classificazioni fatte per l'area nel suo insieme. Per ciascuna fascia, in Tabella 4.6 si riportano i valori di superficie calcolati per ogni classe di uso del suolo mentre le differenze accumulate nei 52 anni di indagine sono riassunte in Tabella 4.7. Dalla lettura di quest'ultima si evince come le modificazioni del paesaggio più importanti si siano verificate nella fascia montana-altimontana tra gli 1100 e i 1700 m per un totale di 136 ha di nuova foresta, i quali rappresentano l'83% dell'avanzamento totale del bosco in Cajada. Allo stesso modo si può notare che la perdita di prati e pascoli montani ammonta ad un totale di 88 ha, che rappresentano l'88% della perdita totale di queste formazioni in tutta la Valle per il periodo considerato. In Figura 4.9 si sono riportati i dati percentuali di bosco presenti nei tre riferimenti temporali e riferiti all'area complessiva della fascia considerata. La corretta maniera di leggere questo grafico si rimanda al paragrafo 4.1.1. La Figura 4.10 serve ad evidenziare la diversa superficie occupata dalle singole fasce altitudinali (in bianco). Si noti come una grande porzione dell'area è occupata da territori compresi tra i 1100 e i 1700 m s.l.m. A tutte le quote inferiori ai 1700 m si assiste ad un aumento del bosco con tassi di incremento fino al 30%, specie nel primo intervallo temporale considerato.

L'analisi dell'evoluzione di cenosi erbacee condotte con lo stesso metodo e riportata in Figura 4.11 fa emergere i seguenti risultati. La loro consistenza è diminuita progressivamente negli anni e in modo continuo lungo tutto il gradiente altitudinale, ad evidenziare il fatto che l'innalzamento del bosco non si è accompagnato ad un parallelo innalzamento delle praterie e delle mughete, che sono così state invase in modo definitivo. Qui, a differenza di Tovarella, non si assiste alla completa scomparsa delle radure alle quote inferiori, mantenute da una presenza dell'uomo che seppur con intensità e carichi minori, ha continuato a gestire attivamente l'area di Cajada.

Tabella 4.6: Valori numerici delle superfici delle singole classi di uso del suolo suddivise in fasce altimetriche

CAJADA 1954	< 800		800-1100		1100-1400		1400-1700		1700-2000		>2000	
	1954	2006	1954	2006	1954	2006	1954	2006	1954	2006	1954	2006
Totale per fascia	7.2	7.2	76.2	76.2	479.8	479.8	331.2	331.2	99.2	99.2	15.9	15.9
Bosco	2.3	5.4	35.8	57.0	397.9	438.4	147.1	242.4	3.0	6.4	0.0	0.0
Prat_Pasc	0.0	0.0	4.3	0.0	60.6	26.5	71.8	18.1	32.0	23.3	0.0	0.5
Arbust	1.7	0.0	12.7	0.3	7.3	2.3	69.2	30.9	13.7	20.8	0.3	0.0
Improd	3.1	1.8	23.3	18.8	13.7	12.4	16.7	13.4	13.5	11.8	0.7	0.5
No_class	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.2	26.4	26.4	36.9	36.9	14.9	14.9
Somme	7.2	7.2	76.2	76.2	479.8	479.8	331.2	331.2	99.2	99.2	15.9	15.9

Tabella 4.7: Variazioni delle superfici (in ettari) delle categorie di uso del suolo dal 1954 al 2006 suddivise in fasce altimetriche

Differenze aree	<800	800-1100	1100-1400	1400-1700	1700-2000	> 2000
Bosco	3.0	21.2	40.5	95.3	3.3	0.0
Prat_Pasc	0.0	-4.3	-34.1	-53.7	-8.7	0.5
Arbust	-1.7	-12.3	-5.0	-38.3	7.1	-0.3
Improd	-1.3	-4.5	-1.4	-3.3	-1.7	-0.2
	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

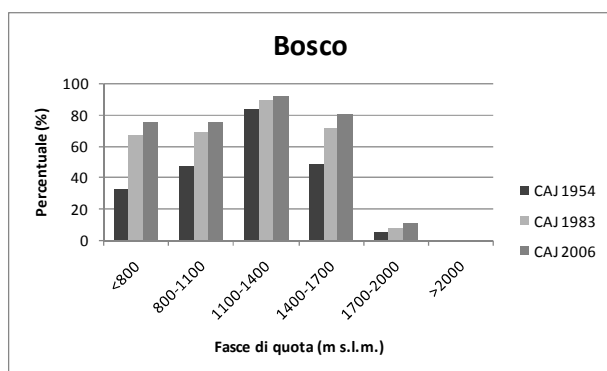


Figura 4.9: Percentuali della copertura forestale in Val Cajada suddivise per anno e fasce di quota omogenee

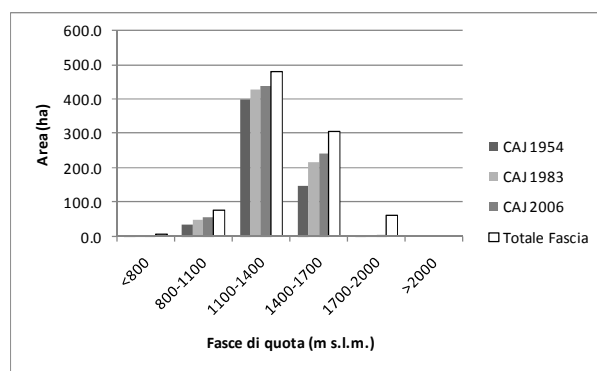


Figura 4.10: Aree in ettari della copertura forestale in Val Cajada suddivise per anno e fasce di quota omogenee

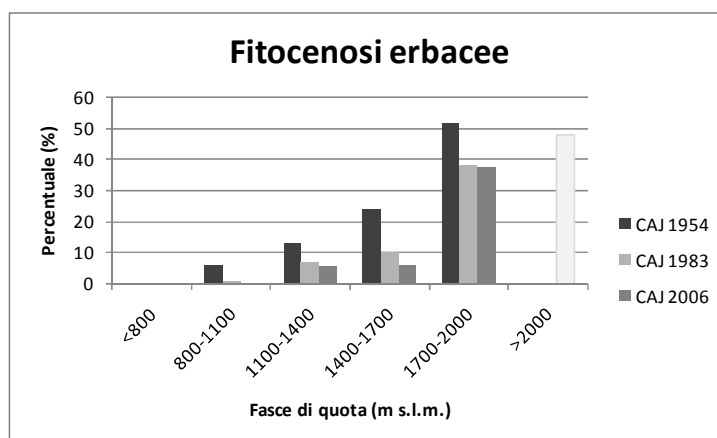


Figura 4.11 Percentuali riferite alle cenosi erbacee in Val Cajada suddivise per anno e fasce di quota omogenee. Il dato riferito a quote >2000m viene escluso dall'analisi perché riferito ad un'area molto ridotta e quindi passibile di erronee interpretazioni

4.2.2 Analisi delle metriche del paesaggio

Facendo riferimento a quanto già chiarito nel paragrafo 3.3.1 si espongono in questa sezione i dati relativi alle metriche del paesaggio calcolate per la classe prato-pascolo entro i confini dell'area di Cajada. In Tabella 4.8 sono riportati in tre colonne diverse, relative ai tre anni di indagine, i valori ottenuti.

