



Università degli Studi di Cagliari

## **DOTTORATO DI RICERCA**

**“DIFESA E CONSERVAZIONE DEL SUOLO, VULNERABILITÀ AMBIENTALE  
E PROTEZIONE IDROGEOLOGICA”**

Ciclo XXIII

## **TITOLO TESI**

**“CONDIZIONI DI CONSERVAZIONE DEI SUOLI SU SUBSTRATI  
CARBONATICI ASSOGGETTATI AD INTENSA PRESSIONE  
ANTROPICA”**

Settore/i scientifico disciplinari di afferenza:

AGR/14 PEDOLOGIA

**Presentata da:**

*Dott. Salvatore Nieddu*

**Coordinatore Dottorato:**

*Prof. Felice Di Gregorio*

**Tutor/Relatore:**

*Prof. Sergio Vacca*

**Esame finale anno accademico 2010 - 2011**



## INDICE

<b>ABSTRACT</b>	pag. 5
<b>INTRODUZIONE</b>	pag. 6
<b>CAPITOLO 1. OBIETTIVI DELLA RICERCA</b>	pag. 8
<b>CAPITOLO 2. INQUADRAMENTO DELL'AREA DI STUDIO</b>	pag. 10
<b>2.1 Localizzazione geografica dell'area di studio</b>	pag. 10
<b>2.2 Inquadramento climatico</b>	pag. 18
<b>2.3 Inquadramento geologico e geomorfologico</b>	pag. 21
<b>2.4 Inquadramento delle Unità pedologiche a scala vasta (1:250.000)</b>	pag. 26
2.4.1. Unità Pedologiche	pag. 26
2.4.2. Ordini di suoli	pag. 32
<b>2.5 Inquadramento vegetazionale</b>	pag. 32
2.5.1 Caratteristiche generali della vegetazione dell'area di studio	pag. 32
2.5.2 Analisi dell'estensione dei tipi di vegetazione	pag. 34
<b>CAPITOLO 3. MATERIALI E METODI</b>	pag. 45
<b>3.1 Tecniche di indagine: inquadramento fisico</b>	pag.45
Topografia	pag.45
<b>3.2 Tecniche di indagine: Analisi di bacino idrografico</b>	pag.45
3.2.1 Generalità e finalità	pag.45
3.2.2 Metodologia CORINE	pag. 46
3.2.3 Tematismi CORINE	pag. 48
Erodibilità	pag. 49
Pendenza	pag. 51
Erosività	pag. 51
Copertura	pag. 52
Pericolo potenziale di erosione	pag. 53
Pericolo attuale di erosione	pag. 53
<b>3.3 Tecniche di indagine: Parcelle sperimentali per il rilievo di suoli e vegetazione</b>	pag. 53
3.3.1 Tecniche di indagine: RILEVAMENTO DEI SUOLI	pag. 56
3.3.1.1 Tecniche di indagine: ANALISI CHIMICO-FISICHE	pag. 57
pH	pag. 58
Conducibilità Elettrica	pag. 61
Carbonio Organico e Sostanza Organica	pag. 61
Azoto totale	pag. 62
Rapporto C/N	pag. 63
Fosforo totale	pag. 64
Sostanze Umiche	pag. 65
Polifenoli	pag. 68
3.3.2 Tecniche di indagine: VEGETAZIONE	pag. 70
Vegetazione parcellare	pag. 70

<b>CAPITOLO 4. RISULTATI E DISCUSSIONE</b>	pag. 76
<b>4.1</b> Caratteristiche fisiche dell'area di lavoro	pag. 76
<b>4.2</b> Indice di Degrado a scala di bacino: Modello CORINE	pag. 81
<b>4.3</b> Descrizione dell'entità del pascolo a scala di bacino	pag. 114
<b>4.4</b> Caratteristiche chimiche della S.O. nelle parcelle sperimentali	pag. 116
<b>4.5</b> Caratteristiche vegetazione parcellare	pag. 128
<b>4.6</b> Rapporti S.O. – Vegetazione Parcellare	pag. 180
Analisi delle correlazioni con $R \geq 0,85$	pag. 196
<b>CAPITOLO 5. CONCLUSIONI</b>	pag. 236
<b>ALLEGATO: Determinazione della perdita di suolo ad uso naturale nell'abitato di Cala Gonone (Dorgali) nel periodo 1954-2006</b>	pag. 240
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	pag. 253
<b>Ringraziamenti</b>	pag. 259

## ABSTRACT

In Sardinia carbonate environments are present on a surface of 7.2%. In these environments there are phenomena of regression of plant cover (typically Mediterranean) and soil (Alfisol-mollisol-inceptisol-entisol). The causes of the deterioration was due to over-grazing of goats (*Capra hircus*) of forest cutting and more generally to human activities.

The aim of the thesis has been the search for a set of indices of soil degradation and vegetation present in a basin with an area of 3,377 located in Central East Sardinia, in the resort of Cala Gonone, City of Dorgali.

The research was conducted at a basin scale and detail with a scale of 8 experimental sites dimensions of 5 x 5 m. The basin scale was investigated with the CORINE Soil Erosion Risk method. It was determined the degree of danger potential and current of erosion of the soil with a scale of values ranging from 1 to 3. The High Risk (Level 3) is present on the 0.13% of the basin and is located where the vegetation is sparse and not very structured, with the aggravating circumstance of high gradients. In basin formation most common vegetable, and ecologically more stable, are the woods of holm oak (*Quercus ilex* L.) investigated in 8 experimental areas, both in the vegetation (mean height,% cover of soil, density and biological diversity) with subdivision into 4 layers of vegetation (tree layer, shrub layer, herbaceous layer and layer of forest regeneration), and organic matter in soil (pH, conductivity, C, CO,<sub>2</sub> SOM and humic substances). The holm-oak woods are closed formations dominated the tree layer. The forest regeneration is poor because of grazing, however, shows cyclicity. Lacking all the intermediate stages of forest regeneration and mature forest.

In the experimental areas there are reports (133 statistically significant correlations with p-level  $\leq 0.05$  and with  $R > 0.7$ ) between the SOM and plant parameters. At present (Poor bibliography) as a general hypothesis, these relationships are due to nutritional aspect.

It was concluded that, in the catchment area of Cala Gonone, you must give more attention to the loads of goats, so the effect on soil and vegetation and in particular on forest regeneration. The lack of an adequate stage of regeneration of the forest trees, in the coming decades, with the death of the forest now present, will be a big problem of soil conservation. The major actions should be aimed at containing the grazing and conversion of different plant formations high trees.

## INTRODUZIONE

In Sardegna le coperture avente carattere carbonatico sono presenti su circa il 7,2% della superficie totale dell'isola (Aru et al., 1991). Circa la metà, il 3,4%, è composto da calcari, dolomie e calcari dolomitici del Paleozoico e del Mesozoico. L'altra metà, il 3,8% si è formato in ere geologiche più recenti es. il Miocene (Aru et al., 1991).

La tipologia di suoli riscontrabile nelle suddette coperture, è nella maggior parte dei casi fortemente influenzata dalla tipologia del relativo substrato, tanto che rispettivi suoli evolutisi sono stati spesso definiti come suoli calcarei (FAO, 1973). Si tratta di suoli mostranti un deciso sviluppo di uno o più orizzonti ricchi in carbonati, e la relativa evoluzione pedogenetica è variabile da minima a fortemente espressa.

Questi suoli sono di elevato interesse pedologico, ambientale e paesaggistico poiché gli stessi sono nella maggior parte dei casi situati in paesaggi notevolmente interessanti e caratteristici all'interno dei quali si possono riscontrare testimonianze dell'antica copertura di suoli (es. paleosuoli) e coperture vegetali caratterizzate aventi anche carattere endemico.

L'uso attuale dei suddetti territori è stato ed è tuttora caratterizzato da un eccessivo quanto irrazionale sfruttamento ad opera dell'attività zootecnica e selvicolturale. Alle attività umane legate al settore primario, soprattutto negli ultimi 30-35 anni, si è sommato lo sfruttamento antropico data la vicinanza o la prossimità a zone costiere.

Allo stato attuale si assiste alla presenza di forme vegetali e pedologiche sottoposte a un regime involutivo. Testimonianze storiche rivelano un'involuzione delle coperture vegetali (formazioni climax di boschi evoluti a Leccio e Roverella o di macchia in evoluzione all'alto fusto) verso condizioni di vegetazione in fasi regressive (macchie termoxerofile, garighe, suolo nudo). Allo stesso modo nei suoli si è potuto verificare una forte regressione delle coperture pedologiche originarie (rappresentate da Mollisuoli e Alfisuoli), con la successiva espansione di aree marginali degradate, caratterizzate da suoli a basso grado di evoluzione (Entisuoli).

Lo studio di tali ambienti, dal punto di osservazione della difesa e della conservazione del suolo, risulta di fondamentale interesse ai fini di una corretta caratterizzazione e comprensione dei fenomeni che hanno portato allo stato attuale di degrado e/o conservazione. La ricerca condotta nel presente dottorato è stata particolarmente orientata allo studio di alcuni parametri dei suoli e della vegetazione evolutisi su formazioni carbonatiche mesozoiche presenti in aree sottoposte a intenso pascolamento caprino e in minor misura, suino. La ricerca è stata rivolta alla definizione di una serie di indicatori, utili a identificare lo stato attuale dell'eventuale degrado pedologico e vegetazionale.

L'area di studio è quella del versante est dei Monti Bardia e Tului nel territorio di Cala Gonone, frazione costiera del Comune di Dorgali, in provincia di Nuoro (Sardegna centro-orientale).

Il lavoro è stato articolato in 2 fasi distinte. Nella prima fase sono state svolte delle indagini conoscitive dell'area in analisi mentre nella seconda fase è stato svolto uno studio sperimentale relativamente alla componente suolo e alla componente vegetazione.

Le indagini conoscitive dell'area sono state utili a definire un completo inquadramento stazionale: vegetazione, clima, suolo. In tal modo sono state ricavate sufficienti informazioni utili sia per caratterizzare le condizioni reali e le potenzialità d'uso dei suoli in analisi, il riferimento al clima presente

in loco sia il riconoscimento del tipo e grado di copertura vegetale e il relativo ruolo ecologico e fase di crescita.

Nella seconda fase del lavoro sono stati condotti studi applicativi sperimentali volti ad accertare:

- a scala di bacino, la presenza di fenomeni di pericolo di erosione idrica nei suoli;
- a scala di dettaglio, l'incidenza del pascolo presente in zona e i relativi effetti sulla componente vegetale e sulla componente suolo.

# CAPITOLO 1

## OBIETTIVI DELLA RICERCA

La ricerca condotta nel presente dottorato è stata rivolta allo studio di alcune caratteristiche dei suoli e della vegetazione evolutisi su formazioni carbonatiche mesozoiche presenti in aree sottoposte ad intenso pascolamento caprino e suino.

Le stesse sono state utili a definire una serie di indicatori (parametri suolo - parametri vegetazione) utili a identificare lo stato attuale dell'eventuale degrado pedologico e vegetazionale.

Gli obiettivi del presente studio sono vari e per questo motivo gli stessi sono stati articolati in 2 gruppi: obiettivi generali e obiettivi specifici.

Tra gli obiettivi generali si è cercato di:

- Caratterizzare le condizioni reali e le potenzialità d'uso dei suoli in analisi con particolare riguardo alla ricerca di fattori determinanti l'eventuale degrado vegetazionale a scala di bacino e a scala di dettaglio;
- Determinare l'incidenza e l'influenza del pascolo sulla componente suolo, in particolar modo sulla Sostanza Organica, e sulla componente vegetale distinta nelle varie componenti in relazione al portamento e alla copertura del suolo;
- Determinare l'influenza della componente vegetale presente sulla conservazione del suolo;
- Studiare gli indirizzi conservativi e le possibili tecniche di miglioramento d'uso del suolo.

Gli obiettivi specifici sono stati distinti in relazione alle diverse scale di lavoro: scala di bacino idrografico (scala di semidettaglio) con analisi areali, e scala di dettaglio mediante l'impiego di apposite parcelle sperimentali.

Gli obiettivi relativi alla scala di bacino (semidettaglio) sono:

- Definire una serie di indicatori di degrado a scala di versante;
- Definire a scala areale il ruolo della copertura e del grado e tipo della rinnovazione forestale;
- Valutazione del grado di pericolo di erosione tramite l'impiego di un modello (Corine Erosion Risk);
- Determinazione delle relazioni fra i parametri vegetali (protettivi) e i fattori dell'erosione potenziale ed attuale su base areale;
- Definizione di una serie di ipotesi di gestione di tipo estensivo della copertura forestale.

Gli obiettivi relativi alla scala di dettaglio sono:

- Definire i caratteri e il ruolo della Sostanza Organica del suolo, considerata come il fondamentale aspetto della conservazione della fertilità biologica-stazionale, tramite lo studio spaziale (parcelle sperimentali) di una serie di parametri chimici utili;
- Definire in dettaglio nel bacino idrografico la struttura e il tipo di vegetazione della formazione più importante dal punto di vista della stabilità stazionale (ecologicamente più stabile) e le possibili variazioni di copertura del suolo nel tempo;



- Definire l'importanza e l'incidenza qualitativa e quantitativa della crescita vegetale dei soli individui in rinnovazione: piante, polloni e semi di natura arborea, rispetto alle fasi vegetali esistenti del relativo strato arboreo e rispetto all'influenza sulla copertura e alla difesa e alla conservazione del suolo;
- Ricercare le possibili interrelazioni esistenti fra i parametri chimici della Sostanza Organica e la crescita vegetale distinta in 4 strati vegetali specifici: Strato Arboreo, Strato Arbustivo, Strato Erbaceo, Strato Rinnovazione Forestale.

## CAPITOLO 2

### INQUADRAMENTO DELL'AREA DI STUDIO

#### 2.1 Localizzazione geografica dell'area di studio

L'area oggetto del presente studio è situata nella Sardegna centro-orientale in Provincia di Nuoro. Il territorio in analisi ricade nel Comune di Dorgali e rappresenta il confine orientale dell'area della "Barbagia" con l'area della "Baronia". Dorgali è un comune esteso circa 225 Km<sup>2</sup>. Con tale superficie è uno dei Comuni più estesi della Provincia di Nuoro e di tutta la Sardegna.

Il territorio di Dorgali è esteso dalle pendici del Supramonte fino agli altipiani del Gollè; è prevalentemente montuoso ma si presentano anche estesi tratti collinari e limitate zone pianeggianti.

L'area di indagine è situata al centro della costa del Golfo di Orosei, nella frazione marina di Dorgali, Cala Gonone. Cala Gonone (Fig. 2.1.1, 2.1.2) è collegata con Dorgali con una strada lunga circa 9 km in parte sotto galleria situata tra i monti Bardia e Tului (l'accesso con la prima galleria risale al 7 febbraio 1860, mentre ora esiste una nuova galleria in funzione dal 2005).

Il Comune di Dorgali confina a nord con Orosei, Galtelli e Lula; a ovest con quello di Orune, Nuoro, Oliena, a est con il Golfo di Orosei e infine a sud con i comuni di Orgosolo, Baunei e Urzulei.

Le caratteristiche geomorfologiche del Golfo di Orosei sono caratterizzate dall'esistenza di due zone in termini di natura del paesaggio e di origine del territorio: la meridionale con un'alta catena di montagne calcaree, con copertura vegetale di boschi e macchia mediterranea, presente prevalentemente in Comune di Dorgali, e la parte settentrionale, presente prevalentemente nel Comune di Orosei, avente un basso profilo costiero e spiagge di sabbia e pinete retrodunali.

La frazione di Cala Gonone è accessibile attraverso due vie: la strada montana, interamente aperta, che dalla S.S. in direzione della zona Baronia, supera il Passo di Littu, e una strada che dal comune di Dorgali in direzione della S.S. 125, percorre la galleria tra Monte Bardia a sinistra (m 882), e dal Monte Tului a destra (m 917).

Superata la galleria, la morfologia cambia radicalmente, passando dall'ambiente aspro delle zone dell'entroterra sardo, a una conca che rapidamente si abbassa verso il mare con un dislivello di circa 400 m rispetto alla galleria, e caratterizzata da falesie calcaree e da colate basaltiche affacciate sul mare.

L'inquadramento cartografico dell'area è stato effettuato con riferimento alla Carta d'Italia in scala 1:25.000 edita dall'I.G.M (Fig. 2.1.1, 2.1.2) e dalla Carta Tecnica Regionale (C.T.R., R.A.S., 2000) in scala 1:10.000 (Fig. 2.1.3).

In modo particolare il riferimento I.G.M. è dato da:

- Foglio N. 501, Sezione IV-Orosei;
- Foglio N. 500, Sezione I-Galtelli;
- Foglio N. 500, Sezione II-Dorgali.

Il riferimento C.T.R. è dato da:

- Mappale 501, Fogli 501010 e 501050;
- Mappale 500, Fogli 500040; 500080; 500110; 500120; 500150 e 500160.

L'idrografia del comune di Dorgali è rappresentata dallo scorrimento di 3 fiumi: il Rio Cedrino, il Rio Isalle e il Rio Flumineddu. Il Fiume Cedrino forma a circa 5 km da Dorgali il lago Cedrino, ottenuto da uno sbarramento artificiale.

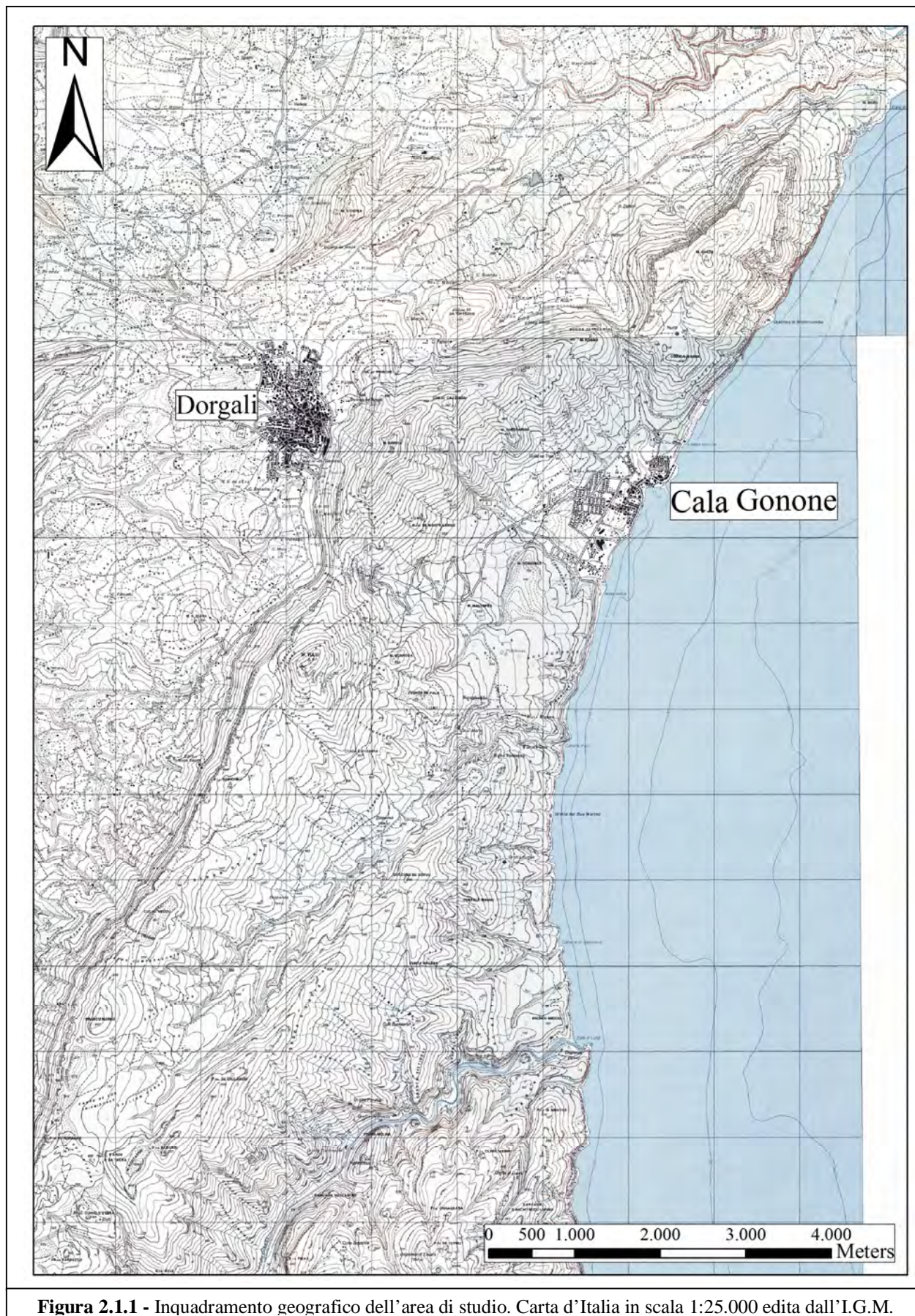
La geografia del territorio di Dorgali (Fig. 2.1.4 e 2.1.5) è costituita dalla presenza a Nord di estesi rilievi basaltici ricoperti da una fitta macchia mediterranea, dal Monte Conca de Janas (m 393) dai calcarei Monti Irveri (m 616) e S'Ospile (m 577) alla cui base è presente la Grotta di Ispinigoli. Nella zona centrale, dalla Valle di Isalle agli omonimi colli granitici, fino all'altopiano di Serra e' Orrios, prevalgono sparsi oliveti su rocce granitiche e basaltiche interrotte dalla Valle del Cedrino.

A Est di Dorgali sono presenti i rilievi del Monte Bardia (882 m) e Tului (917 m) che separano la città dalla frazione di Cala Gonone.

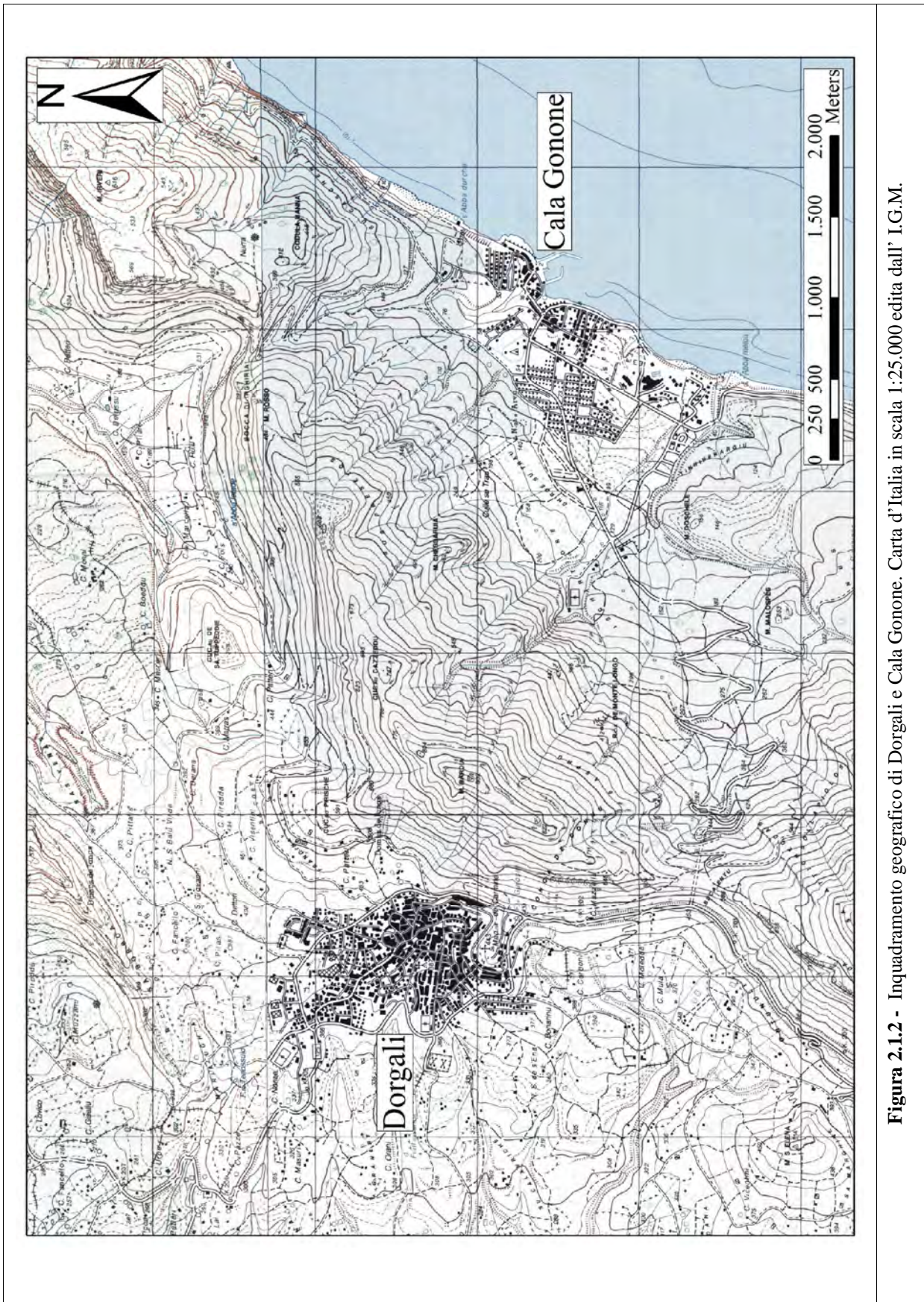
Nella zona meridionale sono presenti la Valle di Lanaitto e quella del Rio Flumineddu, e che sono separate dalla catena dei Monti Omene (m 626), Gutturgios (m 869), Tiscali (m 518) e Oddeu (m 1.063), posti in vicinanza al Supramonte di Orgosolo.

E' importante segnalare la Valle di Oddoene che è una vallata ampia che si chiude in corrispondenza dei rilievi di Costa Silana; dallo stesso si risale all'altopiano calcareo della Codula di Luna fino alla famosa omonima Cala.

Nella valle di Oddoene si presenta la Gola di Gorroppu, canyon con pareti alte più di 400 m. che passando per gli altopiani di Orgosolo e Urzulei, porta il Rio Flumineddu a convogliarsi nel lago artificiale del Fiume Cedrino. La gola di Gorroppu si è originata dal movimento tettonico; in seguito ha subito i processi erosivi dovuti sia agli agenti atmosferici sia dalle acque del fiume.



**Figura 2.1.1** - Inquadramento geografico dell'area di studio. Carta d'Italia in scala 1:25.000 edita dall'I.G.M.



**Figura 2.1.2 -** Inquadramento geografico di Dorgali e Cala Gonone. Carta d'Italia in scala 1:25.000 edita dall' I.G.M.

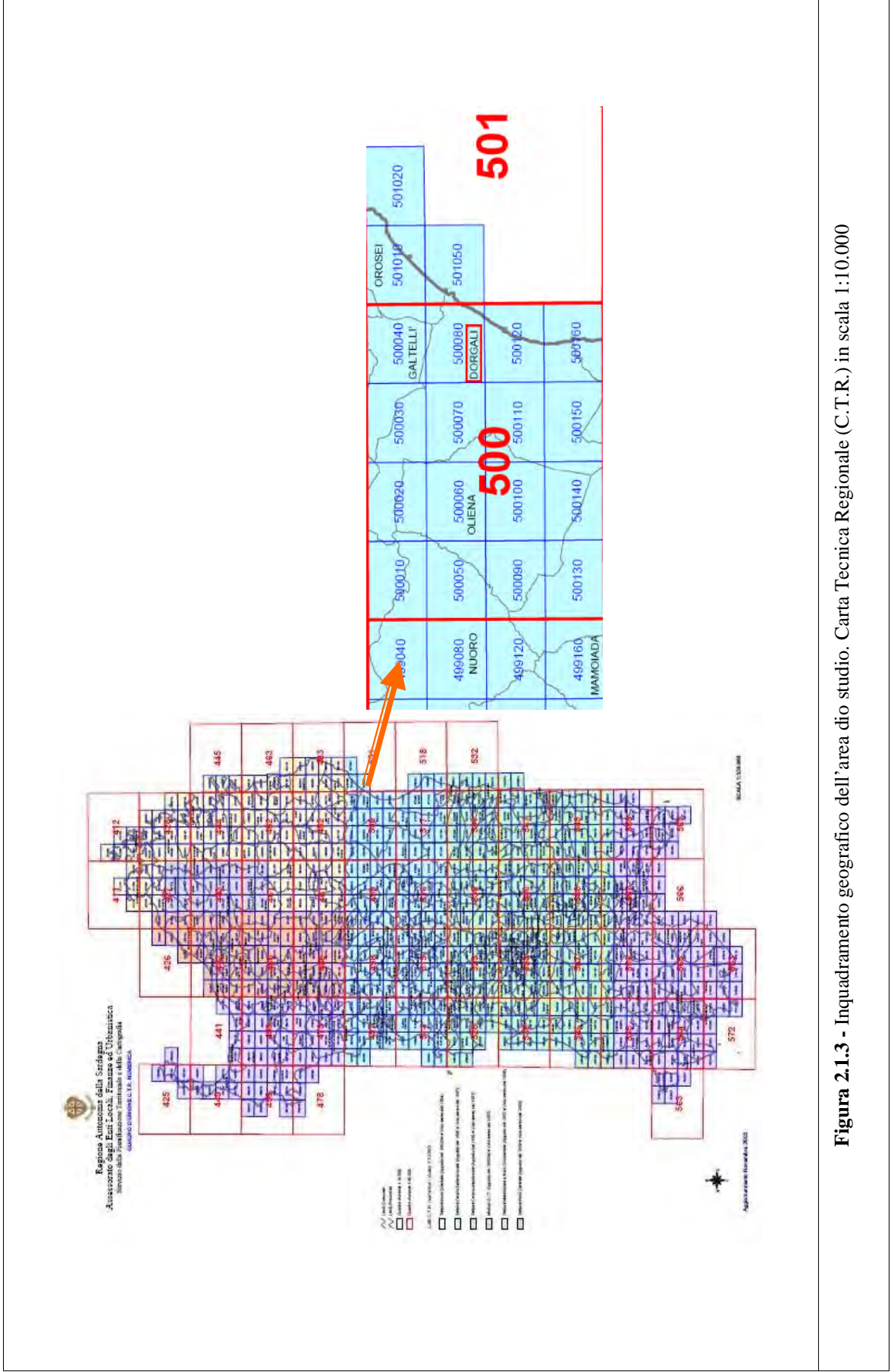
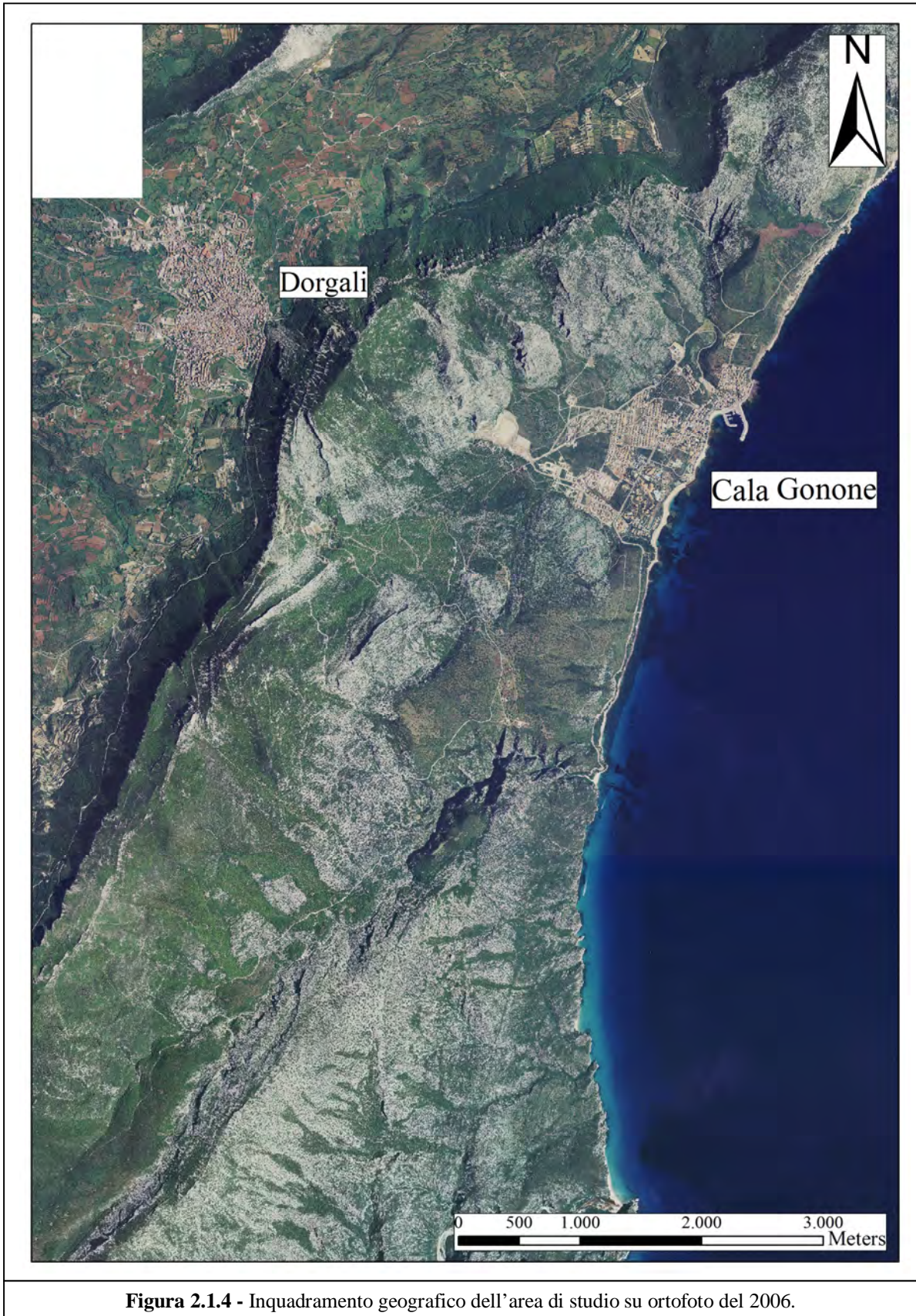


Figura 2.1.3 - Inquadramento geografico dell'area di studio. Carta Tecnica Regionale (C.T.R.) in scala 1:10.000



**Figura 2.1.4** - Inquadramento geografico dell'area di studio su ortofoto del 2006.

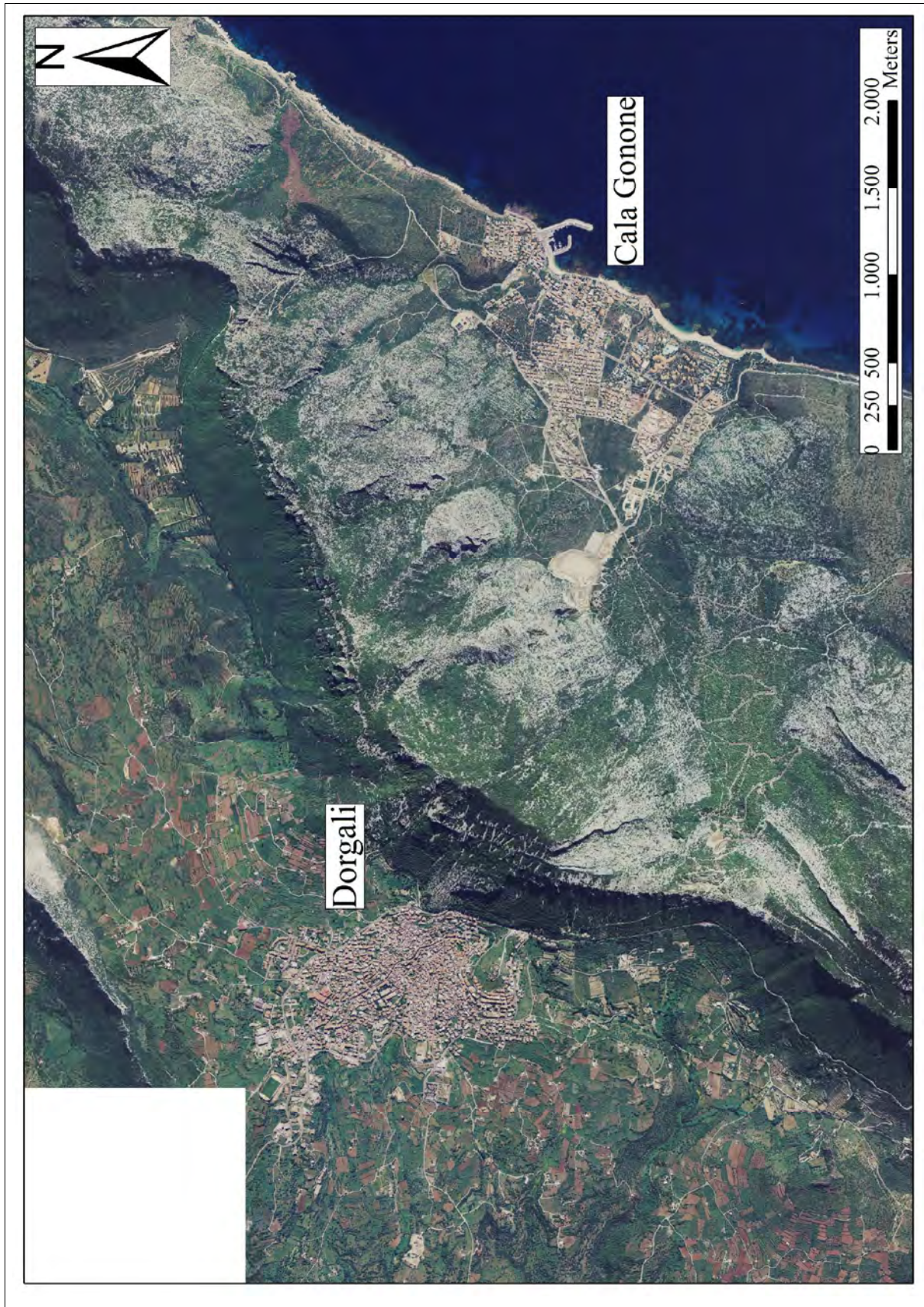
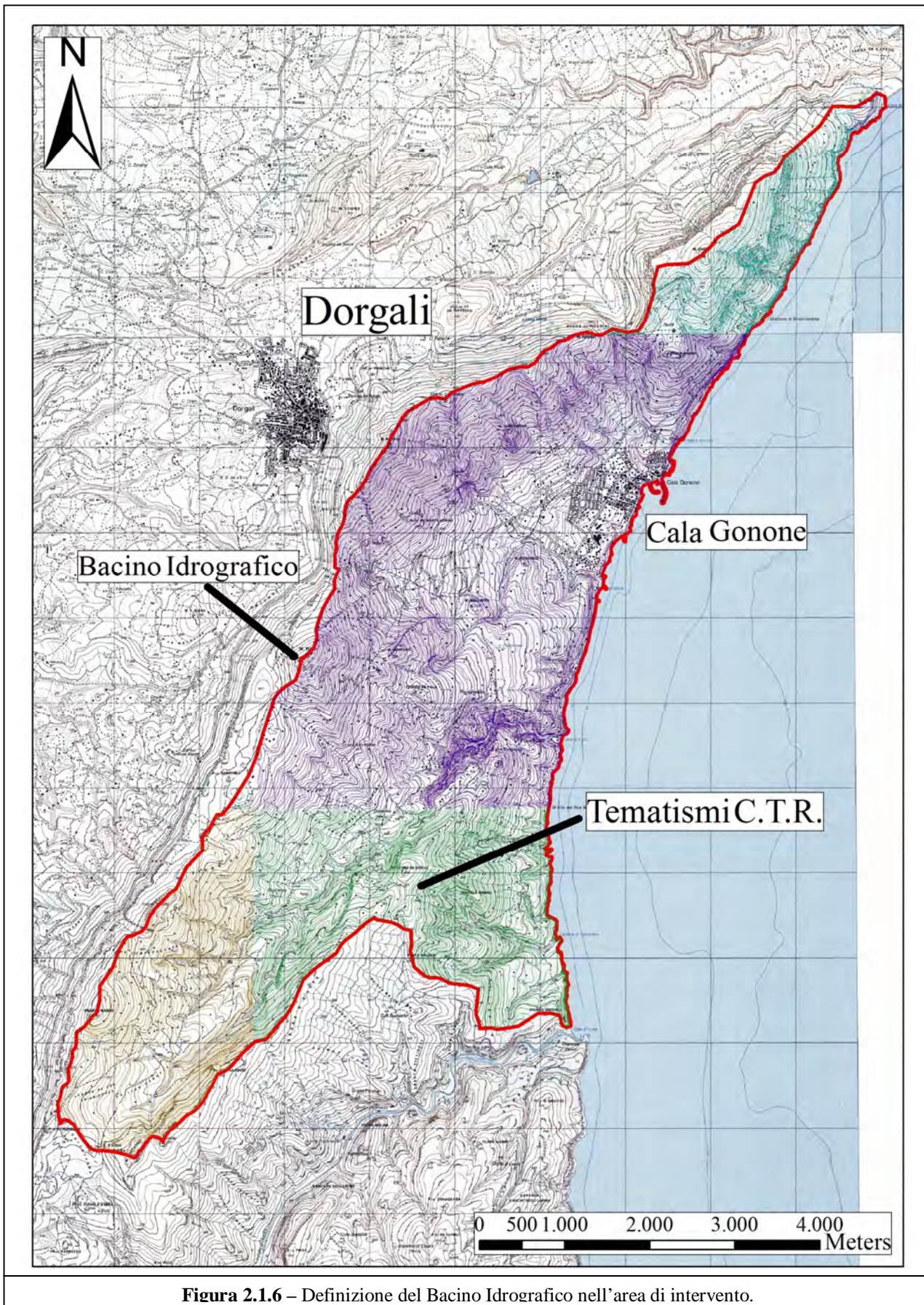


Figura 2.1.5 - Inquadrimento geografico di Dorgali e Cala Gonone su ortofoto del 2006.





**Figura 2.1.6** – Definizione del Bacino Idrografico nell'area di intervento.

L'area di lavoro è inserita all'interno di un Bacino idrografico di circa 3.377 ha come da Fig. 2.1.6. Il bacino idrografico è stato ottenuto dall'unione della linea spartiacque definita sulla C.T.R. in scala 1:10.000.

L'importanza di delimitare l'area di lavoro quale bacino idrografico è stata effettuata per delimitare l'area in relazione alle caratteristiche stazionali intendendo per quest'ultime un insieme omogeneo di condizioni climatiche, pedologiche e vegetazionali.

## **2.2 Inquadramento climatico**

Il clima della zona è di tipo mediterraneo. Le caratteristiche principali del clima sono date da piogge concentrate nei mesi invernali e assenti nei mesi estivi e caratterizzati da aridità.

La frazione di Cala Gonone situata a 25 m s.l.m.

La temperatura media della frazione (R.A.S., 1998) (riferimento al periodo compreso tra il 1922 e il 1990) è 18,2° C, con un valore massimo nel mese di agosto di 25,9° C e minima nel mese di gennaio pari a 11,8° C. Per via della sua collocazione geografica, Cala Gonone è una delle stazioni con temperature medie annue più elevate di tutta la Sardegna.

Le precipitazioni medie annue rilevate a Cala Gonone sono pari a 646,6 mm annui.

La posizione della frazione rispetto ai monti, che è sostanzialmente chiusa su 3 lati, tranne il lato Est esposto a mare, permette di mitigare la temperatura, perché le perturbazioni che provenienti da Nord, Sud e Ovest sono ridotte dalla loro presenza.

I venti dominanti sono il maestrale, il ponente, e lo scirocco (Sud-Est).

Gli inverni sono miti confermati dalle temperature contenute e alla vicinanza del mare che riduce fortemente l'escursione termica.

La classificazione fitoclimatica del Pavari (Pavari, 1916; Piussi, 1994) considera l'area di studio all'interno rispettivamente della Zona e Sottozona: "*Lauretum-Calda*". Nella zona del *Lauretum* il fattore limitante è l'acqua, per via della sua scarsità.

Le caratteristiche climatiche dell'area sono rappresentate nella Tab. 2.2.1, dove sono riportati i dati relativi alle temperature e alle precipitazioni nella stazione meteorologica di Cala Gonone (Dettori et al., 2001).

**Tabella 2.2.1** - Dati climatici relativi alle temperature e alle precipitazioni medie annue rilevate nell'area di studio secondo la classificazione Fitoclimatica del Pavari (1916).

<b>Temperature (°C)</b>	
<b>Quota (m s.l.m.)</b>	25
<b>Medie annue</b>	18,3
<b>Medie del mese più freddo</b>	11,3
<b>Medie del mese più caldo</b>	26,2
<b>Medie dei minimi</b>	9,1
<b>Medie dei massimi</b>	28,5
<b>Escursione termica annua</b>	14,8
<b>Precipitazioni (mm)</b>	
<b>Medie annue</b>	560,9
<b>Medie relative ai mesi estivi</b>	42,5

I dati della stazione meteorologica di Cala Gonone (Tab. 2.2.2), elaborati nel Diagramma di “Walter & Lieth” (Walter & Lieth, 1967) e combinati alle elaborazioni di Bagnouls e Gaussen (Bagnouls e Gaussen, 1953), sono riportate nella Fig. 2.2.1.