Il numero di *patch* erbacee presenti nel territorio segue per Cajada un andamento decrescente regolare passando dalle 45 nel dato del 1954 a 20 nel 1983 e infine a 11 nel 2006. La motivazione di questo *trend* va certo ricercata nella chiusura progressiva della miriade di piccole tessere nel paesaggio un tempo mantenute aperte dall'attività dell'uomo. A confermare questa ipotesi è il dato del *MPS* che, seguendo la logica appena descritta, passa dai 1.6 ha del 1954 ai 2.5 degli anni Duemila. Questo dato letto singolarmente indurrebbe nell'errore di pensare che con il tempo le *patch* presenti sul territorio siano state ampliate di superficie. In verità ciò non è accaduto e il valore di *MPS* aumenta a causa della scomparsa del contributo delle molte tessere di piccola o piccolissima estensione che contribuivano a mantenere basso il valore medio. Un leggero aumento del valore di *PSSD* fa intuire che la variabilità del campione analizzato si è mediamente sempre mantenuta sugli stessi valori. Infine i dati relativi alle misure dei margini appaiono confermare la tendenza evolutiva ipotizzata. Il valore di *ED* crolla drasticamente dai 30.6 m/ha nel '54 ai 9.2 m/ha del 2006 evidenziando come il processo di semplificazione dei confini tra le varie tipologie e le forme delle tessere erbose sia inesorabilmente avviato. Il dato *MPE* segue lo stesso andamento descritto per *MPS*. Al ridursi del numero di *patch* piccole il dato medio di perimetro viene calcolato sulle poche *patch* medio-grandi rimaste sul territorio.

Tabella 4.8: Valori degli indici di paesaggio calcolati con *patch analyst* per le tre serie temporali analizzate sulla classe prati-pascoli

		1954	1983	2006
Number of Patches	NumP	45	20	11
Mean Patch Size	MPS	1.58	1.65	2.50
Patch Size Standard Deviation	PSSD	4.49	4.48	5.11
Edge Density	ED	30.63	12.15	9.18
Mean Patch Edge	MPE	687.26	613.48	842.00

A conferma di quanto appena detto in Figura 4.13 vengono riportati i *box plots* delle elaborazioni statistiche più significative. Si vede infatti che l'andamento del dato mediana di *Area* segue quello appena descritto per la media e lo stesso si può dire anche per il dato *Perimeter*. Il valore di p di significatività collegato ad una probabilità del 95% ($p=0.8409$ per *Area* e $p=0.8770$ per *Perimeter*) rivela che le differenze dei valori analizzati non sono significative cioè appartenenti alla stessa popolazione di dati. Sempre in Figura 4.13 si riportano anche le elaborazioni per *SI* e *PAR*.

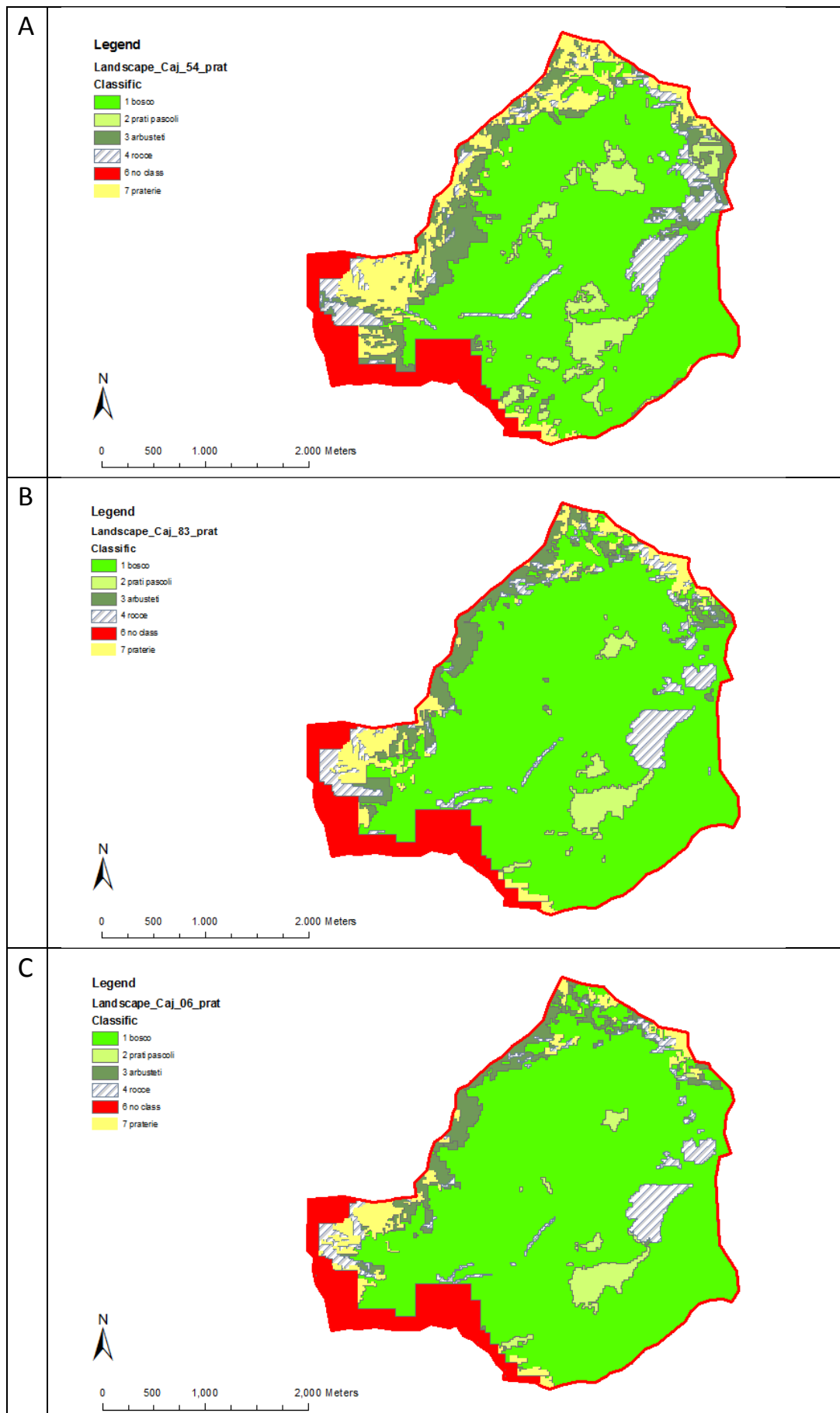


Figura 4.12 Variazione della copertura forestale in Val Cajada rispettivamente negli anni 1954 (A), 1983 (B) e 2006 (C) come analizzato ed elaborato con i software GIS