Con tale diagramma è possibile effettuare un confronto fra i valori assoluti relativi al regime termico annuale e a quello pluviometrico annuale.

Quando la curva delle precipitazioni si riduce al di sotto della curva delle temperature ( $P < 2T$ ) il periodo è secco.

Il mese più freddo è gennaio (media annua di 11,8° C) e quello più caldo è agosto (media annua di 25,9° C). Il mese più piovoso è dicembre (media annua di 98,3 mm) e il più arido è il mese di luglio (con una media annua di 6,2 mm).

Nel frontespizio della Fig. 2.2.1 sono riportati i seguenti dati:

- nome della stazione, la durata del periodo cui si riferiscono le osservazioni termopluviometriche; il primo per le precipitazioni, il secondo per le temperature;
- temperatura media annuale;
- precipitazioni medie annuali.

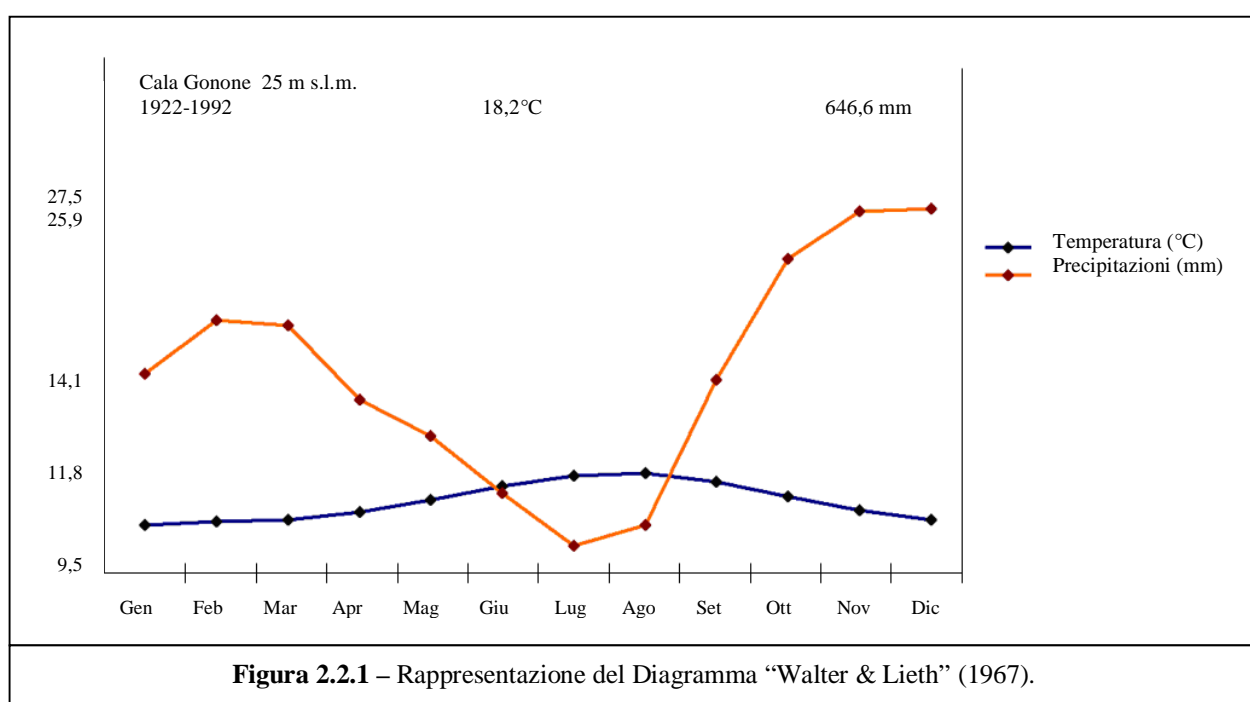
Nel lato sinistro, in posizione dall'alto verso il basso sono indicati valori di:

- temperatura massima assoluta;
- temperatura media massima del mese più caldo,
- escursione termica annua;
- temperatura media minima del mese più freddo;

- temperatura minima assoluta.

**Tabella 2.2.2** - Dati climatici medi mensili annui delle temperature e delle precipitazioni rilevate nell'area di studio.

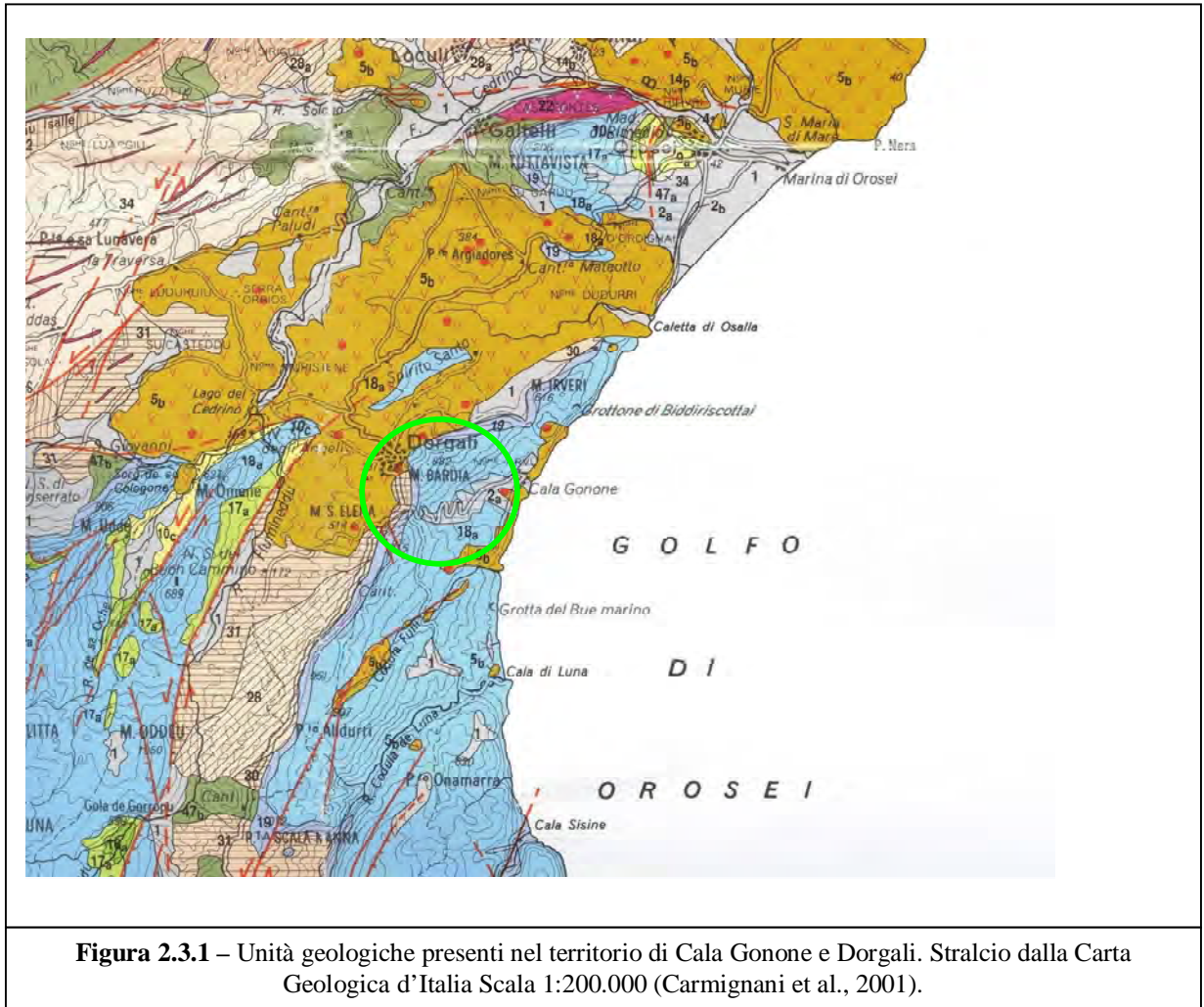
	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
<b>Temperature (°C)</b>	11.8	12.7	13.3	15.3	18.6	22.4	25.2	25.9	23.5	19.7	15.9	13.3
<b>Precipitazioni (mm)</b>	52.3	67.8	66.3	46.1	36.1	20.6	6.2	11.9	51.5	84.5	97.5	98.3



### 2.3 Inquadramento geologico e geomorfologico

Il territorio di Cala Gonone (Carmignani et al., 2001) è inserito nel complesso geologico delle Coperture Post-Erciniche. In questo complesso sono comprese le Unità sviluppate sia su coperture sedimentarie sia su quelle vulcaniche. In modo particolare si considerano le Successioni marine e transizionali del Triassico Medio - Cretacico Inferiore (205-66,7 Ma.).

A queste successioni, appartengono le Successioni Giurassiche della Sardegna Orientale (Unità 18<sub>a</sub> e 19) nelle quali ricade l'area di studio (Fig. 2.3.1 e Tab. 2.3.1).



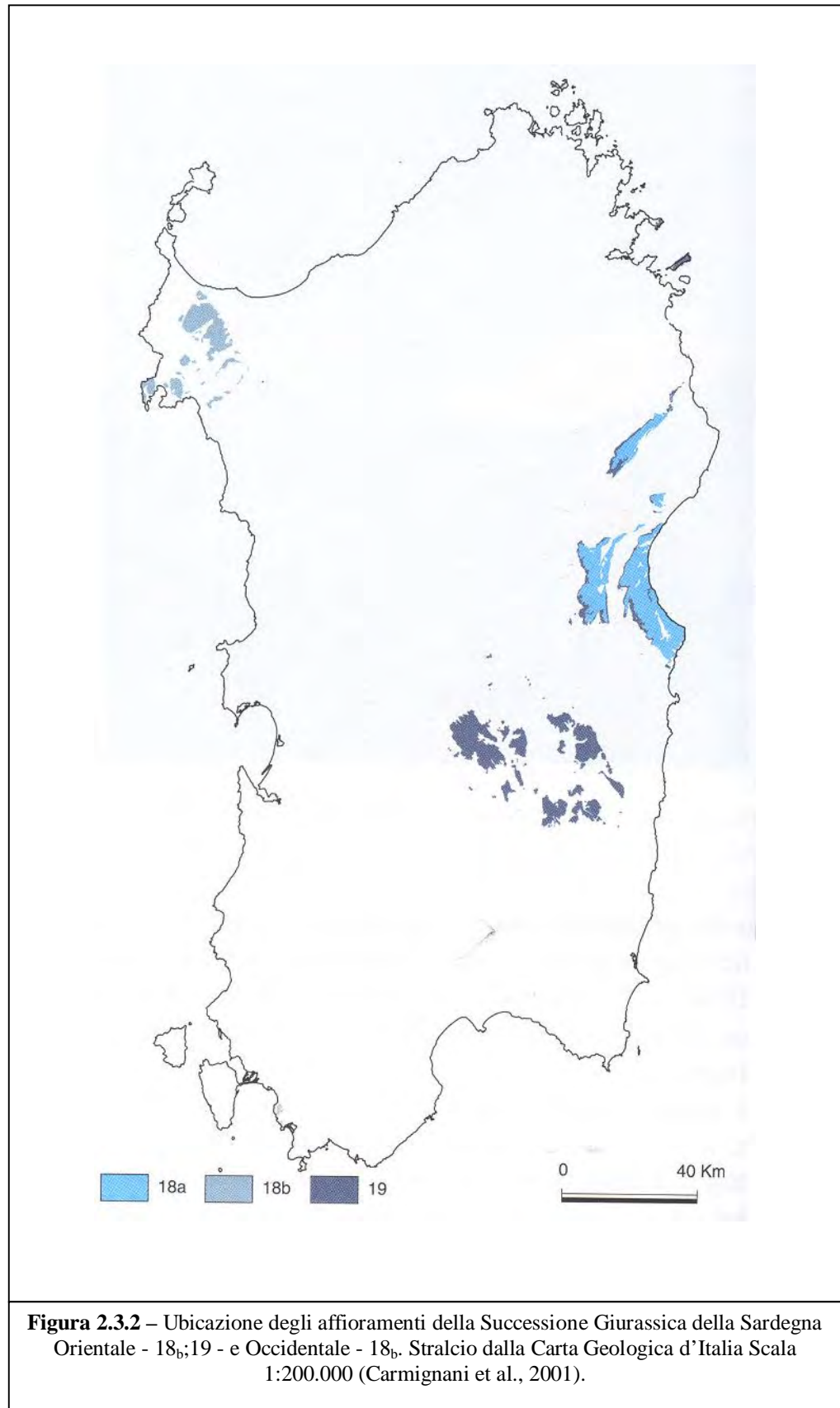
**Figura 2.3.1** – Unità geologiche presenti nel territorio di Cala Gonone e Dorgali. Stralcio dalla Carta Geologica d'Italia Scala 1:200.000 (Carmignani et al., 2001).

**Tabella 2.3.1** – Legenda unità geologiche nell’area di studio rif. Fig. 2.3.1.

<b>18<sub>a</sub></b>		Successioni marine e transizionali del Triassico Medio - Cretacico Inferiore: Successione della Sardegna Orientale ( <b>18<sub>a</sub> Dogger-Malm</b> ) – Depositi carbonatici di piattaforma; calcari bioclastici, calcario oolitici e micritici, talora selciosi, da litorali a circalitorali, con Alghe, Foraminiferi Bentonici e Nerinee.
<b>18<sub>b</sub></b>	COPERTURA SEDIMENTARIA E VULCANICA	Successioni marine e transizionali del Triassico Medio - Cretacico Inferiore: Successione della Sardegna Occidentale ( <b>18<sub>b</sub> Linas-Malm</b> ) – Depositi carbonatici di piattaforma; dolomie e calcari dolomitici, calcari bioclastici, calcario oolitici, calcari ad concoidi, calcari selciferi, calcari micritici, calcari marnosi e marne, con Alghe Crinoidi, Brachiopodi, Foraminiferi Bentonici, Bivalvi, Belemniti, Ammoniti, Briozoi, Coproliti, Pollini, Spore, Ostracodi; alla sommità: dolomie e calcari dolomitici scuri lacustri, con Carofite costituenti il passaggio alla facies “Purbeckiana” in Nurra.
<b>19</b>		Successioni marine e transizionali del Triassico Medio - Cretacico Inferiore: Successione della Sardegna Orientale ( <b>19 Dogger-Malm</b> ) - Dolomie, dolomie arenacee, calcari dolomitici da litorali a circalitorali con Foraminiferi bentonici e planctonici, Calcisfere, Alghe calcaree, Belemniti, Ammoniti, Echinodermi; conglomerati arenarie quarzose, siltiti e argille fluvio-deltizi, con livelli lignitiferi e con resti di Piante e Sporomorfi.
<b>5<sub>b</sub></b>	COPERTURA SEDIMENTARIA E VULCANICA	Ciclo vulcanico ad affinità alcalina, transizionale e subalcalina del Plio-Pleistocene (0,14 – 5,3 Ma): Basalti alcalini e transizionali, basaniti, trachibasalti, e hawaiiiti, talora con noduli peridotitici; andesiti basaltiche e basalti subalcalini; alla base o intercalati, conglomerati, sabbie e argille fluvio-lacustri; coni di scorie basaltiche.
<b>2<sub>a</sub></b>	DEPOSITI QUATERNARI	conglomerati, sabbie e argille più o meno compatte in terrazzi e conoidi alluvionali (Alluvioni antiche Auct.). Pliocene – Pleistocene.
<b>31</b>	BASAMENTO ERCINICO	Complesso plutonico del Carbonifero sup. – Permiano: Granodioriti monzogranitiche inequigranulari.

Gli affioramenti della Successione Giurassica della Sardegna Orientale, (Fig. 2.3.2) costituiscono l’ossatura dei rilievi carbonatici della Sardegna Orientale a partire dai massicci del Monte Albo, del Monte Tuttavista e del Supramonte (Golfo di Orosei e Baronie) fino ai rilievi dell’Ogliastra, del Sarcidano e della Barbagia.

Nella Barbagia e nelle Baronie la successione, costituita principalmente da conglomerati transgressivi e dolomie alla base (Unità 19) e calcari di piattaforma alla sommità (Unità 18<sub>a</sub>), è stata divisa in varie formazioni: Formazione di Genna Selole, di Dorgali, di Monte Tului, di Monte Bardia e Calcari di S’Adde (Carmignani et al., 2001).



La Formazione di Dorgali affiora diffusamente nella regione dei “Tacchi” (Ogliastra, Salto di Quirra e Sarcidano), nei rilievi carbonatici del Supramonte (Barbagia), nel Monte Tuttavista e nel Monte Albo (Baronie). Il tipo di roccia è l’arenaria dolomitica alla base che assume l’aspetto di dolomie brune nella regione sommitale.

Nelle zone costiere l’età di formazione è il Bathoniano (Giurassico medio,  $167.7 \pm 3.5 - 164.7 \pm 4.0$  Ma) mentre verso ovest è più recente, fino al Kimmeridgiano superiore (Giurassico superiore o primo Giurassico  $155.7 \pm 4.0 - 150.8 \pm 4.0$  Ma).

Lo spessore è notevolmente variabile: da circa 300 m nella zona a nord-ovest del Monte Albo (Lula), a circa 200 m in quasi tutto il Supramonte fino a raggiungere pochi m del Monte Gurturgios (Monte Albo), fino ad annullarsi nel Supramonte nella zona di Genna Arramene e alla base di Punta Giraditi.

La formazione è in eteropia di facies con le altre formazioni Giurassiche della Sardegna orientale costituita dai Calcari di S’Adde e dalle Formazioni di Monte Tului e di Monte Bardia (Carmignani et al., 2001).

La Formazione di Monte Tului è eteropica con i Calcari di S’Adde (Amadesi et al., 1961) con un’alternanza irregolare di calcari micritici e calcareniti oolitiche e bioclastiche e con spessore variabile da 0 a 120 m (Calvino et al., 1972).

In relazione al contenuto fossilifero le due formazioni risalgono (Carmignani et al., 2001) al periodo Calloviano-Kimmeridgiano superiore (Giurassico medio,  $164.7 \pm 4.0 - 161.2 \pm 4.0$  Ma – Giurassico superiore o primo Giurassico  $155.7 \pm 4.0 - 150.8 \pm 4.0$  Ma).

La Formazione di Monte Bardia (Amadesi et al., 1961; Amadesi et al., 1967) può essere considerata parzialmente eteropica con le precedenti (S’Adde, Monte Tului) ed è la parte terminale della successione stratigrafica Giurassica.

Presenta una forma a scogliera, con calcari di bioerma, limitati superiormente e lateralmente da calcari detritici con frequenti biostromi. Nei calcari detritici possono essere distinte tre principali litofacies (Carmignani et al., 2001):

- I litofacies: localizzata prevalentemente nella parte inferiore della successione, presenta un ambiente subtidale poco profondo con componente bioclastica prevalente e strutture algali alloctone;
- II litofacies: localizzata come la I litofacies nella parte inferiore della successione presenta un ambiente a elevata energia, con calcareniti classate e ben elaborate con ooliti;
- III litofacies: è una litofacies di transizione tra gli ambienti paralici e salmastri caratteristici della facies purbekiana ed ha un ambiente inter-supratidale costituito da calcari, calcari marnosi finemente stratificati e breccie calcaree con strutture di dissiccamento del tipo *mud-crack* e faune oligotipiche di ambiente salmastro.

La Formazione di Monte Bardia termina con una lacuna stratigrafica che è una superficie di discontinuità che si è formata dal Barriasiense al Valanginiano superiore (Cretacico inferiore) (Dieni & Massari, 1985; Dieni & Massari, 1987).

Nella formazione sono presenti con una certa frequenza fossili costituiti da nerinee, coralli, foraminiferi e alghe che consentono di attribuire tale formazione al periodo del Kimmeridgiano- Barriasiense.



A scala territoriale la geomorfologia dell'area di studio è inserita nelle strutture montane della costa centro-orientale sarda, con un territorio avente altitudine media maggiore ai 250 m.

L'intero territorio presenta valli anguste e profonde, le cosiddette codule, che sfociando a mare interrompono la continuità delle pareti calcaree della costa (falesie).

Una caratteristica geomorfologica del paesaggio di Cala Gonone è costituito massiccio calcareo imponente che dal Monte Bardia procede verso sud fino a Capo di Monte Santo affacciandosi sul mare e delineando uno dei tratti di costa della Sardegna orientale.

Le rocce calcaree nel corso del tempo hanno subito l'attacco degli agenti meteorici fino alla creazione di un paesaggio costituito da crepacci, doline, voragini, grotte e inghiottitoi.

Il territorio presenta diversi litotipi e con relative morfologie derivate:

- scisti cristallini;
- graniti e porfidi del substrato cristallino antico;
- calcari del periodo Giurassico;
- basalti del Pleistocene, alluvioni recenti e detriti di falda olocenici.

Nella zona di Cala Gonone si presentano i depositi sedimentari, che partendo dal tracciato della S.S. 125 d.c.n. si estendono fino al mare; i calcarei mesozoici del periodo Giurassico, che dalla costa si estendono a ovest.

Il paesaggio è prevalentemente di tipo carsico, con un notevole insieme di inghiottitoi, doline, pareti a picco in prossimità del mare e all'interno.

All'interno della superficie costituita da calcari del periodo Giurassico, si riscontrano alcune effusioni basaltiche che formano i caratteristici ripiani da spandimento di rocce basiche (Golgo e Mesu)

Le lave basaltiche si ritrovano anche nelle fessurazioni del calcare e giungendo fino al mare ( Spiagge di Cartoe e di Osalla). Il risultato è la formazione di metamorfismi per contatto delle rocce calcaree con la lava.

La conca di Cala Gonone, presenta un vasto sprofondamento riempito solo parzialmente a Nord (Monte Codula Manna) e a Sud (altopiano basaltico di Su Planus), da lave basaltiche che, in alcuni punti giungono fino al mare (S'Abba Meica). La depressione è stata invasa a partire dalla fine dell'era Quaternaria (1 Ma.) da una notevole mole di detriti di falda. Nella zona di collegamento tra Dorgali e Cala Gonone, si è riscontrata di notevoli quantità di ammassi di roccia brecciosa con colorazione giallastra, e che derivano dai componenti della roccia calcarea, soprattutto elementi quali ferro e alluminio e che al contrario del carbonato di calcio, non possono essere rimossi facilmente ad opera dell'acqua.

I detriti, che giungono fino al mare, formano ripide e franose pareti (falesie) (es. spiaggia di Palmasera, S'Abba Meica). La presenza di rocce calcaree invece sensibili all'erosione idrica ed eolica ha comportato la presenza di una serie di fenomeni carsici con la formazione di grotte, canali, guglie e pinnacoli, pietraie e scarpate.