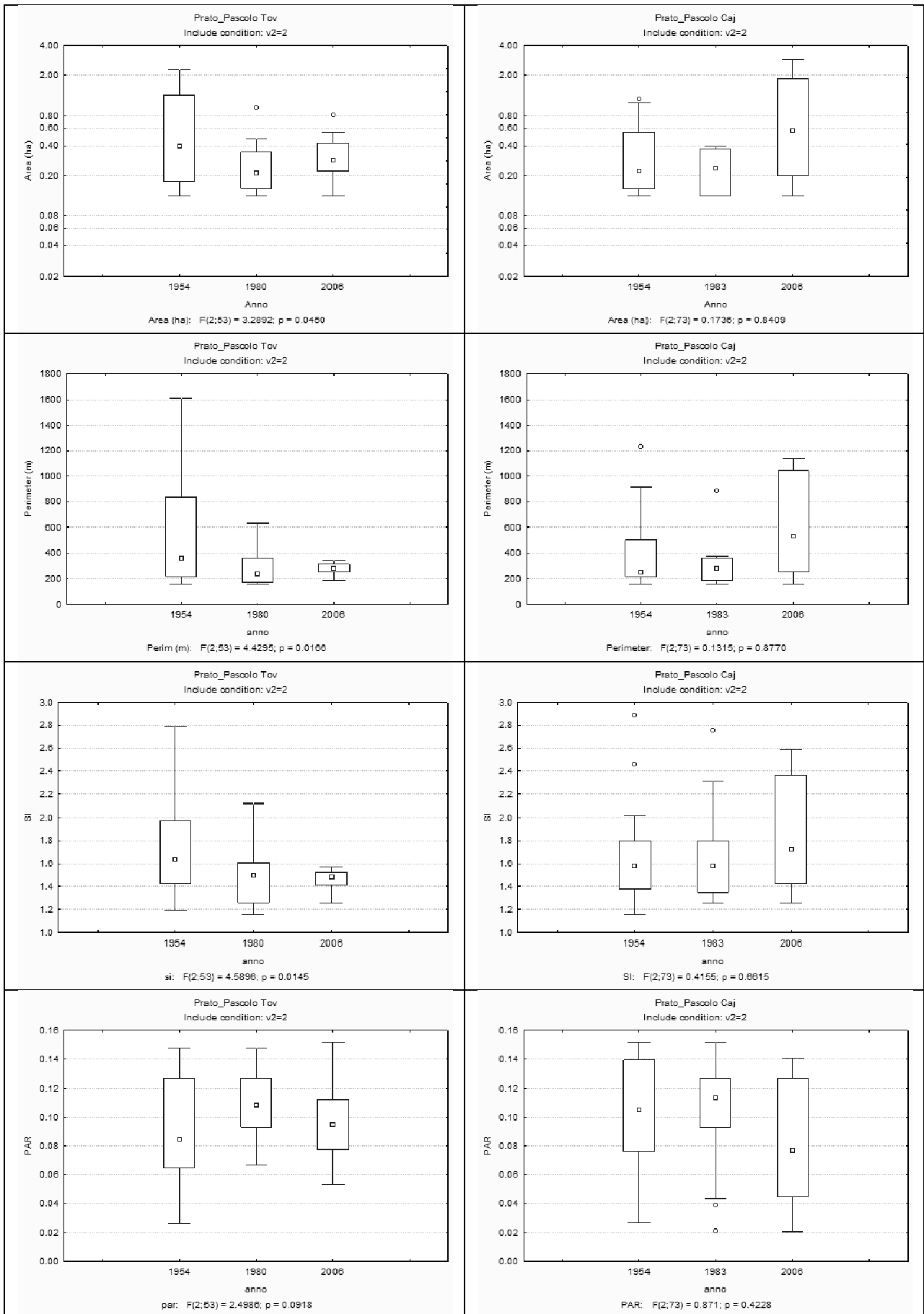


Figura 4.13: Box Plots dei principali indici di paesaggio calcolati per Tovanello (colonna sinistra) e Cajada (colonna destra).
 Box: quartili (25% - 75%), Barre: range esclusi outliers, Quadrato: mediana, Pallino: outliers

4.3 *Analisi delle aree di malga*



Figura 4.14: La radura di Casera Pescol. A sinistra visione generale dell'ex pascolo, ora sfalciato. A destra zona di prato recuperato con un taglio di cui sono ancora visibili le ceppaie.



Allo scopo di verificare ad una scala maggiore le dinamiche ricolonizzative del bosco nella sua avanzata nelle formazioni erbacee, si è deciso di selezionare le zone di pertinenza delle malghe nelle due aree e analizzare in dettaglio l'evoluzione temporale dei fenomeni. Come già evidenziato, le aree maggiormente interessate da processi di ricolonizzazione forestale sono prevalentemente ubicate nella fascia montana e spesso il loro ambito di espansione coincide con quello di pertinenza delle malghe sparse sul territorio. In particolare, come riportato in Tabella 4.9, si sono indagate, per Cajada le malghe Palughet e Pian Cajada, mentre per Tovanelle le malghe Fason, Costa de Bo e Pescol. Va inoltre precisato che non a tutte le aree è toccata la stessa sorte. È ad esempio il caso di Palughet per cui si hanno dati certi di monticazione fino ai primi anni Duemila, seppur con carichi di bestiame del tutto insufficienti ad assicurare la corretta manutenzione del pascolo. Un altro tipo di influenza esterna di tipo antropico, segnata in tabella con frecce ed "X", sono le operazioni selvicolturali condotte nelle zone marginali dei pascoli. Queste sono state caratterizzate da estesi impianti di abete rosso presso Pian Cajada e Pescol che hanno ridotto la superficie pascolabile in modo significativo e immediato. Per Pescol e Fason va poi aggiunto che da qualche anno ormai si procede allo sfalcio sistematico delle aree prative e al loro ampliamento per mezzo di tagli seppur di debole intensità lungo il loro perimetro (Figura 4.14).

Nonostante tutte queste premesse si può notare che in tutte le malghe indagate la superficie di ex pascolo si è ridotta con ritmi, seppur diversi, ma pur sempre molto spinti. Le perdite maggiori si sono verificate a Cajada, dove, a causa della morfologia più dolce e una

maggior accessibilità, le aree dedicate all'alimentazione del bestiame erano, e sono, decisamente maggiori. Così ad esempio, in Pian Cajada si sono perduti circa 11 ha di pascolo, e se ciò in parte è dovuto all'impianto artificiale di resinose, altrettanto non si può dire per Palughet, dove l'avanzata naturale del bosco ha portato ad una riduzione del pascolo di poco inferiore (8.8 ha). La situazione di Tovanello è più controversa per la presenza sin dagli anni Cinquanta di aree a pascolo aperte relativamente ridotte. La spiegazione di ciò va ricercata probabilmente nella diffusa consuetudine di praticare il pascolo in bosco, quindi in formazioni che seppur rade, non sono discriminabili nell'interpretazione a video delle foto aeree. Nonostante tutto per malga Fason si è assistito ad una riduzione dell'area a pascolo del 49%, 47% a Costa de Bo e 65% presso malga Pescol. Lo stesso *trend* si è osservato anche per le misure del perimetro che in tutti i casi indagati si è ridotto fino ad un massimo del 73% nella Piana di Cajada. Questo dato acquista maggior significato se associato a quello relativo allo *shape index* (SI), che si ricorda indica quanto la forma di una patch è compatta (SI=1 corrisponde alla massima compattezza). Si legge infatti che anche i valori di quest'ultimo indice decrescono progressivamente nel tempo avvicinandosi spesso molto al valore soglia di 1. In definitiva l'analisi delle aree di malga conferma quanto detto in precedenza dimostrando che anche a livello di singole *patch* le dinamiche ricolonizzative del bosco sono progredite con tassi molto forti nel tempo.

Tabella 4.9:Variazione delle superfici, perimetri e indici di forma (SI) in aree di pascolo nelle malghe di Tovanella e Cajada. Le frecce indicano operazioni di riforestazione artificiale, la X operazioni di taglio.

Cajada		1954	1983	2006	%
	area	27.2	20.6	18.4	-32.4
Palughet	perimetro	7748	4427	3763	-51.4
	SI	4.19	2.75	2.47	
	area	13.9	4.5	2.9	-79.1
Pian Caj	perimetro	3826	1739	1044	-72.7
	SI	2.89	2.31	1.73	
Tovanella		1954	1980	2006	%
	area	-	0.45	0.23	-48.9
Fason	perimetro	-	441	253	-42.6
	SI	-	1.73	1.5	
	area	0.53	0.35	0.28	-47.2
Costa de Bo	perimetro	379	316	289	-23.7
	SI	1,47	1.51	1.47	
	area	1.6	0.44	0.56	-65.0
Pescol	perimetro	1043	348	347	-66.7
	SI	2.33	1.46	1.32	

4.4 La distanza minima dalle patch erbacee

All'interno del progetto "Ricerca scientifica per individuare buone regole di gestione delle foreste in aree di interesse naturalistico" appare di chiara importanza la possibilità di fornire strumenti pratici per coadiuvare le scelte strategiche che verranno prese. È con questa logica, e sulla base di altri lavori che ne confermano la necessità, che si è voluto aggiungere un'analisi sulla distribuzione spaziale delle *patch* con riferimento alle aree di saggio fisse utilizzate nell'ambito degli studi precedenti (Scudo 2009; Barazzutti 2010). Le possibilità offerte dalle analisi in campo GIS, di cui quella esposta rappresenta un esempio, possono essere usate per approfondire le conoscenze sulla fauna delle due aree.