## **2.4 Inquadramento delle Unità pedologiche a scala vasta (1:250.000)**

### **2.4.1. Unità Pedologiche**

Le caratteristiche pedologiche dell'area di studio ricadono in quattro Unità Pedologiche presenti in modo diffuso in tutto il Golfo di Orosei (Aru et al., 1991): l'Unità 1 e 2, presenti su paesaggi di Calcari, Dolomie e Calcari dolomitici e del Mesozoico e relativi depositi di versante, e l'unità 18 e 19, Unità presenti su paesaggi di rocce effusive basiche (basalti) del Pliocene superiore e del Pleistocene e relativi depositi di versante e colluviali (Fig. 2.4.1).

Le caratteristiche salienti dell'Unità 1 sono descritte nella Tab. 2.4.1.

L'Unità 1 è la più estesa della zona in analisi e si estende dal Monte Bardia al Monte Tului (Fig. 2.4.1).

Nella stessa sono presenti relitti dell'antica copertura dei suoli e frequentemente specie vegetali endemiche Sarde (Aru et al., 1991). E' probabile che in tali aree si doveva riscontrare la presenza di notevoli coperture vegetali con specie dominanti quali il Leccio e la Roverella, legati alla presenza di suoli con grado di evoluzione superiore e ricadenti nei sottogruppi dei Palexeralf e, più subordinatamente dei Mollisols (Aru et al., 1991).

Le caratteristiche principali dell'Unità 2 sono descritte nella Tab. 2.4.2.

L'Unità 2 è presente nelle zone marginali dell'area di studio (Fig. 2.4.1) ed è limitata a zone che hanno conservato l'insieme suolo-vegetazione. I suoli, anche se derivati da calcari dolomitici, sono brunificati per via dell'accumulo di Sostanza Organica umificata. La stessa è distribuita in tutto il profilo ed è accompagnata da un'intensa attività biologica che assicura il rimescolamento continuo tra i vari orizzonti del profilo.

La brunificazione è intensa tanto che contestualmente dall'attività biologica, la stessa non permette per colore e per la mancata illuviazione, la formazione dell'orizzonte argillico.

E' per questa ragione che gli Alfisols sono subordinati rispetto ad altre tipologie di suoli.

Nelle doline i suoli sono generalmente più profondi e simili le medesime a quelli presenti sotto foresta e con un grado di brunificazione minore (Aru et al., 1991).

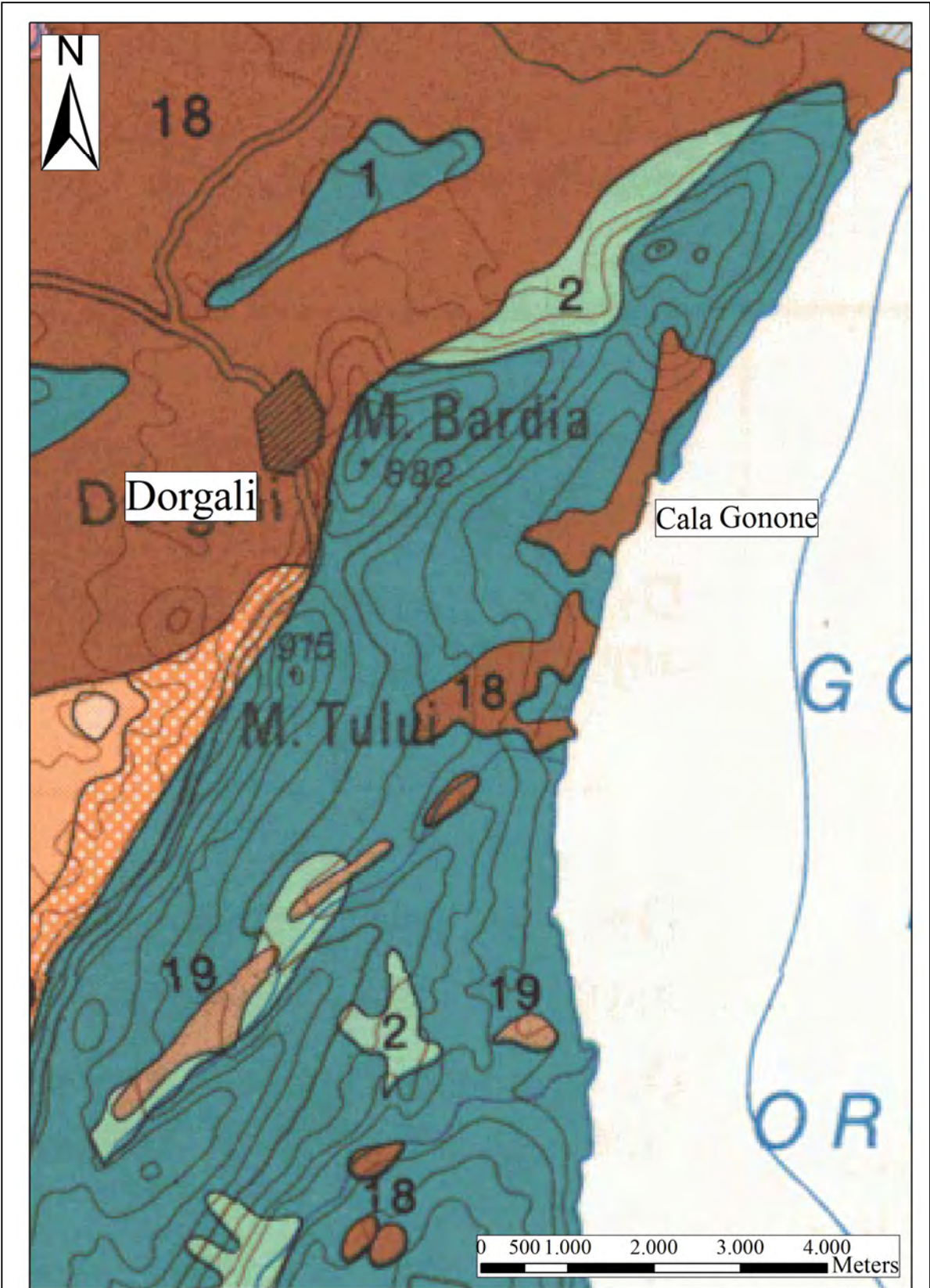


Figura 2.4.1 - Unità Pedologiche (Aru et al., 1991)

**Tabella 2.4.1** – Caratteristiche dell’Unità 1 (Aru et al., 1991):

<b>SUBSTRATO</b>	Calcari, dolomie e calcari dolomitici del Paleozoico e del Mesozoico	
<b>FORME</b>	Accidentate, da aspre a sub-pianeggianti	
<b>USO ATTUALE</b>	Pascolo caprino e suino	
<b>SUOLI PREDOMINANTI</b>	Rock outcrop; Lithic Xerorthents	
<b>SUOLI SUBORDINATI</b>	Rhodoxeralfs; Haploxerolls	
<b>CARATTERISTICHE DEI SUOLI</b>	<b>profondità</b>	Variabile
	<b>tessitura</b>	Argillosa
	<b>struttura</b>	grumosa, poliedrica sub-angolare ed angolare
	<b>permeabilità</b>	poco permeabili
	<b>erodibilità</b>	Elevata
	<b>reazione</b>	Neutra
	<b>carbonati</b>	assenti
	<b>sostanza organica</b>	scarsa
	<b>capacità di scambio cationico</b>	da media ad elevata
	<b>saturatione in basi</b>	Saturi
<b>LIMITAZIONI D’USO</b>	Rocciosità e pietrosità elevate, scarsa profondità, forte pericolo di erosione	
<b>ATTITUDINI</b>	Conservazione e ripristino della vegetazione naturale; eliminazione totale del pascolamento	
<b>CLASSI DI CAPACITÀ D’USO</b>	VIII-VII	

**Tabella 2.4.2** – Caratteristiche dell’Unità 2 (Aru et al., 1991):

<b>SUBSTRATO</b>	Calcari, dolomie e calcari dolomitici del Paleozoico e del Mesozoico e relativi depositi di versante	
<b>FORME</b>	Accidentate, da aspre a sub-pianeggianti	
<b>USO ATTUALE</b>	Ceduo di leccio a pascolamento controllato	
<b>SUOLI PREDOMINANTI</b>	Lithic e Typic Xerorthents; Lithic e Typic Rhodoxeralf; Lithic e Typic Xerochrepts; Rock outcrop.	
<b>SUOLI SUBORDINATI</b>	Haploxerolls	
<b>CARATTERISTICHE DEI SUOLI</b>	<b>profondità</b>	da poco profondi a profondi
	<b>tessitura</b>	da franco-sabbioso-argillosa ad argillosa
	<b>struttura</b>	poliedrica angolare, grumosa, poliedrica sub-angolare
	<b>permeabilità</b>	da mediamente a poco permeabili
	<b>erodibilità</b>	elevata
	<b>reazione</b>	neutra
	<b>carbonati</b>	assenti
	<b>sostanza organica</b>	da media ad elevata
	<b>capacità di scambio cationico</b>	elevata
	<b>saturatione in basi</b>	saturo
<b>LIMITAZIONI D’USO</b>	A tratti rocciosità e pietrosità elevate, scarsa profondità, forte pericolo di erosione	
<b>ATTITUDINI</b>	Conservazione ed infittimento della vegetazione naturale; possibile l’uso agricolo su modeste superfici pianeggianti e con suoli profondi; indispensabile la riduzione del pascolamento.	
<b>CLASSI DI CAPACITÀ D’USO</b>	VII-IV	

L’Unità 18, nell’area di studio, si estende lungo la costa in direzione Nord e Sud. E’ l’Unità tipica degli altopiani basaltici, con tratti ampi di affioramenti rocciosi alternati a suoli di modesta profondità con profili del tipo A-R e con tratti di modesta superficie con profili del tipo A-B<sub>w</sub>-R (Aru et al., 1991). L’uso principale attuale e pregresso è legato da un fertile pascolo per via di un alto valore nutritivo delle specie vegetali del cotico erboso.

Questi suoli sono stati oggetto di un'intensa degradazione a causa di fenomeni erosivi.

L'uso agro-pastorale deve essere pianificato, considerando una migliore redistribuzione dei carichi zootecnici in relazione alla produttività (Aru et al., 1991).

**Tabella 2.4.3** – Caratteristiche dell'Unità 18 (Aru et al., 1991):

<b>SUBSTRATO</b>	Rocce effusive basiche (basalti) del Pliocene superiore e del Pleistocene e relativi depositi di versante e colluviali	
<b>FORME</b>	Da ondulate a sub-pianeggianti e con pendenze elevate sull'orlo delle colate	
<b>USO ATTUALE</b>	Pascolo naturale	
<b>SUOLI PREDOMINANTI</b>	Rock outcrop; Lithic Xerorthents	
<b>SUOLI SUBORDINATI</b>	Xerochrepts	
<b>CARATTERISTICHE DEI SUOLI</b>	<b>profondità</b>	poco profondi
	<b>tessitura</b>	franco-argillosa
	<b>struttura</b>	poliedrica subangolare
	<b>permeabilità</b>	permeabili
	<b>erodibilità</b>	bassa
	<b>reazione</b>	neutra
	<b>carbonati</b>	assenti
	<b>sostanza organica</b>	da scarsa a media
	<b>capacità di scambio cationico</b>	media
<b>saturazione in basi</b>	saturi	
<b>LIMITAZIONI D'USO</b>	Rocciosità e pietrosità elevate, scarsa profondità, eccesso di scheletro, a tratti idromorfia dovuta al substrato impermeabile.	
<b>ATTITUDINI</b>	Conservazione e ripristino della vegetazione naturale; riduzione od eliminazione totale del pascolamento.	
<b>CLASSI DI CAPACITÀ D'USO</b>	VIII-VII	

L'Unità 19 è presente in aree marginali nella zona di studio: si riscontra in prossimità delle zone ove si sviluppano suoli che caratterizzano l'Unità Pedologica 2. Sono presenti in zone a morfologia con leggera

ondulazione, presentanti aree sub-pianeggianti o leggermente depresse. La copertura vegetale è spesso di tipo boschiva, presenta elevata densità ed è associata a suoli più evoluti con profondità da media a elevata. I profili più frequentemente riscontrabili sono del tipo A-B<sub>w</sub>-R ed A-R (Aru et al., 1991).

Anche se con minore diffusione rispetto alle altre unità, nella 19 si riscontrano tratti di roccia affiorante, alternati a suoli con limitato spessore mentre nelle aree con maggiore grado di conservazione si riscontrano suoli profondi aventi profilo A-B<sub>t</sub>-C.

La prevalente destinazione d'uso è a pascolo e bosco, e risultano necessari interventi di regolazione con riduzione dei carichi pascolanti accompagnati dall'opera di conservazione delle aree con copertura boschiva (Aru et al., 1991).

**Tabella 2.4.4 –** Caratteristiche dell'Unità 19 (Aru et al., 1991):

<b>SUBSTRATO</b>	Rocce effusive basiche (basalti) del Pliocene superiore e del Pleistocene e relativi depositi di versante e colluviali	
<b>FORME</b>	Da ondulate a sub-pianeggianti	
<b>USO ATTUALE</b>	Bosco, pascolo alberato	
<b>SUOLI PREDOMINANTI</b>	Typic e Lithic Xerorthents; Typic e Lithic Xerorthents	
<b>SUOLI SUBORDINATI</b>	Palexeralfs; Rock outcrop	
<b>CARATTERISTICHE DEI SUOLI</b>	<b>profondità</b>	da poco profondi a profondi
	<b>tessitura</b>	franco-argillosa
	<b>struttura</b>	poliedrica subangolare
	<b>permeabilità</b>	permeabili
	<b>erodibilità</b>	bassa
	<b>reazione</b>	neutra
	<b>carbonati</b>	assenti
	<b>sostanza organica</b>	da media ad elevata
	<b>capacità di scambio cationico</b>	media
<b>saturatione in basi</b>	saturo	
<b>LIMITAZIONI D'USO</b>	A tratti rocciosità e pietrosità elevate, scarsa profondità, eccesso di scheletro, idromorfia dovuta al substrato impermeabile.	
<b>ATTITUDINI</b>	Conservazione e ripristino della vegetazione naturale; forestazione; pascolo regimato e migliorato.	
<b>CLASSI DI CAPACITÀ D'USO</b>	V- VI	

## 2.4.2. Ordini di suoli

Nell'area oggetto di studio sono presenti 4 ordini di suoli, definiti secondo la Classificazione Americana (Soil Taxonomy, 2006) elaborata dall'U.S.D.A. (United States Department of Agriculture): Entisuoli, Inceptisuoli, Mollisuoli e Alfisuoli.

E' bene ricordare che il clima è caratterizzato da periodi di massime precipitazioni che coincidono con bassi valori di temperatura. E' presente un periodo di aridità estiva (4 mesi) in cui i processi pedogenetici sono ridotti a un breve periodo primaverile e a uno più lungo autunnale.

Tra i principali limiti d'uso che caratterizzano l'area di studio, si considerano le elevate pendenze, l'elevata pietrosità e rocciosità che, predisponendo un forte pericolo di erosione, hanno caratterizzato la presenza di suoli aventi una scarsa profondità.

## 2.5 Inquadramento vegetazionale

### 2.5.1 Caratteristiche generali della vegetazione dell'area di studio

La caratteristica comune del territorio in analisi è dato dalla presenza, nelle aree dominate da substrati calcarei, di formazioni estese di boschi dominati costituiti da sclerofille sempreverdi mediterranee. In questi boschi il Leccio (*Quercus ilex* L.) è la specie arborea dominante mentre il sottobosco è estremamente povero per via di una copertura pressoché continua e colma.

In questi rilievi, oltre che nei boschi di Leccio, quale specie secondaria si riscontra la presenza del Ginepro fenicio (*Juniperus phoenicea* L.) che con la sua forte adattabilità è presente sia nelle aree più prossime al mare sia in quelle a quote più elevate su pietraie, costoni e creste rocciose.

Nelle parti sommitali della zona, sono presenti vaste zone di gariga risultato di un'intensa attività antropica con taglio della legna, incendi e il seguente utilizzo del suolo per il pascolo intensivo.

La degradazione della macchia mediterranea, dalle forme più evolute costituite da formazioni miste con il Corbezzolo (*Arbutus unedo* L.) l'Erica (*Erica* spp.) con presenza sporadica della Fillirea (*Phillyrea* spp.) e del Lentisco (*Pistacia lentiscus* L.), ha portato alla formazione di vari stadi regressivi: la macchia a cisti (*Cistus monspeliensis* L., *Cistus creticum* L. ecc.), di Euforbia arborea (*Euphorbia dendroides* L.), a prevalenza di Rosmarino (*Rosmarinus officinalis* L.) fino alla presenza di una vegetazione di tipo erbaceo arbustivo discontinuo per la presenza diffusa di roccia affiorante.

La scarsa presenza delle essenze sclerofille favorisce lo sviluppo di una flora erbacea, comunemente eliofila annuale (terofite) che riduce al minimo la possibilità di ricostituzione delle forme vegetali più evolute quali le forme arboree.

Un altro ambiente degno di nota è quello delle valli fluviali e delle codule. La vegetazione dominante è rappresentata soprattutto dall'Oleandro (*Nerium oleander* L.) le cui fioriture sono diffuse fino al mare.

Nella zona è presente la Fillirea (*Phillyrea angustifolia* L. e *Phillyrea latifolia* L.) pianta arborea sempreverde della macchia mediterranea, il Timo (*Thymus vulgaris* L.) e il Rosmarino (*Rosmarinus officinalis* L.).

Le caratteristiche della vegetazione di Cala Gonone sono state studiate negli anni '70 (Corrias, 1974).

Il lavoro della Dott.ssa Corrias ha evidenziato la presenza di 48 famiglie, 143 generi, 197 specie e 10 varietà. Sono state riscontrate 5 specie endemiche: *Euphorbia spinosa* L., *Allium parviflorum* Viv.,



*Lactuca longidentata* Moris, *Stachys glutinosa* L. e *Genista corsica* Dc. cui va ad aggiungersi il *Cistus Creticum* L. rinvenuto finora solo nella località di Cala Gonone (Nieddu, pers. com.).

Nella ricerca condotta dalla Dott.ssa Corrias, sono stati effettuati rilievi di tipo fitosociologico con la rilevazione delle classi *Quercetea* con ordine *Quercetalia*, e le due alleanze *Quercion Ilicis* e *Oleo ceratonion*. A livello di associazione è presente *Quercetum Ilicis Ichnusae*, con resti del *Quercetum Galloprovinciale* e le due subassociazioni *Juniperetosum* e *Pistacetosum*. Nelle praterie e nelle radure estremamente degradate sono state invece individuate le associazioni di *Brachipodion Phoenicoides*.

Nell'associazione *Quercetum Ilicis Ichnusae* il Leccio ricopre quasi totalmente la superficie, riducendo al minimo la formazione del sottobosco.

E' un bosco con altezza media di 6 – 7 m, con valori massimi di 15 m.

La copertura è stata divisa in cinque strati principali: arborea, arbustiva alta, arbustiva bassa, erbacea e muscinale.

Nello strato arboreo la copertura oscilla tra il 10 e il 100%, con valori medi dell'80%, ed è distribuito in diversi strati per la presenza di altre specie arboree, oltre il Leccio (*Quercus Ilex* L.), il Ginepro Fenicio (*Juniperus phoenicea* L.), il Corbezzolo (*Arbutus unedo* L.) e la Fillirea (*Phyllirea* spp.).

Nello strato arbustivo alto è presente una copertura limitata, pari nei casi più elevati al 60%, che oggi possiamo affermare con maggiore certezza (Nieddu, pers. com.) è limitata dallo strato arboreo che ne limita lo sviluppo (l'altezza è di 2 – 3 m). A riprova di ciò si è notato che quando il bosco è più aperto, lo strato arbustivo e l'erbaceo assumono portamento verticale più elevato con un aumento della copertura del suolo.

Nello strato arbustivo basso la copertura è compresa tra il 10 e l'80%, con un valore medio del 50%, l'altezza è compresa tra 0,3 e 1,5 m. Le specie più rappresentative sono la Salsapariglia (*Smilax aspera* L.), il Cisto rosso (*Cistus incanus* L.), il Rosmarino (*Rosmarinus officinalis* L.), l'erba dei gatti (*Teucrium marum* L.).

Lo strato erbaceo ha una copertura media del 14%, è particolarmente degradato dal pascolo sia ovino sia caprino.

Infine lo strato muscinale è poco rappresentato è presente in poche zone, con esposizione a nord.

Nell'associazione *Quercetalia* sono state individuate le due alleanze *Quercion Ilicis* (con specie d'importanza l'*Arbutus unedo* L.), in terreni ghiaiosi ciottolosi, di natura calcarea; e *Oleo Ceratonion*, in zone basaltiche. Le due alleanze convergono comunque verso lo stesso aspetto di degradazione che è quello di *Thero Brachypodietalia* e *Thero Brachypodietea*. La tipologia riscontrata è la macchia mediterranea ed è caratterizzata dalla netta prevalenza delle specie arbustive sulle arboree.

Nello strato arboreo la copertura varia tra 0 e 80%, con un valore medio del 12%, l'altezza è di 4 – 7 m mentre le specie principali sono il Ginepro Fenicio (*Juniperus phoenicea* L.) e l'Olivo selvatico (*Olea oleaster* Heff. e Link.). Più raramente è presente il Leccio (*Quercus ilex* L.).

Nello strato arbustivo alto la copertura varia tra lo 0 e l'80% con un valore medio del 25%, l'altezza è di 2 – 3 m e le specie caratteristiche sono il Lentisco (*Pistacia lentiscus*, L.), l'Olivo selvatico (*Olea oleaster* Heff. e Link.), la Ginestra spinosa (*Calicotome spinosa* (L.) Link.), il Ginepro fenicio (*Juniperus phoenicea* L.) e la Fillirea (*Phillyrea angustifolia* L.).

Nello strato arbustivo basso la copertura è compresa tra il 30 e il 100%, con un valore medio dell'80%, l'altezza varia tra 0.7 e 1.8 m e tra le specie si è riconosciuto: l'Euforbia arborea (*Euphorbia dendroides* L.), l'Euforbia cespugliosa (*Euphorbia characias* L.), il Rosmarino (*Rosmarinus officinalis* L.), l'Erba dei gatti (*Teucrium marum* L.), il Camedrio doppio (*Teucrium flavum* L.), il Cisto rosso (*Cistus incanus* L.), il Cisto marino (*Cistus monspeliensis* L.), la Ginestra di Corsica (*Genista corsica* (Loisel.) DC), la Betonica fetida (*Stachys glutinosa* L.), l'Elicriso (*Helicrysum italicum* (Roth) G. Don);

Lo strato erbaceo ha una copertura media del 35%, con valore massimo del 90%, le specie sono per lo più nitrofile, quindi con l'occupazione di suoli piuttosto aridi e legati in misura notevole all'attività antropica; Lo strato muscinale è quasi sempre assente.

L'alleanza *Oleo Ceratonion* è caratterizzato dall'Olivio selvatico (*Olea oleaster* Heff. e Link.) dall'Euforbia arborea (*Euphorbia dendroides* L.). L'associazione *Quercion Ilicis* è ben rappresentata dal Corbezzolo (*Arbutus unedo* L.) mentre non si riscontra la presenza dell'Olivio selvatico.

### 2.5.2 Analisi dell'estensione dei tipi di vegetazione

All'interno del bacino idrografico dell'area di analisi (Fig. 2.1.6) è stata effettuata la foto interpretazione delle caratteristiche della vegetazione su foto aeree del 2006. La scala di foto interpretazione è 1:3.333 con restituzione in scala 1:10.000.

E' stata utilizzata la legenda dei tipi forestali come prevista dal Piano Forestale Ambientale Regionale (RAS, 2007). Di tale legenda è stata applicata la determinazione della categoria forestale e della % di copertura vegetale (Area di insidenza) considerando la definizione di Bosco quella definita dal D.Lgs. 227/2001.

La carta della vegetazione è rappresentata in fig. 2.5.2.1. Come visibile nella Tab. 2.5.2.1 le categorie vegetali maggiormente rappresentate sono: i Boschi di Leccio, che rappresentano circa la metà dei soprassuoli esistenti, seguiti dalle Garighe e Arbusteti Prostrati che sono presenti su ¼ della superficie, dalle macchie termo xerofile e di degradazione e dalla macchia evoluta e preforestale.

Infine con una % minore all'1% sono presenti anche Boschi e boscaglie a olivastro e i boschi puri o misti di conifere mediterranee (di origine artificiale).

Le superfici antropizzate assommano a circa 100 ha. Si tratta di una zona con una concentrazione di edifici (prevalentemente) non diffusa, considerando l'agglomerato urbano di Cala Gonone e la presenza ridotta di case sparse nell'agro.

Nella Tab. 2.5.2.2 sono analizzati la distribuzione delle superfici in relazione alle diverse Classi di % di Copertura del suolo mentre nella Fig. 2.5.2.2 è rappresentata la carta delle % di copertura del Suolo. Si nota come le classi con maggiore grado di copertura (80-100% e 60-80%) sono quelle maggiormente rappresentate.

La classe a minor copertura vegetale è anche quella meno rappresentata (0-20%).

Nella Tab. 2.5.2.3 sono invece considerate le distribuzioni di classe % di copertura vegetale per singola categoria vegetale.

Nelle formazioni Boschi di Leccio, Boschi e boscaglie a olivastro e la macchia evoluta e preforestale le percentuali di copertura maggiori (60-100%) sono quelle maggiormente rappresentate.

Nella Tabelle 2.5.2.4 e nella Fig. 2.5.2.3 è rappresentata la Distribuzione delle % di superficie in relazione alle diverse Classi di % di Copertura del suolo e delle Classi di % di Pendenza mentre la stessa relazione è stata presa in esame nelle Tabelle 2.5.2.5, 2.5.2.6 e 2.5.2.7 e 2.5.2.8 e nelle Fig. 2.5.2.3, 2.5.2.4, 2.5.2.5, 2.5.2.6 e 2.5.2.7 rispetto alle categorie vegetali maggiormente rappresentate nell'area di studio: Boschi di Leccio, Macchia evoluta e preforestale, Macchie termoxerofile e di degradazione e infine Garighe e arbusteti prostrati.

Emerge come la maggior parte della superficie (61,80%) è presente su terreni aventi pendenza maggiore del 30%, seguita da poco più del 25% da terreni aventi pendenze comprese tra il 15 e il 30%. Inoltre la categoria a maggior copertura del suolo è presente su poco più del 36% mentre le categorie inferiori (60-80% e 40-60%) sono presenti in totale su circa il 40% della superficie totale.

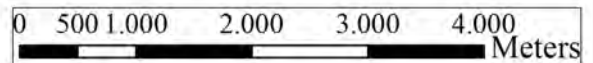
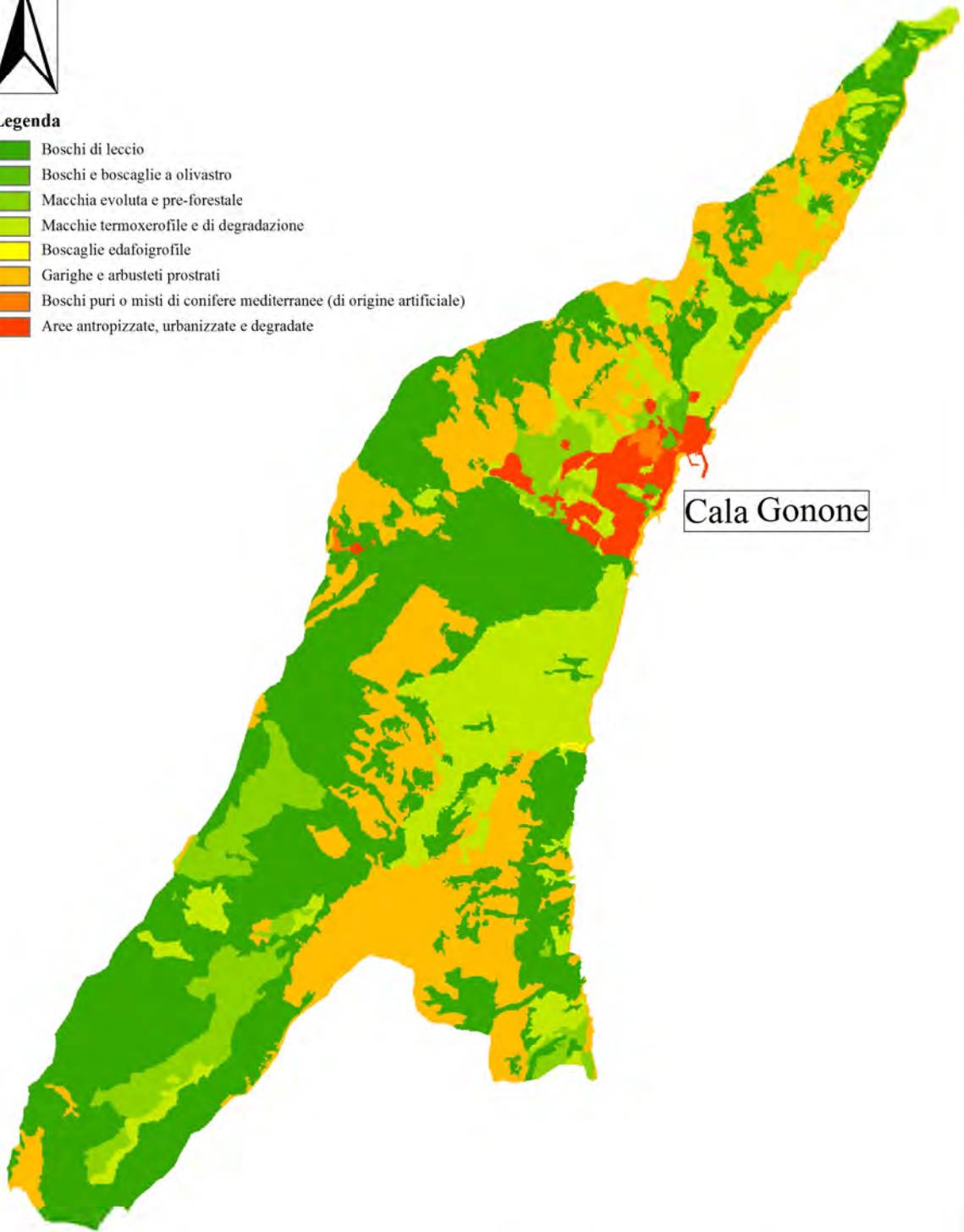
In tutti i 4 casi di categoria vegetale la maggior parte della superficie ricade sulle pendenze di grado maggiore (15-30% e >30%) e come il maggior grado di copertura vegetale si presenti con l'aumentare delle pendenze.

In tutti le categorie vegetali si presentano tutte le classi di pendenza mentre le classi di copertura sono presenti tutte tranne il caso delle Garighe e degli arbusteti prostrati, ove si presentano classi di copertura fino al 60% di valore massimo.



**Legenda**

- Boschi di leccio
- Boschi e boscaglie a olivastro
- Macchia evoluta e pre-forestale
- Macchie termoxerofile e di degradazione
- Boscaglie edafoigrofile
- Garighe e arbusteti prostrati
- Boschi puri o misti di conifere mediterranee (di origine artificiale)
- Aree antropizzate, urbanizzate e degradate



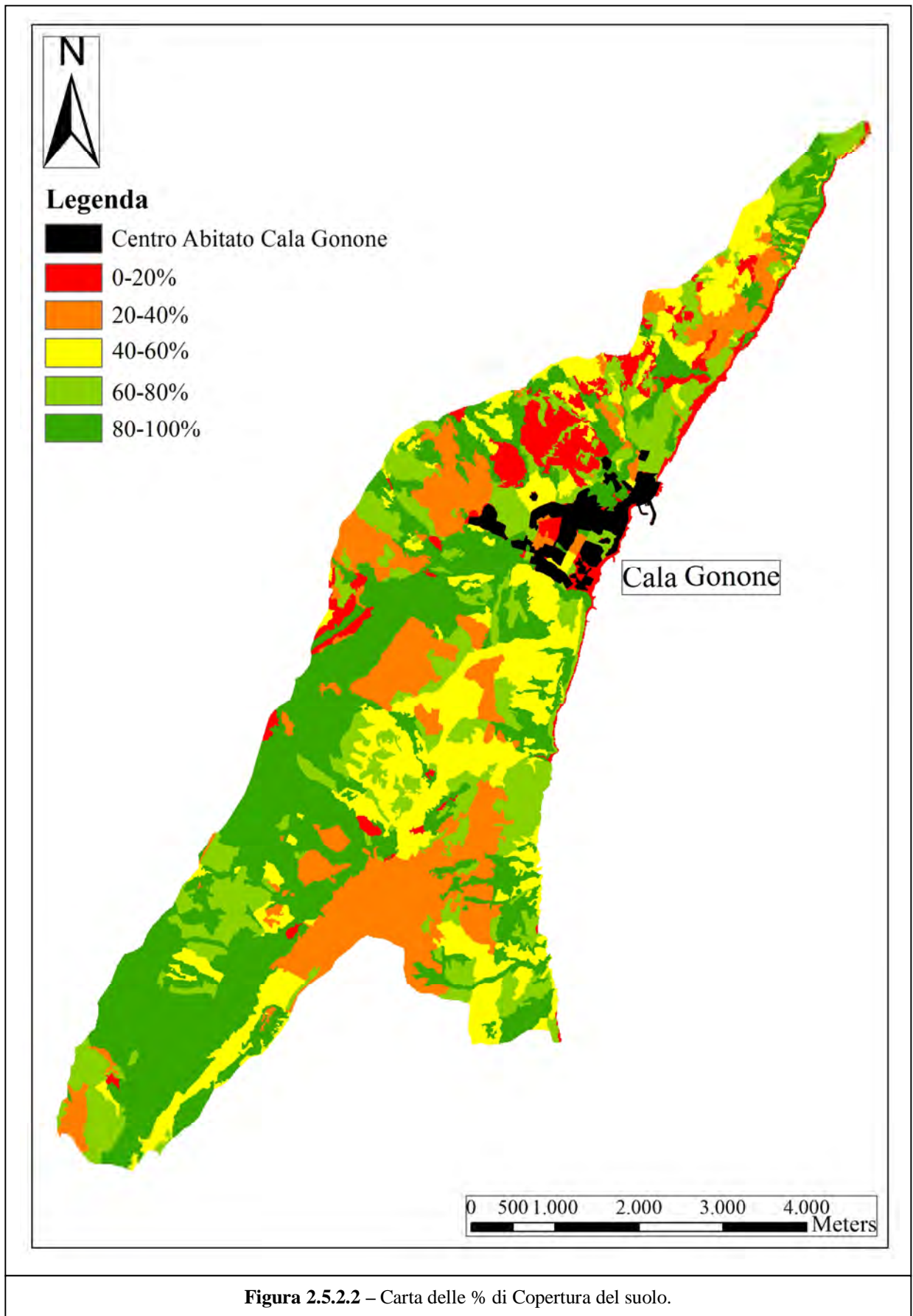
**Figura 2.5.2.1** – Carta delle Categorie Vegetali

**Tabella 2.5.2.1** – Distribuzione delle superfici in relazione alle Categorie Vegetali.

<b>Categoria Vegetale</b>	<b>Superfici (ha)</b>	<b>Superficie (%)</b>
Boschi di Leccio	1548,85	45,91
Boschi e boscaglie a olivastro	11,26	0,33
Macchia evoluta e pre-forestale	265,41	7,87
Macchie termoxerofile e di degradazione	535,38	15,87
Boscaglie edafoigrofile	1,32	0,04
Garighe e arbusteti prostrati	901,86	26,73
Boschi puri o misti di conifere mediterranee (di origine artificiale)	10,72	0,32
Aree antropizzate, urbanizzate e degradate	98,69	2,93
<b>Totale</b>	<b>3373,49</b>	<b>100</b>

**Tabella 2.5.2.2** – Distribuzione delle superfici in relazione alle diverse Classi di % di Copertura del suolo.

<b>Classe di Copertura Vegetale %</b>	<b>Superfici (ha)</b>	<b>Superficie (%)</b>
80-100%	1214,14	35,99
60-80%	640,84	19,00
40-60%	628,3	18,62
20-40%	608,85	18,05
0-20%	281,36	8,34
<b>Totale</b>	<b>3373,49</b>	<b>100</b>



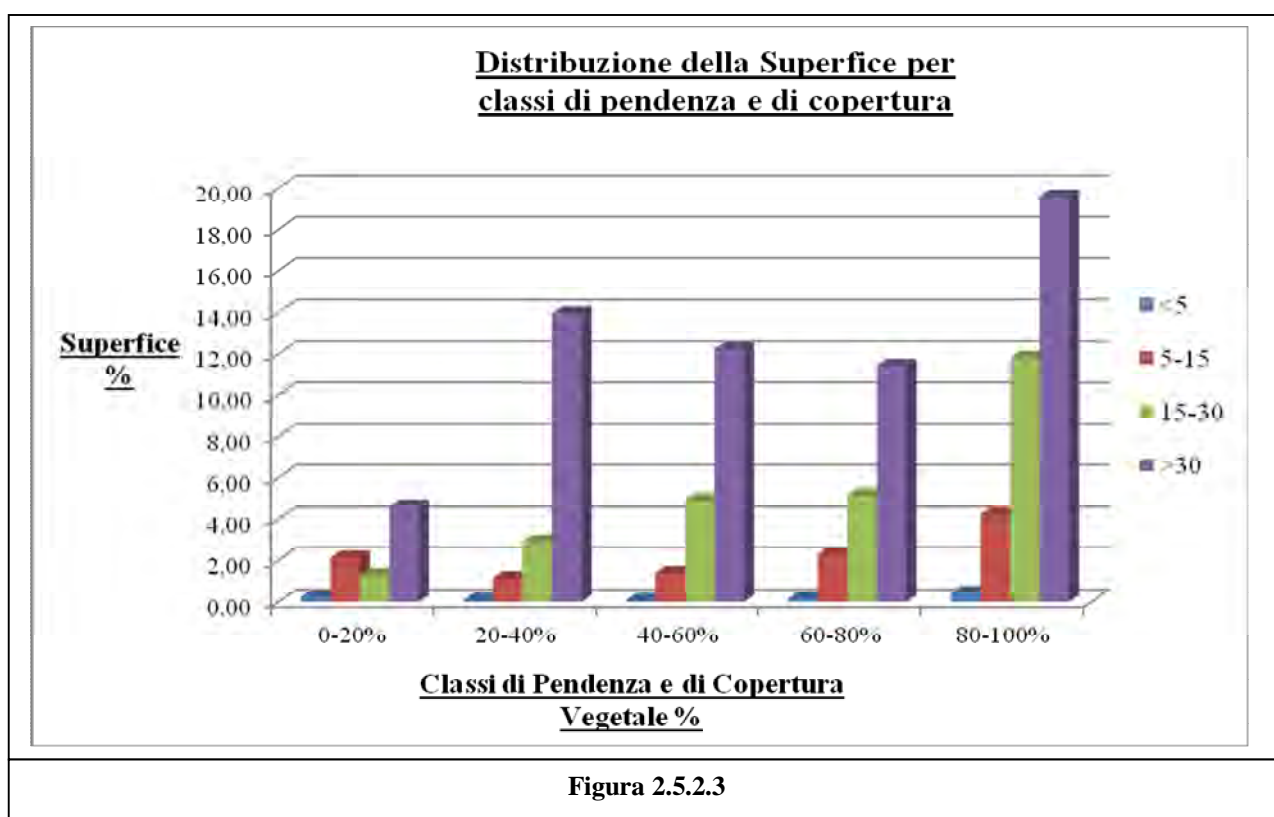
**Figura 2.5.2.2** – Carta delle % di Copertura del suolo.

**Tabella 2.5.2.3** – Distribuzione delle superfici in relazione alle diverse Classi di % di Copertura del suolo e delle Categorie vegetali.

<b>Categoria Vegetale</b>	<b>Classe di Copertura Vegetale %</b>	<b>Superficie (ha)</b>	<b>Superficie (%)</b>
Boschi di Leccio	80-100%	905,7	26,85
	60-80%	412,86	12,24
	40-60%	182,45	5,41
	20-40%	43,14	1,28
	0-20%	4,7	0,14
Boschi e boscaglie a olivastro	80-100%	4,66	0,14
	60-80%	3,21	0,10
	40-60%	0,71	0,02
	20-40%	2,68	0,08
Macchia evoluta e pre-forestale	80-100%	198,26	5,88
	60-80%	47,18	1,40
	40-60%	17,62	0,52
	20-40%	0,21	0,01
	0-20%	2,14	0,06
Macchie termoxerofile e di degradazione	80-100%	95,68	2,84
	60-80%	175,39	5,20
	40-60%	205,13	6,08
	20-40%	44,21	1,31
	0-20%	14,97	0,44
Boscaglie edafoigrofile	80-100%	1,32	0,04
Garighe e arbusteti prostrati	40-60%	222,39	6,59
	20-40%	515,53	15,28
	0-20%	163,94	4,86
Boschi puri o misti di conifere mediterranee (di origine artificiale)	80-100%	8,52	0,25
	60-80%	2,2	0,07
Aree antropizzate, urbanizzate e degradate	20-40%	3,08	0,09
	0-20%	95,61	2,83
<b>Totale</b>		<b>3373,49</b>	<b>100</b>

**Tabella 2.5.2.4** – Distribuzione delle % di superficie in relazione alle diverse Classi di % di Copertura del suolo e delle Classi di % di Pendenza su tutta la superficie del bacino idrografico.

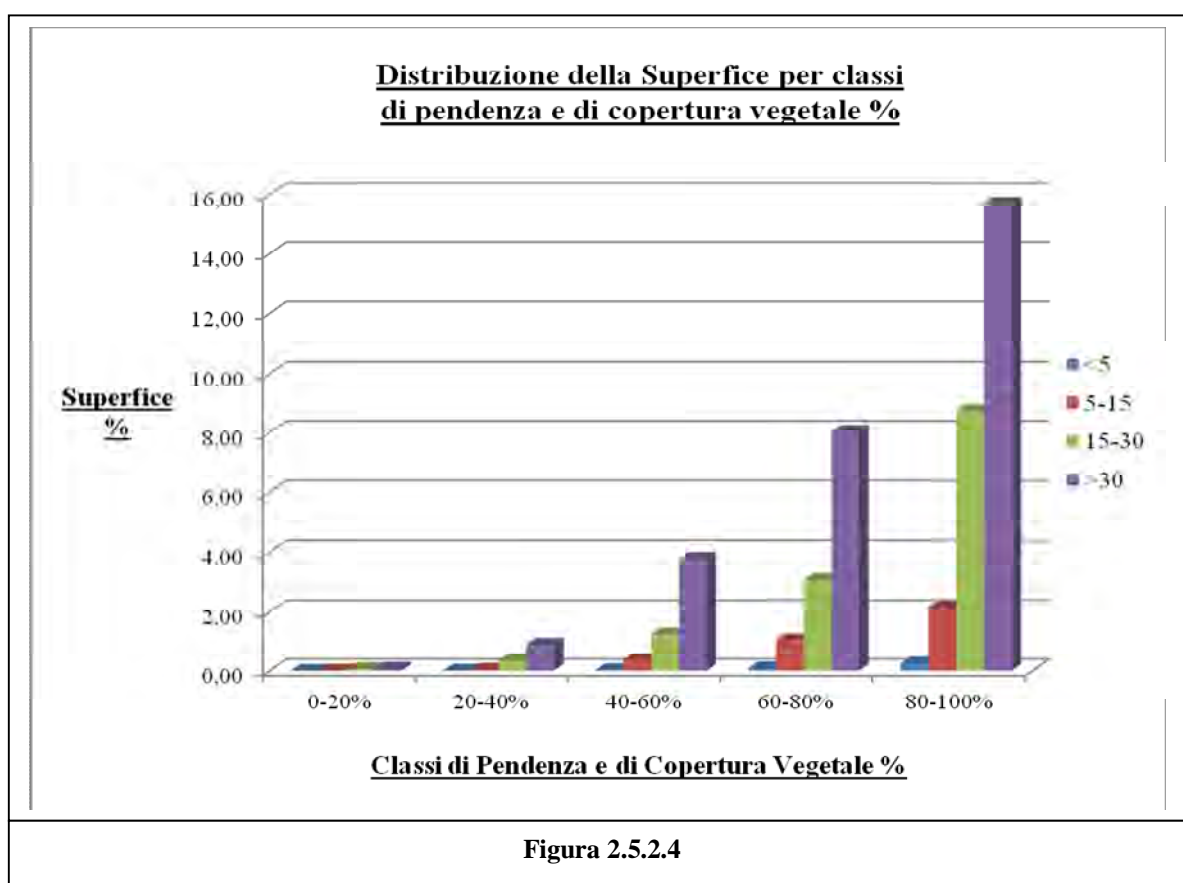
Classi di Pendenza (%)	Classi di Copertura Vegetale (%)					Totale complessivo
	0-20%	20-40%	40-60%	60-80%	80-100%	
<5	0,24	0,09	0,08	0,17	0,44	1,01
5-15	2,11	1,14	1,39	2,28	4,21	11,14
15-30	1,29	2,90	4,92	5,15	11,80	26,06
>30	4,62	13,95	12,22	11,41	19,60	61,80
<b>Totale</b>	<b>8,26</b>	<b>18,07</b>	<b>18,61</b>	<b>19,01</b>	<b>36,04</b>	<b>100</b>