Il paesaggio è per definizione eterogeneo e questa sua caratteristica ha numerose implicazioni per le comunità animali che vivono al suo interno. La complessità spaziale può infatti influire sui movimenti delle popolazioni, come pure influire sulla capacità di dispersione e sulle abitudini alimentari (Johnson, Wiens et al. 1992). Non solo, ma in ambienti caratterizzati da un mosaico di habitat, le differenti regioni del paesaggio possono essere sfruttate in modo differente nello spazio e nel tempo proporzionalmente al piano ecologico occupato (Milne, Johnston et al. 1989), ai livelli di predazione a cui le specie sono sottoposte, alle possibilità riproduttive e di successo della prole. A questo va inoltre aggiunto che le dinamiche di popolazione all'interno di diverse patch possono differire in funzione di fattori esterni che le influenzano in relazione alla struttura stessa del mosaico. L'ecologia del paesaggio è basata sulla premessa che esistono forti legami tra la configurazione del paesaggio e i processi e le funzioni ecologiche che in esso agiscono (Gustafson 1998).

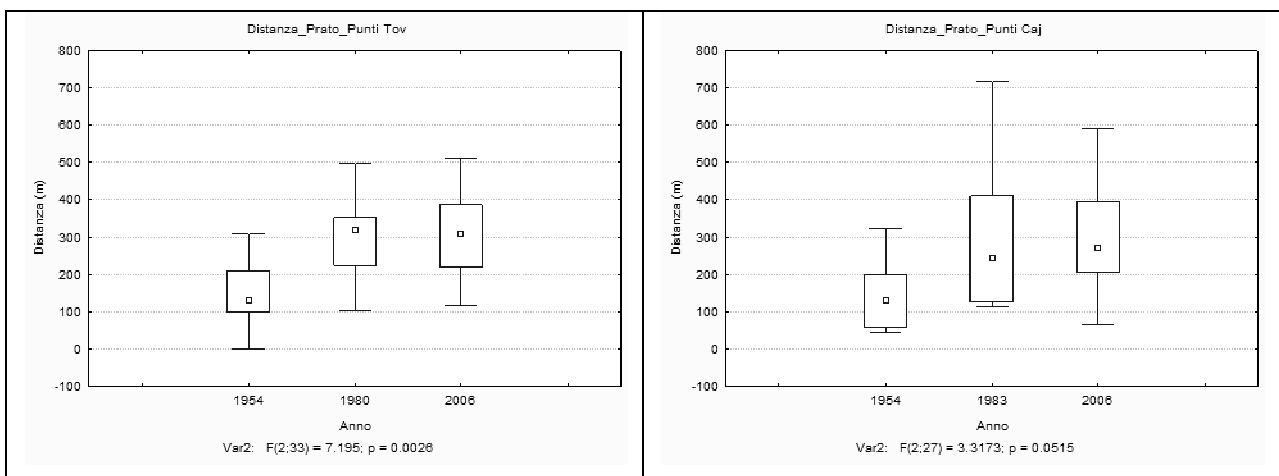


Figura 4.15: Box plots dei valori di distanza dalla patch prativa più vicina calcolati per ciascun punto di ricerca. Box: quartili (25% - 75%), Barre: range, Quadrato: mediana

Nella fattispecie si sono calcolati i valori di distanza per ciascuna delle dodici aree di studio di Tovanella e le dieci di Cajada per vedere se l'evoluzione del paesaggio abbia influito o meno sulla possibilità di dispersione delle popolazioni che vivono in habitat eterogenei. I dati mostrano che la distanza media delle aree di saggio in Tovanella è passata da 152m nel 1954, quando la frammentazione degli habitat era maggiore ai 303m nel 2006 ($F_{(2;33)}=7.195$, $p=0.0026$). La stessa tendenza, anche se con divari minori si è osservata per Cajada passando da 152m nel '54 a 297m nel 2006 ($F_{(2;27)}=3.3173$, $p=0.0515$). In entrambi i casi i valori assoluti di questi dati hanno negli anni cambiato significativamente l'ordine di grandezza, passando dalle poche decine di metri nel primo intervallo considerato, all'ordine delle centinaia nel secondo. Alle stesse conclusioni si giunge osservando le rappresentazioni grafiche delle analisi statistiche (Figura 4.15) nelle quali si riportano i valori delle mediane. Nel presente studio non si intendono affrontare le specifiche problematiche che queste modificazioni implicano per le comunità animali, ma solo dare lo spunto per dei futuri approfondimenti sul tema.

5 Discussione

5.1 *Le modificazioni degli usi del suolo: discussione e confronto*

I territori analizzati di Tovanella e Cajada sono dominati da processi comuni di evoluzione del paesaggio, ovvero dall'espansione delle cenosi forestali legata all'abbandono dei pascoli e dei terreni attivamente gestiti. Le cause di tale fenomeno sono da ricercarsi nei cambiamenti socio-economici avvenuti in modo determinante in tutta la superficie nazionale (vedasi INFC) a partire dagli anni Cinquanta del secolo scorso, che hanno portato a profonde trasformazioni dell'uso del territorio. Il processo di modificazione degli assetti vegetazionali di queste aree è avvenuto con meccanismi e tempi diversi, che hanno portato ad una composizione specifica delle formazioni di post-abbandono diversificata a seconda delle condizioni stagionali, dell'uso del suolo precedente e della struttura del paesaggio agro-forestale (Pelleri and Sulli 2000; Piusi 2002). L'analisi del paesaggio e lo studio delle classi di uso del suolo hanno evidenziato come le trasformazioni del territorio vadano verso una progressiva rinaturalizzazione delle cenosi che tendono ad un assetto via via più stabile e coerente con i caratteri ecologici dei vari siti.

I dati di entrambe le aree confermano infatti un dato indiscutibile: l'avanzamento del bosco a rioccupare territori di propria competenza ecologica si è spinto, e tutt'ora continua a farlo, in modo tanto più forte quanto più repentino è stato l'abbandono dell'area. Si è infatti visto come le percentuali della superficie boscata nelle due aree sia aumentata, nel 2006 rispetto alla superficie occupata nel 1954, del 33% in Tovanella e del 28% in Cajada.

Quindi la situazione attuale del paesaggio forestale è caratterizzata da pochi ma più grandi nuclei di bosco, che si differenzia dalla situazione di metà secolo dove numerosi frammenti di bosco erano inclusi in un territorio dominato dalla componente agro-silvo-pastorale. Questo *trend* è evidenziato da altri autori in Italia (Agnoletti 2007) e in Europa (Lasanta, González-Hidalgo et al. 2006), e può essere interpretato come una lenta riconquista del bosco e della vegetazione naturale che ha prodotto un inglobamento dei frammenti in nuclei progressivamente più grandi.