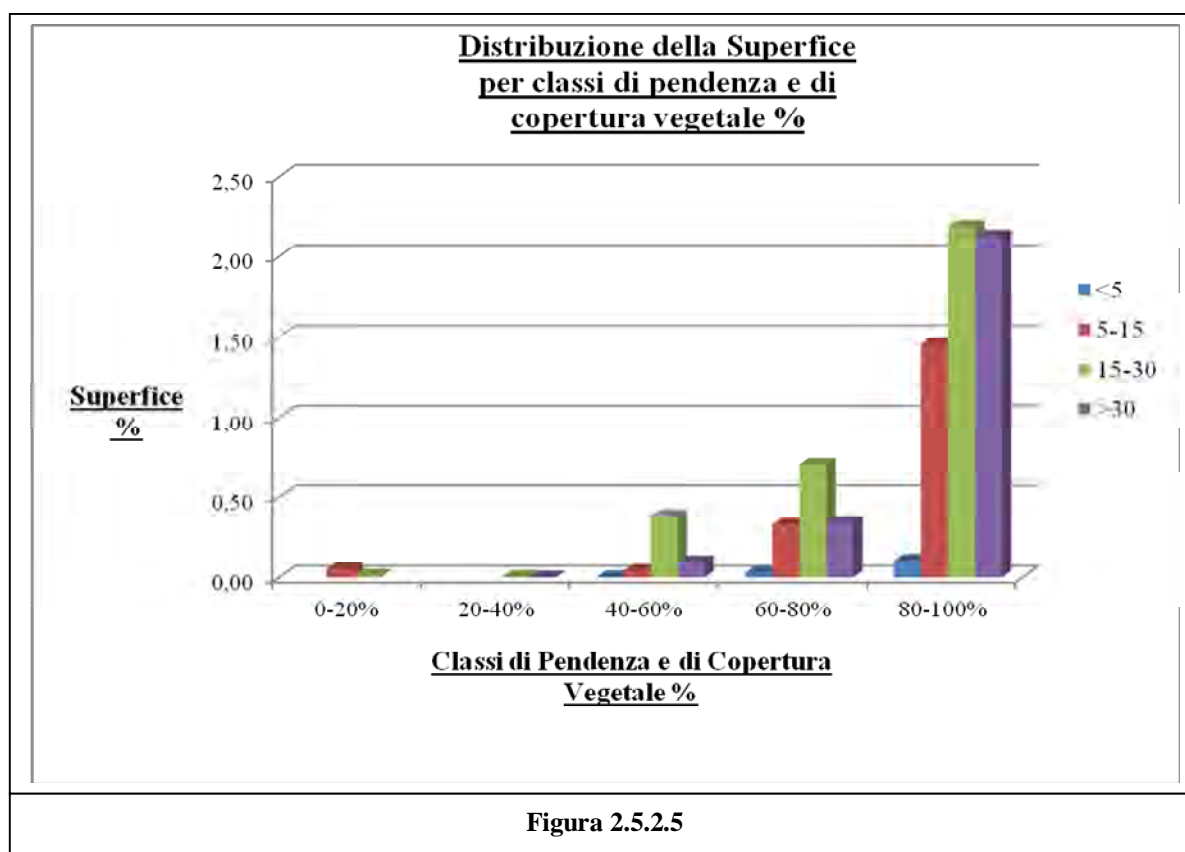
**Tabella 2.5.2.5** – Categoria Vegetale Boschi di Leccio, Distribuzione delle % di superficie in relazione alle diverse Classi di % di Copertura del suolo e delle Classi di % di Pendenza.

Classi di Pendenza (%)	Classi di Copertura Vegetale (%)					Totale complessivo
	0-20%	20-40%	40-60%	60-80%	80-100%	
<5	0,00	0,01	0,02	0,08	0,25	0,36
5-15	0,01	0,04	0,36	1,04	2,15	3,61
15-30	0,06	0,34	1,23	3,07	8,74	13,44
>30	0,07	0,89	3,78	8,03	15,69	28,47
<b>Totale</b>	<b>0,14</b>	<b>1,28</b>	<b>5,40</b>	<b>12,22</b>	<b>26,83</b>	<b>45,87</b>



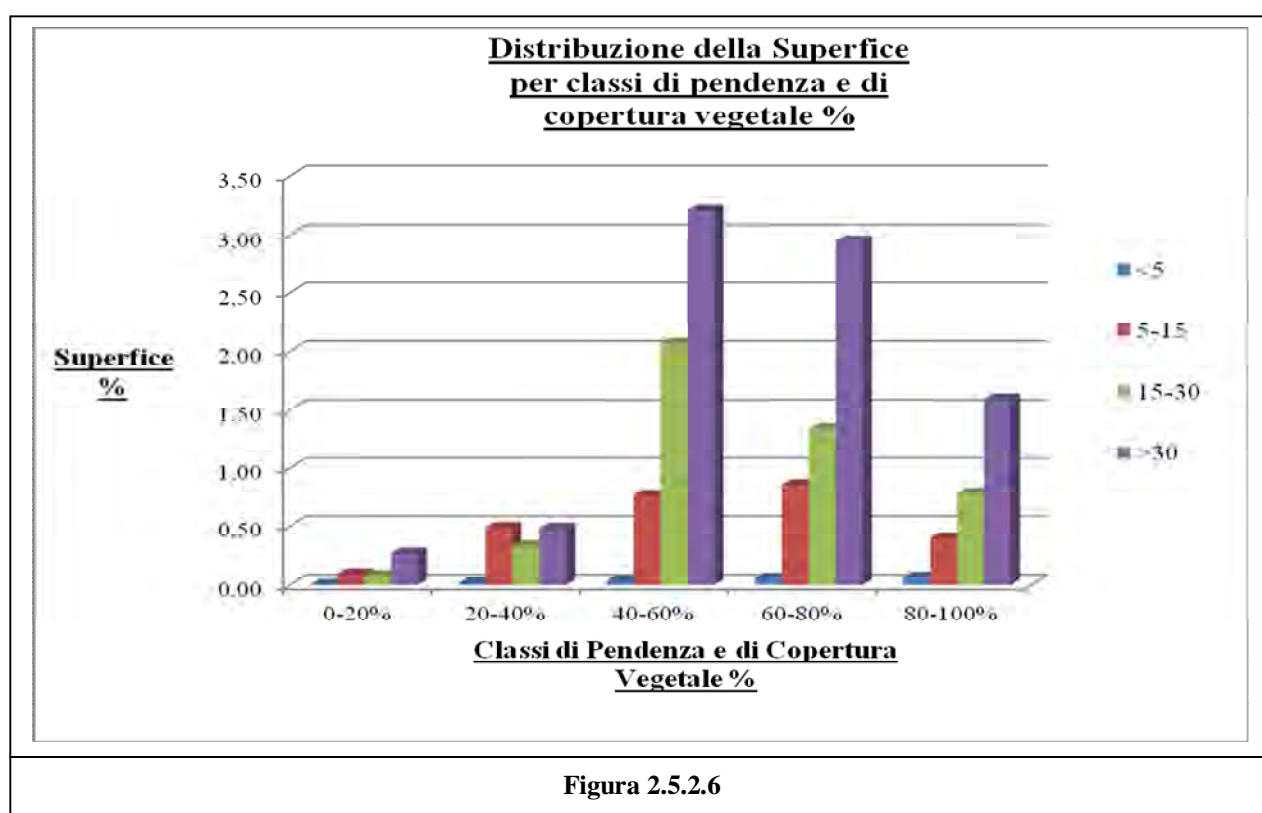
**Tabella 2.5.2.6**– Categoria Vegetale Macchia evoluta e preforestale, Distribuzione delle % di superficie in relazione alle diverse Classi di % di Copertura del suolo e delle Classi di % di Pendenza.

Classi di Pendenza (%)	Classi di Copertura Vegetale (%)					Totale complessivo
	0-20%	20-40%	40-60%	60-80%	80-100%	
<5			0,00	0,03	0,11	0,14
5-15	0,05		0,04	0,33	1,46	1,87
15-30	0,01	0,00	0,38	0,70	2,19	3,29
>30		0,00	0,10	0,34	2,13	2,57
<b>Totale</b>	<b>0,06</b>	<b>0,01</b>	<b>0,52</b>	<b>1,40</b>	<b>5,88</b>	<b>7,87</b>



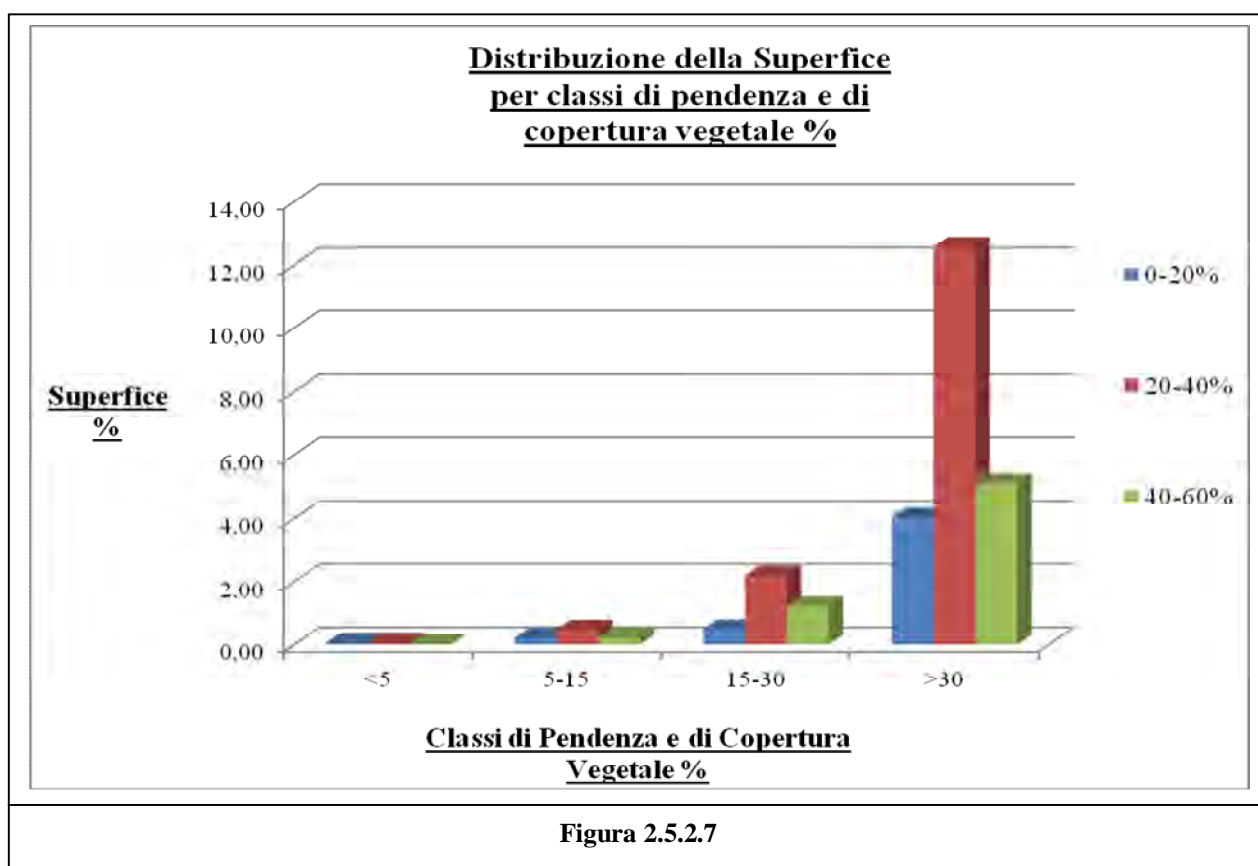
**Tabella 2.5.2.7** – Categoria Vegetale Macchie termoxerofile e di degradazione, Distribuzione delle % di superficie in relazione alle diverse Classi di % di Copertura del suolo e delle Classi di % di Pendenza.

Classi di Pendenza (%)	Classi di Copertura Vegetale (%)					Totale complessivo
	0-20%	20-40%	40-60%	60-80%	80-100%	
<5	0,00	0,01	0,03	0,06	0,07	0,17
5-15	0,09	0,49	0,76	0,86	0,40	2,60
15-30	0,08	0,33	2,07	1,34	0,78	4,60
>30	0,27	0,48	3,21	2,95	1,59	8,49
<b>Totale</b>	0,44	1,31	6,08	5,19	2,84	15,86



**Tabella 2.5.2.8** – Categoria Vegetale Garighe e arbusteti prostrati, Distribuzione delle % di superficie in relazione alle diverse Classi di % di Copertura del suolo e delle Classi di % di Pendenza.

Classi di Pendenza (%)	Classi di Copertura Vegetale (%)			Totale complessivo
	0-20%	20-40%	40-60%	
<5	0,06	0,06	0,01	0,13
5-15	0,20	0,48	0,22	0,90
15-30	0,48	2,19	1,23	3,90
>30	4,03	12,55	5,10	21,68
<b>Totale</b>	<b>4,78</b>	<b>15,27</b>	<b>6,56</b>	<b>26,61</b>



## CAPITOLO 3

### MATERIALI E METODI

#### 3.1 Tecniche di indagine: inquadramento fisico

##### Topografia

La conoscenza delle caratteristiche fisiche di un territorio permette di poter meglio comprendere e spiegare sia le caratteristiche climatiche sia le caratteristiche pedologiche e infine quelle vegetazionali senza dimenticare tutte le relazioni esistenti fra le cause di eventuale degrado pedo-vegetazionale riscontrate a partire dall'analisi dei dati fisici-morfologici di versante.

L'analisi delle caratteristiche topografiche del versante ove verranno realizzati i rilievi saranno definite in termini di:

- Pendenza;
- Esposizione.

Tali parametri saranno determinati tramite un'analisi areale attraverso apposito software GIS.

Sia la pendenza sia l'esposizione saranno determinati sotto forma di tematismo cartografico con riferimento al bacino idrografico di cui alla Fig. 2.1.6.

La base di partenza cartografica è il D.E.M. (Digital Elevation Model). Considerando che i DEM ufficiali della Regione Sardegna presentano una definizione piuttosto bassa, 250 x 250 m, abbiamo preferito procedere all'elaborazione ex novo di un D.E.M. con dimensione dei pixel 10 x 10, utilizzando quale tematismo di base, i DWG della Carta Tecnica Regionale (C.T.R., R.A.S., 2000). In tale modo, per le elaborazioni del D.E.M. sono stati utilizzati sia le curve di livello quotate sia i numerosi punti quotate in esso presenti.

#### 3.2 Tecniche di indagine: Analisi di bacino idrografico

##### 3.2.1 Generalità e finalità

Tra gli obiettivi fissati a scala di bacino idrografico, è importante la conoscenza su base areale delle caratteristiche relative al degrado pedo-vegetazionale e che si è concretizzato con la determinazione del grado di pericolo di erosione idrica nel Bacino idrografico identificato in Fig. 2.1.6. Tramite vari passaggi intermedi è stato possibile poter procedere alla costruzione delle Carte del Pericolo potenziale e attuale di erosione idrica del suolo.

Per *Pericolo potenziale di erosione* (Bazzoffi, 2007) s'intende il pericolo determinato sulla base dell'insieme dei fattori climatici, topografici e pedologici (fattori immutabili dall'azione dell'uomo), senza tenere conto della copertura vegetale.

Il *Pericolo attuale di erosione* è invece determinato considerando non solo i fattori climatici, topografici e pedologici ma anche quelli vegetazionali (fattore mutabile dall'intervento umano).

Per la determinazione del grado di erosione idrica del suolo si possono usare modelli di varia natura secondo il tipo e la disponibilità dei dati in ingresso e in base alla qualità e quantità dei risultati attesi. La

metodologia che si propone nel presente documento ha permesso di costruire delle carte tematiche su supporto G.I.S. (Geographic Information System), dove ognuna delle quali rappresenta uno o più fattori predisponenti e caratterizzanti il Pericolo di erosione. Solo in seguito sono state costruite delle carte di sintesi generate dall'interazione dei valori espressi nei singoli tematismi (strati informativi) delle carte di base.

La stima dell'erosione può essere compiuta attraverso l'impiego di diverse metodologie. Alcune di esse prevedono la raccolta e la misurazione diretta di variabili in campo (carattere in parte empirico) mentre altre prevedono l'applicazione di modelli che utilizzano la stima e la combinazione di fattori che influenzano l'erosione idrica.

Nel presente lavoro è stato impiegata a scala di bacino, la metodologia CORINE Soil Erosion Risk (CORINE, 1992; Briggs & Giordano, 1995; Bazzoffi, 2007). Tale metodica è nota e impiegata perché piuttosto versatile e di facile applicazione e porta a risultati qualitativi rispetto all'equazione universale RUSLE (Wischmeier, W.H., 1975; Wischmeier & Smith, 1978; Giordani & Zanchi, 1995), che sebbene utilizzi alcune comuni variabili, porta tuttavia alla definizione di valori di tipo quantitativo (t/ha\*anno).

Il metodo CORINE è stato elaborato e applicato dalla Comunità Europea nei paesi mediterranei nell'ambito del progetto EU CORINE (Chiuchiarelli *et al.*, 2000) e permette una valutazione qualitativa dei gradi di pericolo di erosione idrica potenziale e reale del suolo.

Tale metodo è stato applicato per indirizzare le politiche agricole e agro ambientali in ottica conservativa. L'applicazione del modello Corine in una scala di bacino è stata utilizzata nel presente studio per definire dal punto di vista areale, con una risposta semplice in funzione della relativa speditività dei dati in ingresso, il livello del degrado pedologico in relazione al fattore fisico erosione idrica del suolo quale perdita di funzionalità protettiva e biologica.

### **3.2.2 Metodologia CORINE**

La metodologia CORINE è molto conosciuta e usata, poiché è di facile applicazione, trattandosi in estrema analisi di una semplificazione della tecnica RUSLE.

Esso utilizza alcuni parametri definiti su scala areale (pedologia, clima, pendenza), che concorrono a definire delle classi di pericolo di erosione idrica potenziale e attuale.

Questo metodo, secondo l'applicazione della metodologia originaria, consente una valutazione qualitativa del pericolo di erosione secondo una scala di pericolo crescente da 0 a 3, utile a stimare il pericolo di erosione.

Nell'originaria metodologia CORINE, il fattore K esprime l'erodibilità del suolo, quindi la capacità intrinseca di un suolo rispetto alla capacità di lasciarsi erodere. Tale fattore è stimato dalla tessitura, dalla profondità del suolo e dalla quantità di scheletro. Per il fattore topografico, si considera la sola pendenza, mentre è ignorata la lunghezza del versante. L'erosività R (aggressività climatica) è derivata dagli indici climatici di Fournier e di Bagnouls-Gaussen. Il fattore C (Copertura vegetale) è classificato usando il database CORINE Land Cover, attraverso le due categorie: 1) suolo protetto; 2) suolo non completamente protetto.

Relativamente ai parametri dell'erodibilità del suolo si considera che la tessitura esprime le proporzioni dei costituenti della terra fine: sabbia, limo, argilla ed è importante per definire le proprietà chimico-

fisiche del suolo quali, l'areazione, il drenaggio, la capacità di trattenuta e di disponibilità idrica, la capacità di trattenere i nutrienti e naturalmente la suscettività all'erosione.

La classificazione adottata è quella indicata dall'United States Department of Agriculture (U.S.D.A.) (USDA, 1999) del Dipartimento dell'agricoltura degli U.S.A..

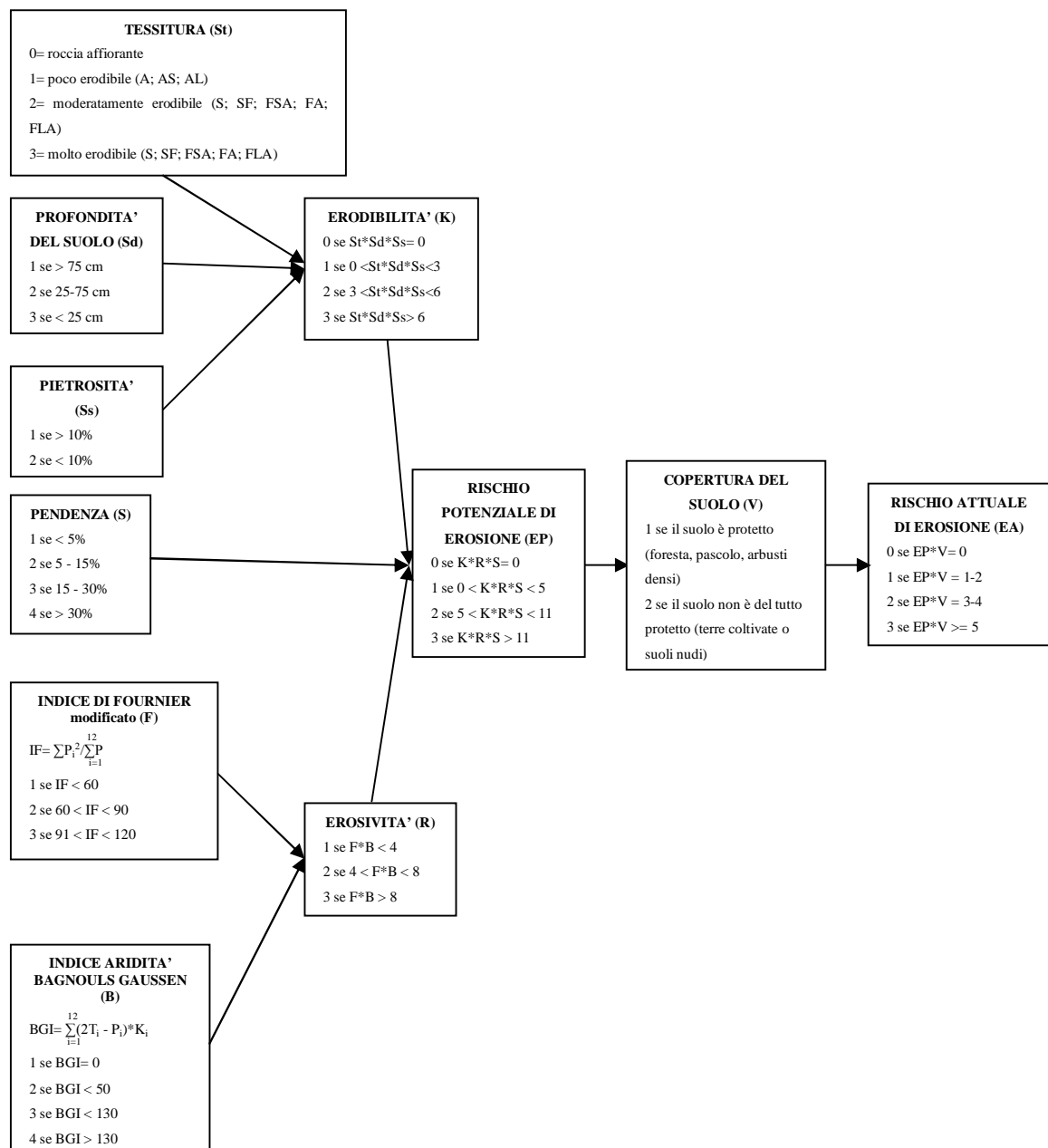
La profondità del suolo ha una grande influenza sullo sviluppo delle piante in quanto un suolo profondo offre una maggiore resistenza all'erosione e subisce un minore effetto impattante dell'acqua favorendo una maggiore copertura vegetale rispetto a un suolo poco profondo dove gli apparati radicali non riescono a svilupparsi in modo adeguato.