L'avanzamento del bosco ha però seguito processi differenti. A Tovanella infatti questo processo è avvenuto a scapito principale della fascia arbustiva di transizione delle quote più elevate a causa della minor pressione esercitata dalle attività di pascolo condotte dall'uomo. Si ricorda infatti che Tovanella, pur essendo relativamente scarsa di pascoli alle quote basse e concentrati solo nelle zone limitrofe alle malghe, contava un gran numero di zone a pascolo arborato e di pascoli d'alta quota. Per quest'area si assiste sostanzialmente alla chiusura

indifferenziata delle aree aperte, indipendentemente dalle loro dimensioni iniziali. Per Cajada la situazione iniziale era leggermente diversa dal momento che le zone maggiormente caricate con bestiame erano quelle della bassa conca a carico delle quali il bosco è avanzato. Tuttavia in quest'area la chiusura completa da parte del bosco ha caratterizzato solo le aree aperte più piccole, mentre ad oggi sono ancora presenti sul territorio quelle cenosi erbacee di maggior consistenza. Alla luce di ciò si può quindi dire che seppur partendo da condizioni iniziali leggermente differenti per i caratteri descritti, a Tovanella i pascoli e i prati di bassa quota sono sostanzialmente spariti dopo l'abbandono, mentre a Cajada una seppur ridotta gestione ne ha permesso il loro mantenimento.

A livello spaziale queste dinamiche si sono tradotte nella semplificazione del paesaggio e dei suoi elementi portando ad una omogeneizzazione generale. Questo lo si vede sia dai dati di copertura delle singole classi di uso del suolo che dai valori delle deviazioni standard ad essi connessi. Per il primo aspetto infatti si verifica, specie a Tovanella, la riduzione quasi totale delle patch prato-pascolive già molto ridotte in epoche passate e la scomparsa di quei frammenti del paesaggio che si ponevano a interruzione della vastissima superficie coperta dal bosco. Per il secondo aspetto, la lettura dei grafici di elaborazione statistica indica una progressiva normalizzazione dei dati che passano da una distribuzione molto poco regolare ad un andamento cosiddetto "a campana".

La correlazione delle dinamiche con i valori medi di quota e pendenza ha confermato una generale tendenza alla riconquista del bosco nelle aree poste a quote medie. Si è infatti visto che le fasce altitudinali maggiormente interessate da questi fenomeni sono quelle comprese tra gli 800 e i 1400 m di quota per Tovanella e i 1100 e 1700 m di quota per Cajada. La ragione di ciò, ancora prima di fare considerazioni di carattere ecologico, va ricercata nella dislocazione delle aree effettivamente ricolonizzabili dal bosco, quelle cioè che nel '54 erano libere dalla vegetazione arborea e prone ad un suo avanzamento. Detto questo, si può dire che le fasce altimetriche oggetto di massimo incremento boschivo sono, in entrambe le aree, a fortissima vocazione forestale, e che quindi i processi evolutivi sono sostanzialmente stati simili.

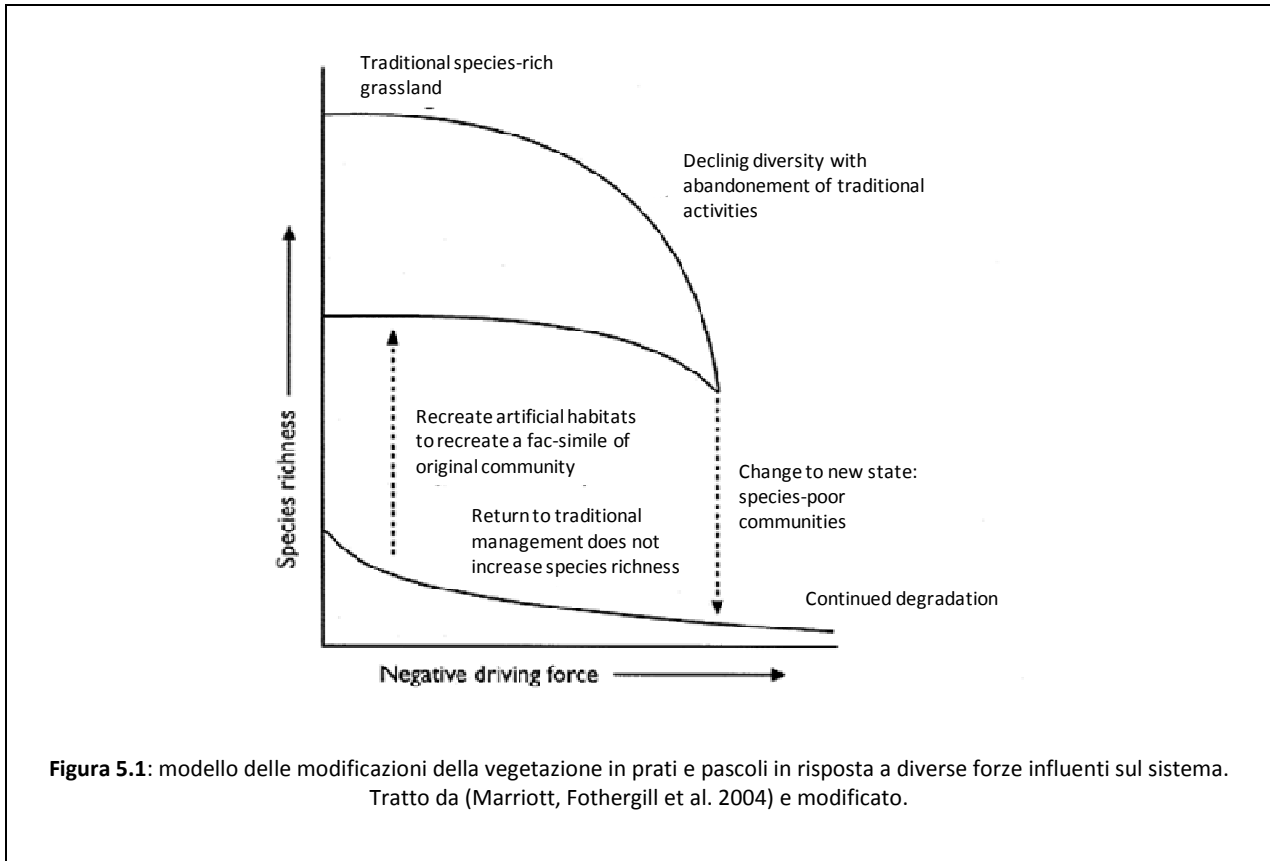
La grande differenza che è emersa dalle analisi dei dati è però un'altra e riguarda non tanto la qualità o l'intensità dell'avanzamento del bosco, quanto più il grado di severità con cui i cambiamenti sono avvenuti. In altre parole a Tovanella il repentino abbandono totale e

immediato su tutta l'area ha portato ad una chiusura delle *patch* minori, soprattutto prative, e ad una fortissima omogeneizzazione del paesaggio forestale. In seconda istanza poi, all'interno dei boschi stessi si è assistito alla loro profonda evoluzione strutturale (Barazzutti 2010). La sorte di Cajada invece è indiscutibilmente legata a due fattori principali. Il primo è di tipo storico. L'utilizzo intensivo passato della conca e l'apertura di vaste aree di pascolo hanno portato ad avere negli anni '50 un'area fortemente eterogenea negli habitat. Il secondo, di tipo gestionale, riguarda le sorti che toccarono alla valle nella seconda metà del '900. La riduzione progressiva della pressione antropica e delle attività silvo-pastorali, senza mai cessare del tutto e in modo improvviso, hanno mantenuto un livello minimo di presenza sul territorio tale da scongiurare una completa chiusura delle radure tanto importanti quanto delicate.

5.2 I cambiamenti del paesaggio nelle due aree di studio

Gli effetti dei diversi regimi gestionali sugli ecosistemi montani sono evidenti già dalla lettura dei dati ricavati sulle metriche del paesaggio. L'evoluzione dell'ecosistema si è infatti spinta lungo due direttive principali. La prima è stata quella della riduzione, seppur non con la completa scomparsa, delle *patch* presenti nel paesaggio e tra loro connesse. Per evitare che si sottovaluti questo aspetto si fa notare che alcuni studi hanno chiaramente messo in evidenza come la perdita di alcuni singoli habitat non sia così influente nella dinamica di certe popolazioni animali come lo è invece la drastica riduzione nella consistenza del numero di ecotopi disponibili per la loro sopravvivenza (Bender, Contreras et al. 1998; Lindborg and Eriksson 2004). La seconda direzione è quella della generale uniformizzazione del paesaggio che passa da un grado elevato di mescolanza e interconnettività fra habitat a un livello di monotonia ecologica maggiore. Tutto ciò è confermato dai valori degli indici di forma e complessità calcolati per tutte le classi nonché dalle misure di distanza minime dei punti di ricerca dagli ecotopi prativi (par. 4.4). Un fortissimo aumento di questi ultimi valori indica una perdita considerevole di connettività. La connettività in un paesaggio è rappresentata dal grado con cui l'ambiente fisico facilita od ostacola il movimento tra i vari ecotopi modello (Taylor, Faharig et al. 1993). Se si considera che l'abbondanza e la distribuzione delle popolazioni naturali può essere fortemente influenzata dal tipo e dalla configurazione degli habitat all'interno dell'ecosistema (Johnson, Wiens et al. 1992; Pulliam, Dunning et al. 1992) si può intuire quanto più preoccupante risulti la situazione in Val Tovanella alla luce dei risultati esposti. Un altro esempio di quanto appena detto è riportato da (Milne, Johnston et al. 1989). Nel loro lavoro emerge quanto la mancanza di interconnessioni tra i diversi frammenti del paesaggio e il loro

progressivo allontanamento reciproco provochi una netta diminuzione nel valore residuo che la singola *patch* rappresenta per le popolazioni potenziali abitanti. In altre parole il grado di utilizzo di un prato isolato rispetto ad un altro collegato ecologicamente con altri simili è nettamente minore.



Si è visto che la ricchezza biologica, anche quella semplicemente calcolata come numero di specie viventi in un determinato habitat, è fortemente influenzata dalla configurazione spaziale del paesaggio in cui le specie vivono. I cambiamenti nell'uso del suolo legati alla modifica delle pratiche agronomiche sono uno degli aspetti di maggior rilievo in questa tematica. Si è infatti dimostrato che il declino del numero di specie in un prato, conseguente al suo abbandono o a un suo utilizzo secondo le tecniche agronomiche più intensive, è di difficile reversibilità (Figura 5.1). La riduzione di diversità specifica infatti è tanto più spinta quanto più forti sono i cambiamenti dell'habitat, ed il ritorno ad una fase "ante" non è sempre assicurato da un ripristino delle attività e delle pratiche di un tempo (Marriott, Fothergill et al. 2004). La risposta degli esseri viventi ai cambiamenti di uso del suolo possono tuttavia essere molti lunghi e alcuni studi hanno dimostrato come possano essere necessari anche 50-100 anni prima che tali cambiamenti diventano manifesti (Lindborg and Eriksson 2004). Quindi l'analisi di come la diversità di specie è relazionata alla configurazione del paesaggio attuale può portare a

interpretazioni scorrette delle loro dinamiche e una perdita di specie futura va considerata nonostante il paesaggio attuale sia mantenuto (Lindborg and Eriksson 2004). Queste valutazioni dovranno essere considerate nella fase di adozione di misure conservative, specie in Val Tovanella.

6 Conclusioni

Il territorio delle vallate di Tovanella e Cajada è indiscutibilmente caratterizzato dall'aumento dell'estensione della copertura forestale nell'arco temporale che va dal 1954 al 2006. Si è inoltre visto come la parte più consistente di questo cambiamento sia avvenuta nel primo intervallo temporale considerato (1954 – 1980/'83). I valori calcolati si sono dimostrati essere in linea con i *trend* di tutte le altre aree montane sia in Italia che in Europa per le quali si siano condotti studi simili. A questo va associato il fenomeno della riduzione, prima di consistenza, poi di numero degli ecotopi pratici presenti nelle vallate, seppur con gradi di intensità differenti tra Tovanella, completamente abbandonata dal 1954, e Cajada. Contestualmente si è assistito alla riduzione e contemporanea semplificazione dei margini rimasti sul territorio, i quali comportano una drastica riduzione delle ricche fasce di ecotono caratterizzate da fattori ecologici di transizione tra i due ecosistemi adiacenti. Questi fenomeni si sono verificati in modo più spinto alle quote e pendenze medie della fascia montana dove maggiori erano gli spazi aperti occupabili e migliori si verificano le condizioni ecologiche. È proprio qui che le attenzioni di chi gestisce il territorio dovranno concentrarsi. D'altro canto l'abbandono delle attività antropiche, che nei secoli hanno artificialmente modificato il territorio naturale, porta ora ad una rinaturalizzazione di questi territori. Tale fenomeno ha tuttavia assunto connotazioni discordi nelle due aree e questo a causa della diversa gestione alle quali esse sono state sottoposte. Appare quindi legittimo chiedersi quale direzione sia meglio percorrere per tutelare le risorse naturali di questi ambienti. Meglio perdere definitivamente la fine mescolanza di habitat presente a favore di una vera naturalità oppure assicurare livelli minimi di pressione tali da permettere il mantenimento di una variabilità ambientale elevata? La presenza di molti ecotopi di diverse dimensioni e collegati fra di loro appare tuttavia la scelta migliore per le aree studiate. Infatti, se come afferma (Forman 1995), grandi patch permettono una miglior tutela del territorio e possono sostenere la presenza di un numero maggiore di specie (secondo la teoria delle isole biogeografiche), una mescolanza fine, associata alla buona connessione tra gli habitat tramite corridoi e collegamenti, assicura una maggior densità di specie, sia di margine che di interno, per unità di superficie e la protezione anche di quelle specie rare le cui peculiarità ecologiche siano presenti solo in determinati ambienti. Molti studi confermano poi che alcuni particolari assetti del paesaggio risultano essere univocamente collegati, nella percezione globale della comunità, ad un livello elevato di naturalità. Questi riguardano un territorio finemente mescolato in modo che tutte le

componenti del paesaggio risultino armonicamente inserite al suo interno. Per molti aspetti il perseguimento di un risultato con obiettivi ecologico-naturalistici sembra coincidere con quello di valori paesistici e culturali (Tempesta and Thiene 2006).

Si può quindi affermare che il mantenimento di pratiche agronomiche, pabulari e selvicoltrali nelle aree montane a carattere estensivo è auspicabile per una corretta gestione del territorio, sensibile alla conservazione di un alto grado di diversità biologica. Se da un lato infatti l'abbandono porta ad una veloce rinaturalizzazione degli ecosistemi, dall'altro ciò comporta una semplificazione degli stessi, deprecabile in territori e regioni dove sempre minore è la naturale variabilità ambientale a causa dell'urbanizzazione delle pianure. Il caso di studio di Val Cajada dimostra infatti come anche solo la riduzione delle attività umane abbia portato nel giro di pochi decenni alla modifica sostanziale del paesaggio sotto la vigoria della componente arborea fortemente competitiva nelle fasce montana e altimontana.