La pietrosità superficiale è legata a fenomeni come il ruscellamento e la successiva erosione del suolo in quanto all'aumentare della percentuale della pietrosità superficiale aumenta notevolmente la perdita di suolo dovuta alla presenza di un'elevata piovosità.

La pendenza è importante nei processi di evoluzione del suolo perché in relazione alla sua entità si definisce il grado di stabilità dei versanti e la successiva eventuale presenza di fenomeni erosivi.

La copertura vegetale contribuisce in modo fondamentale alla stabilizzazione del suolo, riducendo l'impatto delle precipitazioni con l'attenuazione del ruscellamento superficiale.

I fattori suesposti sono condensati nel modello CORINE per stimare quattro categorie di pericolo di erosione potenziale e attuale. Il pericolo potenziale è calcolato escludendo il fattore vegetazionale e quindi identifica il pericolo massimo dovuto esclusivamente ai soli fattori fisici del pedo-clima, in particolare al clima, alla pendenza e all'erodibilità dei suoli. Il pericolo attuale, calcolato utilizzando anche il fattore vegetazionale, indica in quale misura il pericolo potenziale può esprimersi in relazione all'uso del suolo. Nel metodo originale la copertura vegetale assume un ruolo migliorativo o al massimo neutrale rispetto all'erosione potenziale. La metodologia originaria di stima dell'erosione CORINE è rappresentata dallo schema riportato in Fig. 3.2.1. La simbologia per le classi tessiturali è quella utilizzata dall'USDA (USDA, 1999), quindi le lettere utilizzate hanno il seguente significato: A = *argilla*, L = *limo*, F = *franco* e S = *sabbia*. Le classi di pericolo di erosione sono: 0 = nessun pericolo; 1 = pericolo basso; 2 = pericolo moderato; 3 = pericolo elevato.



**Figura 3.2.1** – Metodologia originaria per la stima dell'erosione CORINE.

Il metodo Corine prevede che a ogni step sia effettuata la riclassificazione dei pesi attribuiti ai vari tematismi di base, per poi effettuare nella fase finale il calcolo del grado di erosione potenziale e attuale.

### 3.2.3 Tematismi CORINE

La costruzione delle carte tematiche e la loro successiva interpolazione sono state effettuate su supporto G.I.S. dove è stato possibile poter realizzare complesse operazioni di overlay mapping e di calcolo degli indici con relativa facilità.

In seguito sono espone le caratteristiche dei singoli temi di base e finali di sintesi.



## **Erodibilità**

I dati relativi alla tessitura, profondità del suolo e di pietrosità superficiale sono stati attribuiti su un tematismo poligonale (SHPfile) di natura geologica. E' stata impiegata la nuova carta geologica della Sardegna (R.A.S., 2009) realizzata in scala 1:25.000 e rappresentata come in Fig. 3.2.2 e limitatamente alla zona in analisi.

L'analisi della carta geologica in scala 1:25.000 ha consentito di confermare la matrice pedogenetica e di estendere su una ragionevole base cartografica le informazioni di pietrosità, tessitura e di profondità del suolo utili all'implementazione del modello Corine.

I 3 parametri richiesti dal modello sono stati attribuiti sulla base di rilievi di campagna speditivi effettuati allo scopo di confermare i dati di bibliografia di informazioni esistenti in bibliografia, (Aru *et al.*, 1991), (Barbieri, 1960).

In modo particolare abbiamo effettuato, su tutto il territorio in esame, in modo sufficientemente e omogeneamente distribuito, 590 verifiche puntuali dei 3 parametri dell'erodibilità.

In particolar modo si è verificato che i rilievi di campagna hanno confermato in massima parte i dati rilevati in bibliografia.

Le classi di tessitura utilizzate nel modello sono: roccia affiorante, che nel modello Corine ha peso pari a 0 (suolo assente), Argillosa, Argilloso-sabbiosa, Argilloso-limosa che hanno peso pari a 1 (tessiture poco erodibili), Sabbiosa, Sabbioso-Franca, Franco-Sabbioso-Argillosa, Franco-Argillosa, Franco-Limoso-Argillosa che hanno peso pari a 2 (tessiture moderatamente erodibili) e Franco-Sabbiosa, Franca, Franco-Limosa, Limosa che hanno peso pari a 3 (tessiture molto erodibili).

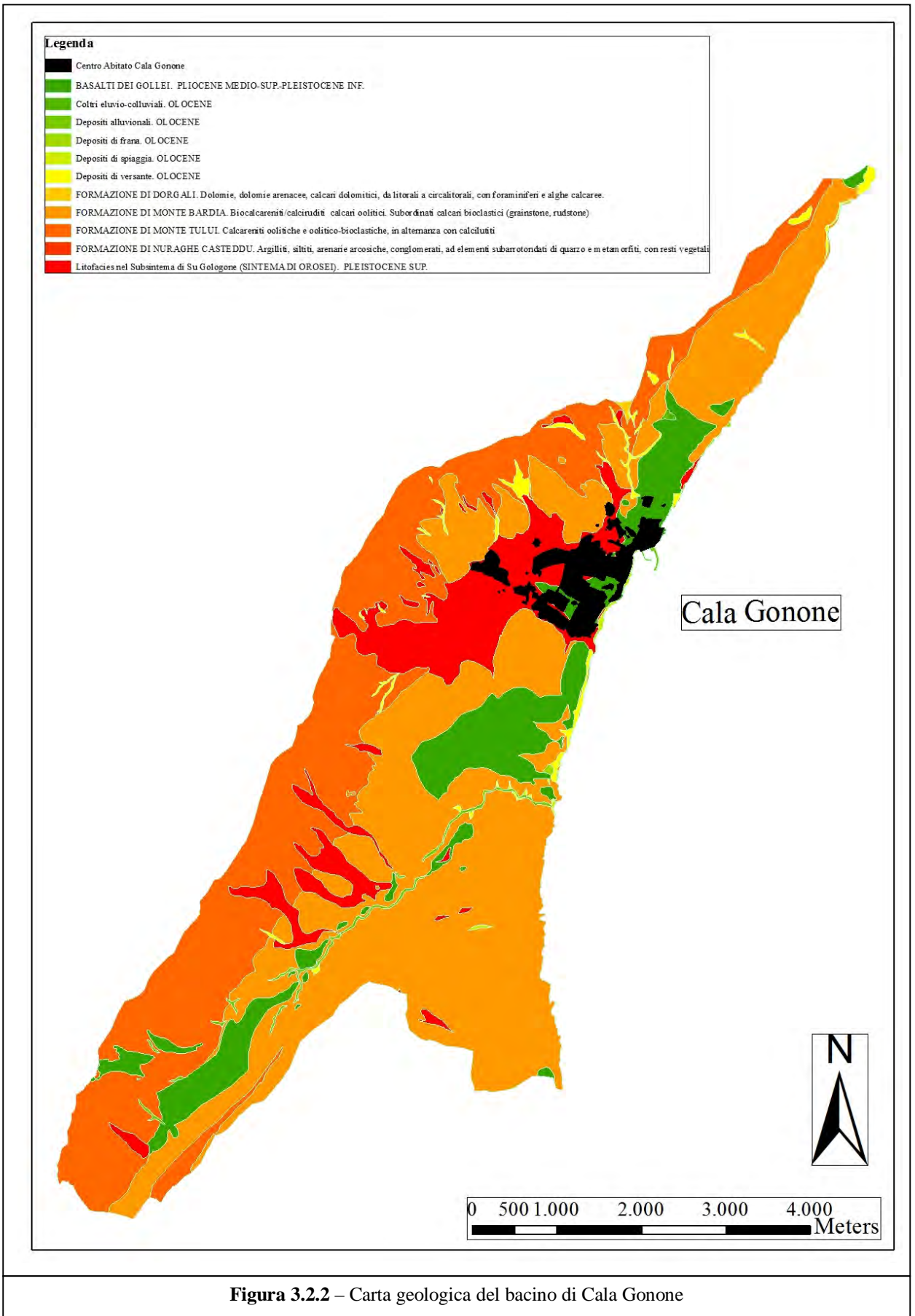
Il rilievo di campagna riguardante la tessitura è stato svolto con il prelievo di campioni di suolo e la successiva determinazione con un metodo empirico. Infatti, sfruttando le caratteristiche riguardanti le sensazioni al tatto delle diverse frazioni costituenti la terra fine (Diametro  $\leq 2$  mm) è stato possibile con metodologie ufficiali (in via di pubblicazione su G.U.), (IPLA, 2006), stabilire con un sufficiente grado di precisione la classe tessiturale del suolo analizzato e adatta alla successiva implementazione sul modello CORINE.

Il modello Corine prevede che il valore della profondità del suolo sia distinto in 3 possibili classi: >50-75 cm con peso 2; 25-50 cm con peso 2,5 e < 25 cm con peso 3.

E' stato accertato il valore della profondità del suolo tramite apposite trivellazioni e/o analisi di profili di terreno.

La pietrosità dei suoli permette di riconoscere le differenze tra pietrosità maggiori o inferiori del 10%. Nel primo caso si è attribuito un peso pari a 1; nel secondo caso un peso pari a 2.

Il rilievo si è basato su una stima a vista utile a determinare le differenze tra suoli con pietrosità maggiori o inferiori del 10%.



**Figura 3.2.2** – Carta geologica del bacino di Cala Gonone

La carta di sintesi riguardante il tematismo pedologico è la carta dell'erodibilità. In questa carta le informazioni relative alla tessitura, profondità e pietrosità del suolo, attribuite per ogni singolo poligono del tematismo geologico, sono state riassunte in un solo valore determinato dal prodotto dei codici relativi ai 3 parametri.

I valori dei pesi moltiplicati sono riclassificati in 4 possibili classi di peso variabile da 0 a 3 con erodibilità crescente (Fig. 3.2.1).

### **Pendenza**

Le informazioni geo-topografiche di base sono state ottenute dal Modello Digitale del Terreno (DEM) su base pixel di 10 metri costruito su una base tematica C.T.R. (Fig. 2.1.6), tramite un'applicazione del GIS, dalla quale è stato possibile estrarre le informazioni riguardanti le percentuali di pendenza.

I valori di pendenza sono stati riclassificati in 4 classi a diverso range e con l'attribuzione di appositi pesi. I valori di pendenza sono quelli < del 5% con peso 1, 5-15% con peso 2, 15-30% con peso 3 e infine >30% con peso 4.

### **Erosività**

Le informazioni riguardanti gli indici climatici (aggressività climatica) sono state ottenute dalla bibliografia esistente (ARPAS, 1990). Nel calcolo dei 2 indici, Fournier e Bagnouls-Gaussen sono richieste:

- le precipitazioni medie mensili;
- le temperature medie mensili.

Le formule matematiche impiegate per il calcolo dei 2 indici sono per l'indice di Fournier modificato:

$$IF = \frac{\sum_{i=1}^{12} P_i^2}{\sum P}$$

e per l'indice di Bagnouls-Gaussen:

$$BGI = \sum_{i=1}^{12} (2T_i - P_i) * K_i$$

dove  $P_i$  è la Piovosità totale media (mm) per l' $i$ -esimo mese;  $P$  è la somma della Piovosità totale media annua;  $T_i$  è la temperatura media dell'aria per l' $i$ -esimo mese  $I$  ( $^{\circ}C$ );  $k_i$  è la proporzione del mese durante il quale  $(2T_i - P_i) > 0$ . I dati di temperatura e di precipitazione sono riferiti a un periodo di 30 anni (1961-1990).

L'indice di Fournier modificato (Chiuchiarelli *et al.*, 2000) stabilisce le classi di variabilità di precipitazione. L'applicazione di tale indice si basa sul principio fondamentale che l'entità dell'erosione è indipendente dalla quantità assoluta ma bensì dall'intensità e dalla frequenza delle precipitazioni e dalla loro variabilità.

L'indice di Bagnouls-Gaussen (indice di aridità) (Chiuchiarelli *et al.*, 2000) stabilisce le classi di aridità climatica. Permette la valutazione della variabilità delle precipitazioni, non tenendo conto di eventuali periodi di aridità durante i quali avvengono intensi temporali.

Il suolo è modificato nelle proprie caratteristiche fisico-meccaniche e la funzione protettiva dovuta alla vegetazione è scarsa per il sopravvenuto stress idrico.

Nel modello Corine le informazioni riguardanti i 2 indici climatici, sono combinate in una carta di sintesi che esprime il tematismo dell'Erosività.

In questa carta le informazioni di variabilità (Indice di Fournier modificato) e di aridità (Bagnouls-Gausson) sono riassunte in un solo valore determinato dal prodotto dei codici riguardanti i 2 parametri.

Il modello Corine prevede che i valori dei pesi moltiplicati siano riclassificati in 3 possibili classi di peso variabile da 1 a 3 con erosività crescente.

### **Copertura**

I pesi assegnati alla copertura vegetale (valore 1 o 2) dal modello CORINE permettono di poter attribuire alla stessa un ruolo migliorativo o al massimo neutrale in relazione all'entità del grado di erosione potenziale, quindi rispetto ai fattori ambientali immutabili (suolo, pendenza, clima).

Il tematismo riguardante la copertura vegetale, sebbene conservi gli stessi pesi (1 e 2) del modello di partenza, è stato attribuito tenendo conto della reale copertura vegetale, rilevata con la foto interpretazione del bacino idrografico in analisi.

Nel presente studio considerando la reale copertura vegetale è stata apportata un'importante modifica al modello CORINE. Abbiamo, infatti, giudicato insufficiente la classificazione della copertura effettuata nel metodo originario CORINE poichè effettuata su basi esclusivamente qualitative.

E', infatti, possibile poter affermare che ad es. sia i terreni pascolivi sia i terreni coltivati, possono fornire entrambe allo stesso modo, un sufficiente grado di copertura del suolo anche in relazione alle diverse fasi fenologiche emergenti della/e colture in atto (Nieddu, pers. com.). La copertura del suolo è un parametro quantitativo che può essere stimato su base areale con classi aventi approssimazione sufficiente e tali da garantire una minore confusione nell'attribuzione del grado di protezione del suolo su base qualitativa. Si è pertanto deciso di attribuire il valore del peso 1 a coperture vegetali superiori al 45% e il peso 2 a valori di copertura inferiori.

La Carta della copertura del suolo è stata pertanto ricavata dalla semplificazione della Carta della vegetazione costruita con la foto interpretazione del bacino idrografico di Cala Gonone (Fig. 2.5.1).

In fase di rilievo cartografico (basata su un rilievo foto interpretativo su ortofoto del 2006 e con successiva verifica in campagna) è stata operata la stima della quantità di copertura espressa in termini percentuali con i seguenti range (Fig. 2.5.2 – Carta delle % di Copertura del suolo):

- 0 – 20 %;
- >20 – 40%;
- >40- 60%;
- >60 – 80%;
- >80 – 100%.

Questa suddivisione è stata utile per identificare il grado di protezione offerto dalle diverse categorie forestali.

### **Pericolo potenziale di erosione**

L'analisi dei diversi fattori rappresentati nelle carte di base è stata svolta con la classificazione e la successiva attribuzione di pesi dal valore crescente in relazione alla maggiore propensione all'erosione.

I valori dei pesi sono compresi tra 0 nel caso di fattori aventi rilevanza nulla, mentre con l'aumentare della grandezza rappresentata, ogni singolo fattore eserciterà una maggiore influenza.

L'analisi sintetica dei tematismi clima, pendenza e suolo ha permesso di costruire la Carta del Pericolo Potenziale di Erosione (EP). In modo particolare, si è proceduto all'operazione di prodotto (map algebra) tra i 3 tematismi di sintesi:

- Carta degli indici Climatici (R);
- Carta delle pendenze (S);
- Carta dell'erodibilità dei suoli (K).

Con la determinazione del Pericolo Potenziale di Erosione si valuta la propensione al rischio di erosione dovuto ai soli fattori ambientali immutabili.

### **Pericolo attuale di erosione**

Dalla combinazione delle informazioni riguardanti gli strati informativi di:

- Pericolo potenziale di erosione (EP);
- Coperture del suolo (V)

è stato possibile ottenere la carta del Pericolo Attuale di erosione (EA) espressa dal prodotto tra EP e V.

Con la carta dell'EA è possibile tenere conto sia dei fattori ambientali immutabili sia del grado di copertura vegetale presente nel distretto. La carta dell'EA esprime un grado di erosione potenziale (EP) che è mitigato o al massimo confermato dalla Copertura vegetale.

### **3.3 Tecniche di indagine: Parcelle sperimentali per il rilievo di suoli e vegetazione**

Per la realizzazione dello studio della presente ricerca è stato fatto ricorso all'impiego di parcelle sperimentali.

La dislocazione, il numero e la superficie delle singole parcelle sperimentali sono stati effettuati in base alle caratteristiche vegetali della zona in analisi.

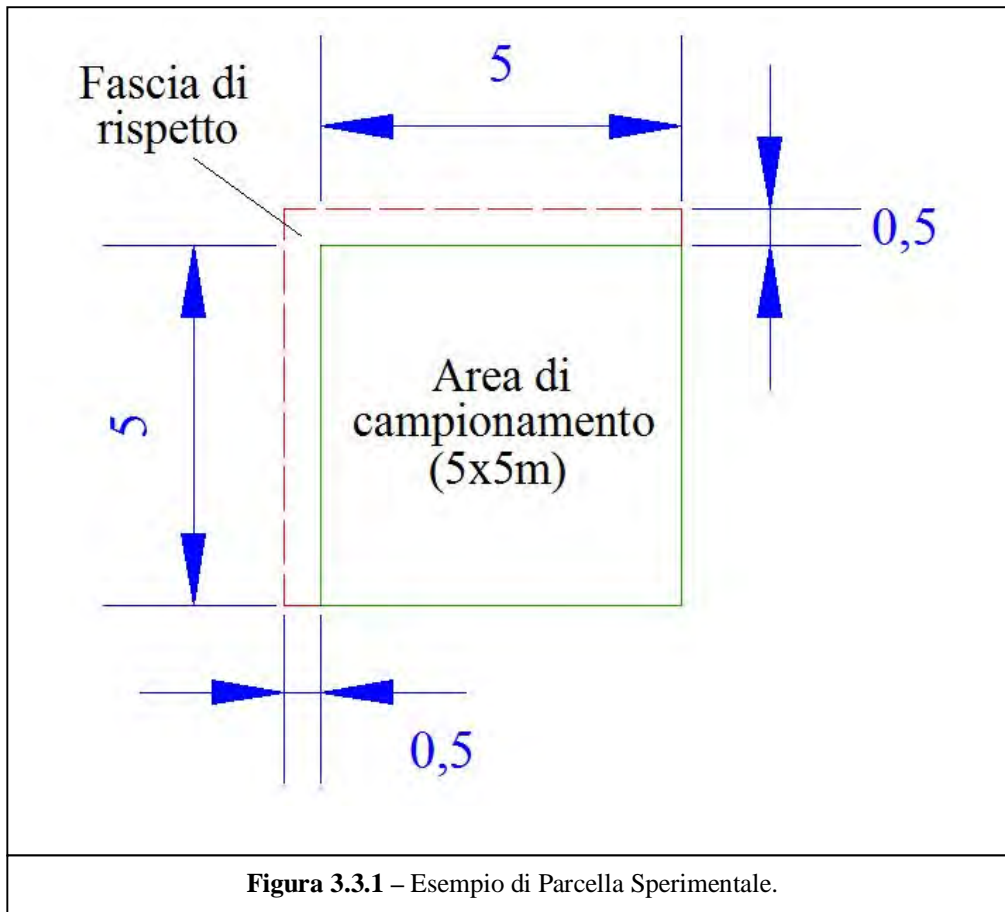
Considerando l'omogeneità strutturale della vegetazione, costituita prevalentemente da un bosco di Leccio, originatosi in buona parte dall'evoluzione all'alto fusto di un ceduo in abbandono colturale, con la presenza di scarsa vegetazione di tipo arbustivo ed erbaceo per via di una forte copertura di tipo arboreo, è stato stabilito che le caratteristiche dei suoli e della vegetazione erano sufficientemente rappresentabili da piccole parcelle di lato 5x5 m.

I rilievi sono stati svolti nel corso del tempo con un'azione di monitoraggio. In particolar modo, i rilievi sono stati effettuati ogni 3 mesi su 8 parcelle sperimentali di lato 5x5 m (Fig. 3.3.1) e individuate con paletti agli spigoli senza recinzione.

In modo particolare 4 parcelle sono state disposte a una quota di circa 400 m s.l.m. (Fig. 3.3.2). Le parcelle sperimentali sono state denominate con le seguenti sigle convenzionali: 1R, 1A, 2R e 2A.

Altre 4 parcelle sono state disposte a una quota più bassa: circa 225 m s.l.m. (Fig. 3.3.2) con denominazione delle seguenti sigle convenzionali: 3R, 3A, 4R e 4A.

La pendenza e l'esposizione delle 8 parcelle sperimentali è descritta nella Tab. 3.3.1.