È necessario quindi agire concretamente dapprima a livello pianificatorio, prevedendo una gestione anzitutto selviculturale concreta, volta non solo al raggiungimento di obiettivi economici e auxonometrici ottimali, ma anche attenta alla diversità biologica. Si devono quindi prevedere interventi che, assicurando un tornaconto economico al proprietario, forniscano un incentivo positivo al mantenimento di una elevata biodiversità. Questo è possibile prevedendo a scala locale e nei piani di assestamento degli interventi di modifica di uso del suolo, non solo per mantenere le aree aperte ancora presenti, ma per crearne altre in luoghi strategici per la conservazione della fauna, in particolare di quella ungulata, sensibile alla presenza di stazioni di alimentazione. Queste operazioni andranno pianificate nel contesto di un'attenta valutazione del rischio idrogeologico e volte a mantenere in ogni caso una elevata stabilità tanto dei versanti su cui si è intervenuti, quanto dei popolamenti forestali limitrofi.

La criticità dei risultati esposti si manifesta appieno in Val Tovanella dove l'abbandono colturale totale ha portato ad una chiusura quasi completa di tutti gli spazi aperti, tanto quelli di piccole dimensioni quanto quelli inizialmente più estesi. È proprio in questo aspetto che sussistono le maggiori contraddizioni normative. Sfortunatamente infatti le direttive a livello Europeo, utilizzate per la creazione della rete Natura 2000 mancano di considerare che molti degli habitat presenti sono nati dall'azione dell'uomo, mentre calcano maggiormente il pugno su quelli a maggior livello di naturalità (Agnoletti 2007). Inoltre il già citato lavoro di Barazzutti (Barazzutti 2010) mette in luce come nel tempo la biodiversità di popolamento sia aumentata,

specie a Tovanello, ma non lo stesso vale per quella di paesaggio dacché l'aumento di naturalità di alcuni ecosistemi è costato la perdita di altri ad essi mescolati.

Contestualmente alle possibilità offerte dal regime riservistico in Val Tovanello si crede quindi che il continuo sforzo conoscitivo sia un aspetto basilare per la gestione di quest'area. In particolare ci si aspetta un lavoro di sintesi tra tutti quelli proposti negli anni per quest'area e in grado di collegare i dati di paesaggio forniti da questo studio con quelli relativi alle dinamiche e consistenze delle popolazioni vegetali e animali indagate. Tali indagini dovranno però tener memoria della storia dei siti. Nei paragrafi 4.4 e 5.2 si è analizzato infatti come la distanza tra le aree di studio scelte per la ricerca e le *patch* prative più vicine sia notevolmente aumentata a scapito della connettività dei diversi elementi del paesaggio. Ma se è vero che le risposte delle popolazioni avvengono con un certo ritardo rispetto alle modifiche del paesaggio che le ospita, bisogna considerare una certa influenza degli usi passati del territorio per interpretare i dati delle nuove ricerche.

Dal punto di vista operativo sono poi necessari continui e tempestivi interventi volti al mantenimento della mescolanza di habitat ed ecotopi, anche se la natura della proprietà nell'area e le sue caratteristiche topografiche li rendono di difficile esecuzione. Inoltre è illusorio poter immaginare che la soluzione a questi problemi possa venire solo da interventi a finanziamento pubblico senza alcuna resa economica finale. Ecco quindi che la scala del problema si sposta verso altri orizzonti di natura economica e tecnologica. La presenza dell'uomo nelle montagne è infatti possibile solo se ciò costituisce una fonte di vita e ricchezza per le popolazioni e se la convivenza tra attività tradizionali e aree protette è minuziosamente pianificata, così da permettere la presenza attiva ed efficace dell'uomo sulle montagne.

DESIDERO RINGRAZIARE:

Il dott. Andrighetti e la dott.ssa Sommacal del Corpo Forestale di Belluno per la collaborazione prestata per questo progetto

Sandro Serini e la dott.ssa Shephard del Ministero per i Beni Culturali, l'Istituto Geografico Militare e la ditta Rossi s.r.l. di Brescia per aver prontamente fornito la documentazione fotografica necessaria.

Sento poi il dovere di porgere la mia personale gratitudine a:

Emanuele Lingua per avermi insegnato la perseveranza nel lavoro

Valentina Fioretti per avermi insegnato la pazienza e l'amore

Veronica Scapin che con Thomas mi ha insegnato la generosità nell'offrire il proprio aiuto incondizionatamente

Giovanni Barazzutti per avermi insegnato che la strada fatta insieme e col sorriso è meno dura

Stefano Campeotto e Maria De Stefano per avermi insegnato che con la collaborazione si raggiungono risultati migliori, anche nella statistica

Fabio Cappellato e per avermi insegnato che la passione per ciò che si ama può inaspettatamente aiutare chi è in difficoltà

Niccolò Marchi per avermi insegnato che il verbo scaricare non si confà solo ad un carico di merce

Doug Corrin e Gabriele Bertoldi per avermi insegnato che la competenza e la professionalità sono qualità che devono essere curate

7 Bibliografia

- AA.VV. (2009). Ricerca scientifica per individuare buone regole di gestione delle foreste in aree di interesse naturalistico. Relazione sul primo anno di attività Corpo Forestale dello Stato e Università degli Studi di Padova: 24.
- Aceto, P., M. Pividori, et al. (2000). "Dinamica evolutiva di popolamenti forestali di neoformazione nel piano montano." Monti e Boschi **51 (1)**: 4-12.
- 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(1-2)**: 5-17.
- Antrop, M. (2005). "Why landscapes of the past are important for the future." Landscape and Urban Planning **70(1-2)**: 21-34.
- Barazzutti, G. (2010). A comparison of stand structure, growing stock and dead wood between an unmanaged and a managed Silver Fir forest of the Dolomites (Belluno, Italy). TeSAF. Padova, Università degli Studi di Padova. **Master in Forest and Environmental Sciences**.
- Batàry, P. and A. Bàldi (2004). Evidence of an Edge Effect on Avian Nest Success
Evidencia de un Efecto de Borde Sobre el Éxito de Nidos de Aves, Blackwell Science Inc. **18**: 389-400.
- Bender, D. J., T. A. Contreras, et al. (1998). "Habitat loss and population decline: a meta-analysis of the patch size effect." Ecology **79(2)**: 517-533.
- Bernetti, G. (1995). Selvicoltura speciale. Torino, U.T.E.T.
- Calvo-Iglesias, M., U. Fra-Paleo, et al. (2006). "Directions of Change in Land Cover and Landscape Patterns from 1957 to 2000 in Agricultural Landscapes in NW Spain." Environmental Management **38(6)**: 921-933.

- Campedel, D. (2007). Vicende storiche e aspetti etnografici. Guida alla Riserva Naturale Orientata di Val Tovanella. C. F. S.-U. T. B. d. Belluno. Belluno: 239.
- Cassol, M. (1996). Studio di fattibilità per la tutela e l'utilizzazione dell'area di Palughet: relazione, Ente Parco Nazionale Dolomiti Bellunesi. **1**: 120.
- Corona, P., L. Fattorini, et al. (2007). "Estimating forest area at the year 1990 by two-phase sampling on historical remotely sensed imagery in Italy." Journal of Forest Research **12**(1): 8-13.
- Dal Borgo, M. (1988). Il bosco di Caiada durante la dominazione veneziana. Caniato G., Dal Borgo M., 1998. Dai monti alla laguna. Produzione artigianale e artistica del bellunese per la cantieristica veneziana, La Stamperia di Venezia Editrice: 115-117.
- Del Favero, R. (2004). I boschi delle regioni alpine italiane. Tipologia, funzionamento, selvicoltura. Padova, CLEUP.
- Forman, R. T. T. (1995). Land Mosaics - The ecology of landscapes and regions. New York, Cambridge University Press.
- Garbarino, M., E. Lingua, et al. (2006). "Scots pine forests in the NW Italian Alps. What has changed in the last 50 years?" "IUFRO Landscape Ecology Conference" Locoronto, Bari (Italy).
- Garbarino, M. and M. Pividori (2006). "Le dinamiche del paesaggio forestale: evoluzione temporale del bosco di neof ormazione sui pascoli di Corte Pogallo - Parco nazionale della Val Grande (VB)." iForest - Biogeosciences and Forestry **3**(1): 213-221.
- Geri, F., P. Granziera, et al. (2008). "Cambiamenti dell'uso del suolo, tra abbandono e chiusura degli spazi aperti." Estimo e Territorio **7**: 40-47.
- Gustafson, E. J. (1998). "Quantifying Landscape Spatial Pattern: What Is the State of the Art?" Ecosystems **1**(2): 143-156.

- Höchtl, F. and B. Burkart (2000). "Prima c'erano gli uomini. Dalla coltivazione intensiva della montagna all'abbandono dell'ambiente. Il caso di Colloro in Ossola nella ricerca scientifica dell'Università di Friburgo." Le Rive **5**, anno XIV: 1-5.
- Höchtl, F., S. Lehringer, et al. (2005). "'Wilderness': what it means when it becomes a reality--a case study from the southwestern Alps." Landscape and Urban Planning **70**(1-2): 85-95.
- Johnson, A., J. Wiens, et al. (1992). "Animal movements and population dynamics in heterogeneous landscapes." Landscape Ecology **7**(1): 63-75.
- Kozak, J., C. Estreguil, et al. (2007). "Forest cover and pattern changes in the Carpathians over the last decades." European Journal of Forest Research **126**(1): 77-90.
- Lachowski, H., P. Maus, et al. (2000). "From Pixels to Decisions: Digital Remote Sensing Technologies for Public Land Managers." Journal of Forestry **98**: 13-15.
- Lasanta, T., J. C. González-Hidalgo, et al. (2006). "Using landscape ecology to evaluate an alternative management scenario in abandoned Mediterranean mountain areas." Landscape and Urban Planning **78**(1-2): 101-114.
- Lasen, C., A. Scariot, et al. (2008). Natura 2000 Habitats map, forest types and vegetation outline of Val Tovanella Nature Reserve. Handersen, S. et al. Research on the natural heritage of Vincheto di Celarda and Val Tovanella (Belluno Province, Italy) Conservation of two protected areas in the context of a Life Project. Quaderni Conservazione Habitat, 5. Verona, Arti Grafiche Fiorini: 461.
- Lega, P. and M. Vincini (2003). Studio della dinamica forestale e colturale nell'Appennino piacentino con l'impiego di immagini multitemporali e multisensore. R. Interno. Piacenza, Amministrazione Provinciale di Piacenza - Area Programmazione territoriale - Infrastrutture - Ambiente 9 pp.
- Lindborg, R. and O. Eriksson (2004). "Historical landscape connectivity affects present plant species diversity." Ecology **85**(7): 1840-1845.

- Lingua, E., G. Calvo, et al. (2006). Analisi delle radure all'interno del Parco Naturale Alta Valle Pesio e Tanaro: evoluzione storica, dinamiche in atto e prospettive di gestione. Atti della 10a Conferenza Nazionale ASITA. Bolzano. **2**: 1267-1272.
- Marriott, C. A., M. Fothergill, et al. (2004). "Long-term impacts of extensification of grassland management on biodiversity and productivity in upland areas. A review." Agronomie **24**(8): 447-462.
- McGarigal, K. (2002). Landscape pattern metrics. Encyclopedia of Environmetrics. Chichester, England, John Wiley & Sons. **2**.
- Milne, B. T., K. M. Johnston, et al. (1989). "Scale-dependent proximity of wildlife habitat in a spatially-neutral Bayesian model." Landscape Ecology **2**(2): 101-110.
- Mognol, A. (2006). Analisi di immagini aerofotogrammetriche e telerilevate per la caratterizzazione quantitativa e qualitativa di ecosistemi forestali e della loro evoluzione. Scienze geodetiche e topografiche. Bologna, Università degli Studi di Bologna. **PhD**: 146.
- Pelleri, F. and M. Sulli (2000). "Campi abbandonati e avanzamento del bosco. Un caso di studio nelle Prealpi lombarde (Comune di Brinzio, Provincia di Varese) " Annali dell'Istituto Sperimentale per la Selvicoltura **XXVIII**: 89-126.
- Pillai, R. B., P. J. Weisberg, et al. (2005). "Object-oriented classification of repeat aerial photography for quantifying woodland expansion in central Nevada." 20th Biennial Workshop on Aerial Photography, Videography, and High Resolution Digital Imagery for Resource Assessment - Weslaco - Texas.
- Piussi, P. (2002). "Rimboschimenti spontanei ed evoluzioni post-coltura." Monti e Boschi **3-4**: 31-37.
- Pulliam, H. R., J. B. Dunning, Jr., et al. (1992). "Population Dynamics in Complex Landscapes: A Case Study." Ecological Applications **2**(2): 165-177.

- Scudo, A. (2009). Structure of the unmanaged silver fir woodlands of Val Tovanella (Belluno). TeSAF. Padova, Università degli Studi di Padova. **Bachelor in Tecnologie Forestali**: 50.
- Sgarbossa, A. (2008). Studio su aceri-frassineti di neoformazione in comune di Frisanco (Pordenone). TeSAF. Padova, Università degli Studi di Padova. **Bachelor in Tecnologie Forestali**: 115.
- Sief, L. (1988). La conca di Caiada. Caniato G., Dal Borgo M., 1998. Dai monti alla laguna. Produzione artigianale e artistica del bellunese per la cantieristica veneziana, La Stamperia di Venezia Editrice: 119-120.
- Sitzia, T. (2007). "Hedgerows as corridors for woodland plants: a test on the Po Plain, northern Italy." Plant Ecology **188**(2): 235-252.
- Sitzia, T. (2009). Ecologia e gestione dei boschi di neoformazione nel paesaggio trentino. Trento, Servizio Foreste e Fauna, Provincia Autonoma di Trento.
- Susmel, L. (1958). Piano di Riordinamento delle proprietà silvo-pastorale Costantini in Val Tovanella (1958 - 1967). Firenze: 85.
- Tattoni, C., M. Ciolli, et al. (2010). "Monitoring spatial and temporal pattern of Paneveggio forest (northern Italy) from 1859 to 2006." iForest - Biogeosciences and Forestry **3**(1): 72-80.
- Taylor, P. D., L. Faharig, et al. (1993). "Connectivity is a vital element of landscape structure." Oikos **68**: 571-572.
- Tempesta, T. and M. Thiene (2006). Percezione e valore del paesaggio. Milano, Franco Angeli.
- Toffolet, L. (2007). Aspetti geomorfologici e geologici. Guida alla Riserva Naturale Orientata di Val Tovanella. C. F. S.-U. T. B. d. Belluno. Belluno: 239.

Turner, M., R. Gardner, et al. (2001). Landscape Ecology in Theory and Practise. Pattern and Process. New York, Springer.

Turner, M. G. (1989). "Landscape Ecology: The Effect of Pattern on Process." Annual Review of Ecology and Systematics **20**(1): 171-197.

Urbinati, C., R. Benedetti, et al. (2004). "Dinamismi della copertura forestale in Val di Tovel dal 1860 ad oggi." Studi Trentini- Acta Biologica **81 Suppl.2**: 39 - 52.

With, K. A. (1999). Is landscape connectivity necessary and sufficient fo wildlife management? Forest Fragmentation: Wildlife and Management Implications. Rochelle, Lehemann and Wisniewsky, Brill: 97-115.