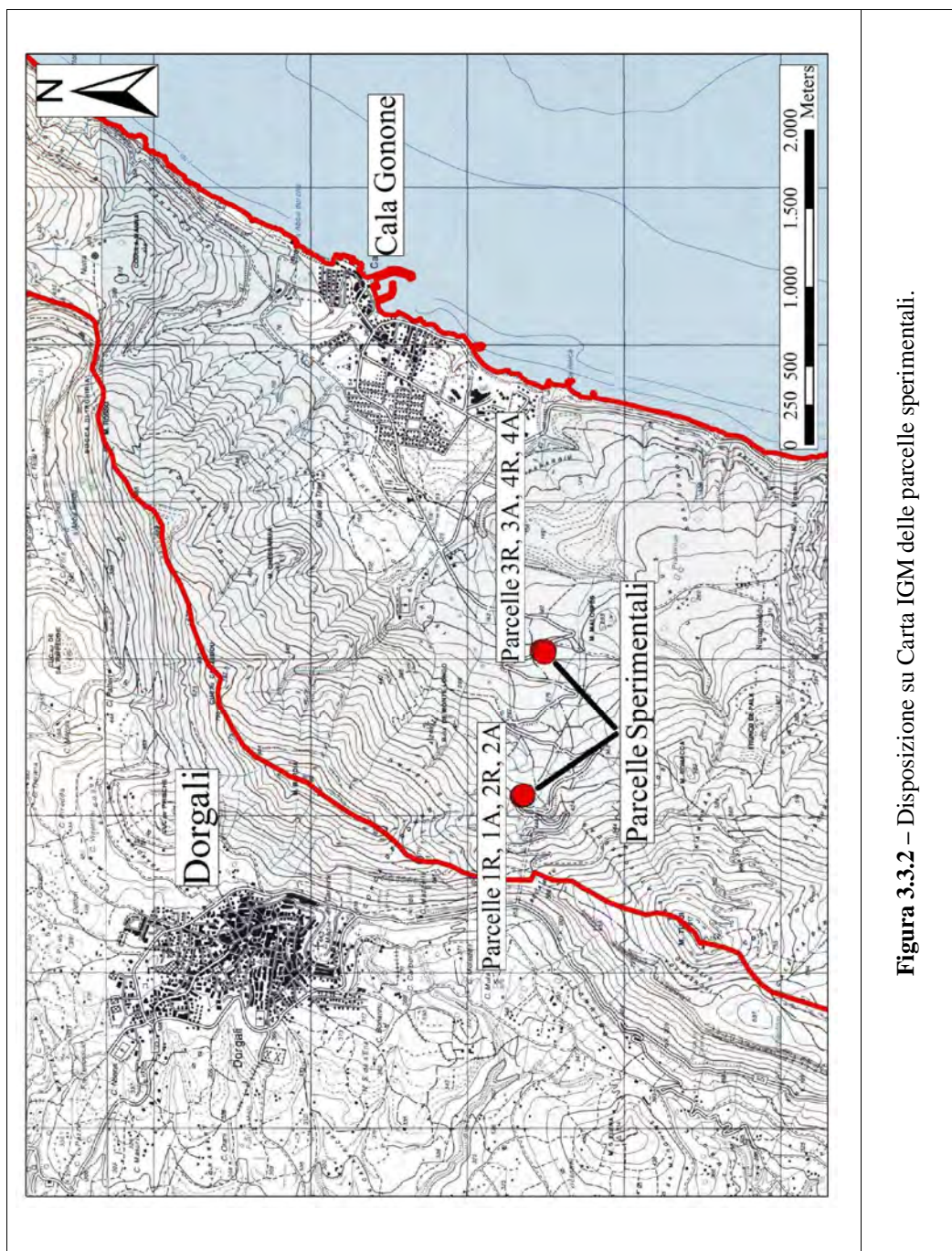


Figura 3.3.2 – Disposizione su Carta IGM delle parcelle sperimentali.

Tabella 3.3.1 – Caratteristiche delle parcelle sperimentali.

N° PARCELLA	PENDENZA (%)	PENDENZA $\mu$ %	ESPOSIZIONE
1R	26,794896	25,87	SUD-EST
1A	26,794896		
2R	26,794896		
2A	23,086799		
3R	17,632683	17,63	EST
3A	17,632683		
4R	17,632683		
4A	17,632683		

I valori della pendenza sono stati rilevati tramite clisimetro e rotella metrica mentre l'esposizione tramite bussola.

Considerando i dati medi della Tab. 3.3.1, si nota che la disposizione delle parcelle sperimentali è stata effettuata su valori di pendenza e di esposizione più frequentemente riscontrabili nel bacino idrografico di Fig. 2.1.6.

### **3.3.1 Tecniche di indagine: RILEVAMENTO DEI SUOLI**

Per la caratterizzazione pedologica di base, relativamente al versante analizzato, si farà riferimento allo studio di profili effettuati in un recente studio (De Riso, 2008) da cui emerge che il principale ordine di suoli riscontrato nelle 2 aree parcellari è quello degli Alfisuoli.

Per quanto riguarda le indagini pedologiche di natura applicativa previste nel seguente lavoro, le stesse si sono svolte attraverso lo studio di alcuni caratteri del suolo in apposite parcelle sperimentali.

In ogni singola parcella di campionamento di 5x5 m di lato si sono svolti dei campionamenti dei suoli presenti, in particolare modo a carico dell'orizzonte organico O. In ogni singola parcella è stata realizzata una suddivisione in 25 quadrati di lato da 1 m (Fig. 3.3.1.1). Nel rilievo e nelle successive elaborazioni dei parametri pedologici di interesse si è deciso di utilizzare un criterio sistematico con la scelta di 8 sub-campioni.

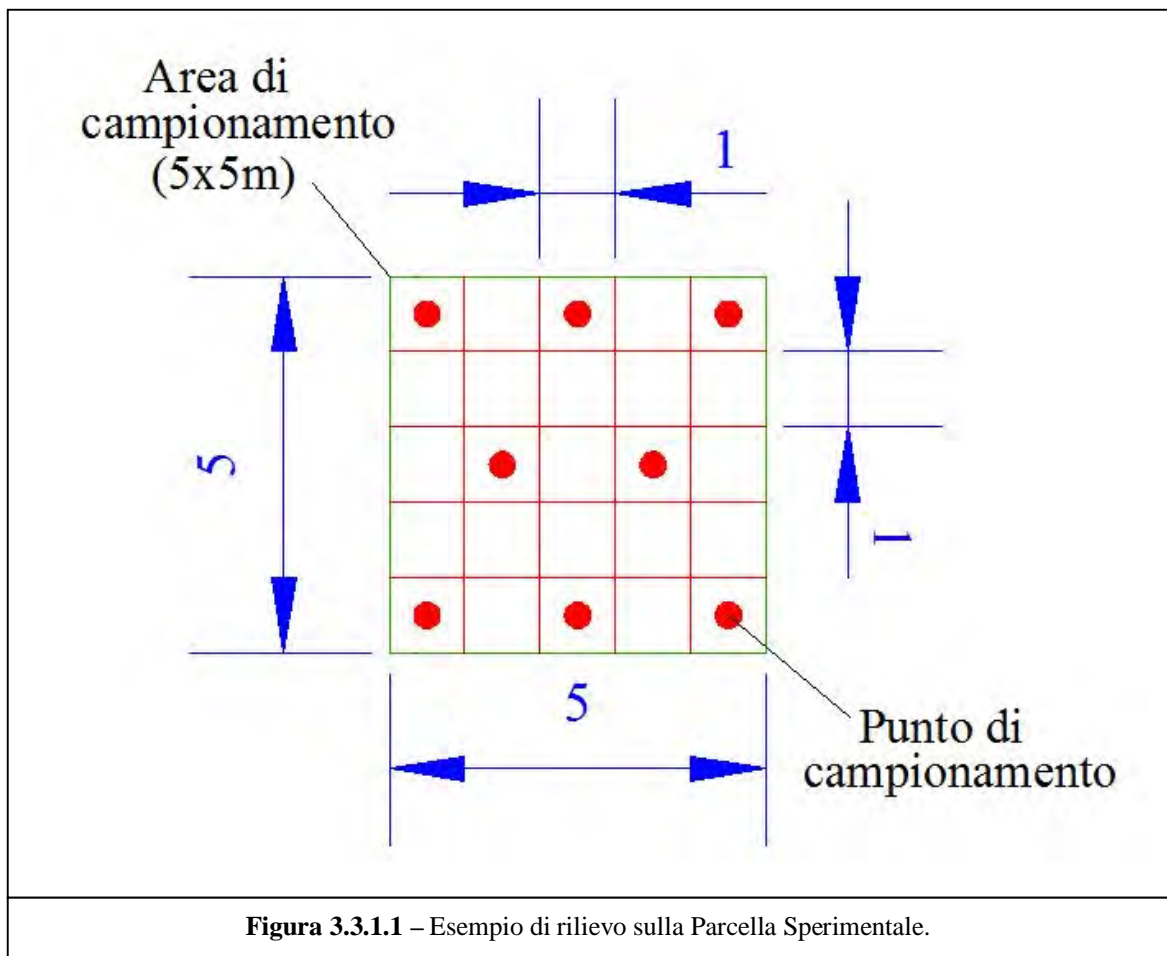
Gli 8 sub-campioni di suolo (orizzonte O nelle 8 sub aree campione) sono stati omogeneizzati tra loro in maniera tale da ottenere un unico campione.

Ogni sub-campione è stato prelevato al di sotto della lettiera indecomposta presente (orizzonte Oi) e a una profondità di pochi cm dalla superficie nuda del suolo.

Per ogni campione (per singola area campione) sono state effettuate le seguenti determinazioni analitiche di laboratorio:

- pH;
- Conducibilità;
- Carbonio organico e Sostanza Organica (S.O.);
- Azoto Totale - (N-Kjeldhal);
- Fosforo Totale;
- Sostanze umiche: Acidi umici (HA);
  - Acidi fulvici (HF);
  - Frazione Carbonio organico non unificata (NH);
  - Carbonio organico Totale (TOC);
  - Carbonio organico Estraiibile (TEC);
- Polifenoli: Polifenoli Totali (PPT);
  - Polifenoli Solubili, o labili (PPs);
  - Frazione Stabile (Umica) Polifenoli (PPh).





**Figura 3.3.1.1** – Esempio di rilievo sulla Parcella Sperimentale.

### 3.3.1.1 Tecniche di indagine: ANALISI CHIMICO-FISICHE

In laboratorio, su ogni campione di suolo prelevato in campo, sono state effettuate alcune analisi chimico-fisiche, svolti secondo i Metodi Ufficiali di Analisi del Suolo (MI.P.A.F., 2000).

I campioni di suolo prelevati nell'area di studio sono stati analizzati presso il laboratorio di Pedologia dell'Università degli Studi di Sassari avente sede a Nuoro. I campioni sono stati sottoposti a essiccazione a temperatura ambiente all'interno di appositi contenitori asciutti e puliti (MI.P.A.F., 2000). I campioni, in seguito alla loro asciugatura e omogeneizzazione, sono stati preparati per la determinazione analitica dei seguenti parametri:

- pH;
- Conducibilità;
- Carbonio organico e Sostanza Organica (S.O.);
- Azoto Totale - (N-Kjeldhal);
- Fosforo Totale;
- Sostanze umiche: Acidi umici (HA);  
Acidi fulvici (HF);

- Frazione Carbonio organico non unificata (NH);
- Carbonio organico Totale (TOC);
- Carbonio organico Estraibile (TEC);
- Polifenoli: Polifenoli Totali (PPT);
  - Polifenoli Solubili, o labili (PPs);
  - Frazione Stabile (Umica) Polifenoli (PPh).

Nei paragrafi che seguono sono descritte in sintesi le metodiche utilizzate per la determinazione dei diversi parametri.

### **pH**

La valutazione della reazione del suolo ne condiziona fortemente le proprietà chimiche, fisiche, biologiche e nutrizionali ed è di norma la prima analisi da condurre in laboratorio.

La reazione del suolo si esprime in unità di pH e rappresenta l'attività chimica degli idrogenioni; è calcolato come il logaritmo negativo della concentrazione degli ioni  $H^+$  nella fase liquida:  $pH = - \log [H^+]$ .

I valori di pH del suolo sono influenzati dalla matrice litologica, dall'andamento dell'evoluzione pedogenetica legata a sua volta all'evoluzione delle condizioni climatiche.

Il pH è fortemente selettivo sia nei confronti delle piante sia nei confronti dei microrganismi edafici. Questi ultimi permettono la decomposizione della sostanza organica e buona parte delle trasformazioni chimiche del suolo.

La prova diretta è quella dell'attività dei batteri e degli attinomiceti, legata a pH alcalino, neutro o debolmente acido (> 6).

In particolare gli azotofissatori (*Rhizobium*, *Azotobacter* ecc.) si presentano in suoli ottimali aventi un pH compreso tra 6,5 e 7,2.

Al contrario, nei terreni acidi con  $pH < 6$ , i funghi dominano nettamente su tutti gli altri organismi che hanno una scarsa tolleranza a condizioni di forte acidità.

Per quanto riguarda le piante superiori, le specie indifferenti sono poche, infatti, la maggior parte delle piante vive in limiti ristretti di pH: ad esempio, con riferimento alla vegetazione mediterranea, si possono distinguere specie acidofile come l'*Erica scoparia* e l'*Erica arborea*, basifile come il *Rosmarinus officinalis* e l'*Erica multiflora*, infine le specie neutrofile come il *Quercus ilex*.

Il pH regola la solubilità dei sali presenti nel terreno e la loro disponibilità per le piante. Ne deriva che il pH ottimale per ogni specie vegetale coincide con la presenza massima disponibile di tutti gli elementi nutritivi.

Considerando che la maggior parte delle piante vive in terreni a reazione neutra o moderatamente alcalina gli stessi sono da considerarsi come tra i più fertili, poiché contengono macro e microelementi in condizioni di massima disponibilità.

I terreni eccessivamente acidi ( $pH < 4$ ) o eccessivamente alcalini ( $pH > 9$ ) sono invece più sfavorevoli alla crescita vegetale.

Con valori elevati di acidità o di basicità i composti del manganese e dell'alluminio, diventano solubili e assimilabili provocando problemi di tossicità (Siani, 2007).

I fattori che concorrono a determinare delle variazioni della reazione del suolo sono vari:

- la presenza di particolari sostanze es.  $\text{FeS}_2$  dove si riscontrano valori di  $\text{pH} < 3$ , oppure con presenza di carbonati il  $\text{pH}$  talvolta può essere  $> 10$  (M.I.P.A.F, 2000);
- l'eterogeneità e la microeterogeneità del sistema: non è infrequente poter verificare che in punti diversi di una stessa zolla, di norma considerata omogenea per i suoi caratteri chimico - fisici, in superfici limitate di  $1 \text{ m}^2$ , si possono verificare delle variazioni notevoli del valore di  $\text{pH}$ ;
- le caratteristiche climatiche stagionali: nel corso dell'inverno, si ha un incremento delle precipitazioni che è seguito dall'acidificazione del suolo dovuta alla lisciviazione delle basi scambiabili:  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$  e  $\text{Na}^+$  e all'occupazione dei siti di scambio di colloidi di ioni idrogeno e specie chimiche monomeriche e polimeriche dell'alluminio e del ferro (Violante, 1989). Generalizzando, sebbene alcuni suoli acidi derivino direttamente da rocce acide, la maggior parte di essi si forma nelle regioni caratterizzate da elevata piovosità mentre nelle regioni aride si rinvergono suoli tendenzialmente basici;
- la vegetazione esercita un'influenza importante sulla reazione del suolo poiché gli apparati radicali asportano un'elevata quantità di elementi alcalini e/o alcalino-terrosi. Chiaramente se sia i prodotti sia i residui vegetali permangono al suolo, il rapporto tra le asportazioni e gli apporti al suolo è pari a 1. Di conseguenza non si hanno delle variazioni del  $\text{pH}$ , mentre se, il prodotto è allontanato dal suolo allora si ha tendenza verso l'acidità (Dazzi, 2005). E' questo il caso verificabile nelle aree agricole o forestali con finalità produttive con l'asporto del prodotto legnoso;
- le tecniche colturali comportano la tendenza dei suoli a un'acidificazione che tanto più accentuata con il regime di coltivazione. Nei suoli non sottoposti a regime di coltivazione, tutti gli elementi nutritivi sottratti dalla vegetazione sono restituiti ai suoli. Nei suoli coltivati, la maggior parte degli elementi nutritivi assimilati dalle piante sono in genere allontanati con i raccolti.

Per ripristinare tali sottrazioni sono sicuramente importanti le concimazioni che influenzano la reazione del suolo per via della loro prevalente azione acida o basica (es. solfato di ammonio o nitrato di calcio) (Dazzi, 2005).

La classificazione dei suoli in funzione del  $\text{pH}$  segue schemi che possono differire leggermente per i limiti di demarcazione delle classi e per la denominazione, ma è sostanzialmente omogenea. Alcune classificazioni sono riportate nella tabella che segue (Tab. 3.3.3.1)

**Tabella 3.3.3.1-** Classificazioni dei terreni in funzione del pH secondo USDA (USDA, 1993) e Sequi (Sequi, 1989).

<b>Sistema di classificazione secondo l'USDA (USDA, 1993)</b>	<b>pH</b>
Estremamente acidi	< 4,5
Molto fortemente acidi	4,5 - 5,0
Moderatamente acidi	5,1 - 6,0
Debolmente acidi	6,1 - 6,5
Neutri	6,6 - 7,3
Debolmente alcalini	7,4 - 7,8
Moderatamente alcalini	7,9 - 8,4
Fortemente alcalini	8,5 - 9,0
Molto fortemente alcalini	> 9,0

<b>Sistema di classificazione secondo il Sequi (Sequi, 1989)</b>	<b>pH</b>
Peracidi	< 5,3
Acidi	5,4 - 5,9
Subacidi	6,0 - 6,7
Neutri	6,8 - 7,2
Subalcalini	7,3 - 8,1
Alcalini	8,2 - 8,8
Peralcalini	> 8,8

I valori di pH più frequentemente riscontrabili nei suoli sono variabili nel campo compreso tra 4,0 e 8,5. In natura è possibile poter riscontrare la presenza di suoli aventi pH < a 3,0 oppure > a 10,0 (Sequi, 1989). In laboratorio, per il presente studio, il pH è stato determinato per via potenziometrica su un campione di suolo setacciato a 2 mm, immergendo l'elettrodo a vetro di un pH-metro in una sospensione suolo-acqua e suolo-sali neutri preceduta dalla calibrazione dell'elettrodo con due soluzioni tampone a pH noto.

Le sospensioni sono state preparate dalla mescolanza delle seguenti componenti:

- suolo-acqua distillata;
- suolo-soluzione di sali neutri cloruro di potassio (KCl);
- suolo-soluzione di sali neutri di cloruro di calcio (CaCl<sub>2</sub>).

Le soluzioni sono state preparate con un rapporto peso campione/volume di acqua distillata, cloruro di potassio (KCl 1 mole/L) e cloruro di calcio (CaCl<sub>2</sub> 0,01 moli/L), pari a 1:2,5. Sono stati pertanto impiegati rispettivamente 10 g di suolo e 25 ml di acqua distillata e di una soluzione di KCl e di CaCl<sub>2</sub>.

Le soluzioni così ottenute sono state agitate per circa due ore e lasciate riposare per alcuni minuti, prima di effettuare la lettura. I risultati sono stati espressi come unità di pH con una cifra decimale.

### **Conducibilità Elettrica**

La conducibilità elettrica è un parametro decisamente importante nel terreno poiché è legato alla sua salinità.

Gli ioni in soluzione acquosa (cationi  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$  e  $\text{Na}^+$  ed anche anioni,  $\text{PO}_4^{2-}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^{3-}$  e altri) conducono corrente elettrica, quindi sfruttando tale proprietà, è possibile poter misurare indirettamente la conducibilità elettrica e quindi valutare la quantità totale di sali solubili presenti nel suolo.

La conducibilità è espressa dal reciproco della resistenza elettrica di  $1 \text{ cm}^3$  di acqua alla temperatura di  $25^\circ\text{C}$ . I vari parametri dai quali essa dipende sono:

- carica e concentrazione degli ioni;
- grado di dissociazione degli ioni;
- temperatura;
- velocità di migrazione degli ioni nel campo elettrico.

La classificazione dell'U.S. Salinity Laboratory Staff definisce i terreni salini e alcalini in base ai determinati valori di conduttività elettrica come da Tab. 3.3.3.2:

**Tabella 3.3.3.2-** Classificazioni dei terreni in funzione della conducibilità elettrica (Sequi, 1989)

<b>Denominazione</b>	<b>conducibilità elettrica estratto (mm*ohm/cm ovvero mS/cm)</b>	<b>pH</b>
Terreno salino	> 4	< 8,5
Terreno alcalino (o sodico)	< 4	> 8,5
Terreno salso-alcalino (o salino-sodico)	> 4	< 8,5

Il metodo utilizzato nel presente studio per la determinazione di questo parametro consiste nella lettura diretta nel conduttimetro del valore della conducibilità elettrica specifica in estratti acquosi di suolo preparati con un rapporto peso campione/volume di acqua distillata pari a 1:2 (25 g di suolo e 50 ml di acqua distillata).

Il campione di suolo è stato preliminarmente setacciato a 2 mm mentre la soluzione ottenuta è stata sottoposta ad agitazione per 2 h. In seguito ad un periodo di riposo di 24 h, è stata sottoposta a filtrazione. In seguito è stata effettuata la lettura utilizzando un conduttimetro ove i risultati sono stati espressi in  $\mu\text{S}/\text{cm}$  con una cifra decimale.

### **Carbonio Organico e Sostanza Organica**

Nel suolo la sostanza organica (S.O.) svolge diverse e importanti funzioni:

- può avere un ruolo notevole nella pedogenesi e influenzare in misura determinante molte proprietà chimiche, fisiche e biologiche del suolo (M.I.P.A.F, 2000);
- è la principale riserva di nutrienti quali azoto e fosforo, favorendo il mantenimento in forma assimilabile di alcuni metalli (ferro);

- contribuisce a determinare la capacità di scambio cationico;
- contribuisce a determinare la capacità tampone in seguito a cambiamenti di pH;
- svolge una positiva influenza sulla stabilità della struttura e al mantenimento di buone condizioni di permeabilità e areazione.

La frazione argillosa è il fattore che, a parità di condizioni climatiche, influisce maggiormente nel determinare il contenuto di S.O. del suolo. L'argilla protegge chimicamente e fisicamente i costituenti organici parzialmente decomposti e quelli labili, rallentandone la decomposizione (M.I.P.A.F., 2000).

In genere il contenuto di S.O. è determinato in base al contenuto di carbonio organico presente nel terreno. L'analisi è stata eseguita utilizzando campioni di suolo setacciato a 0,5 mm. È stato utilizzato il metodo di ossidazione per via umida "Walkley e Black". Questo metodo si basa sul principio di ossidazione della S.O. contenuta nel campione, con l'impiego del potassio bicromato (0,167 moli/L di  $K_2Cr_2O_7$  con quantità di 10 ml) con acido solforico concentrato ( $H_2SO_4$  – quantità 20 ml), alla temperatura raggiunta in conseguenza della repentina diluizione dell'acido solforico che incrementa la velocità di reazione.

Nello svolgimento dell'analisi si è tenuto conto dell'eventuale presenza dei cloruri, che avrebbero potuto influenzare negativamente i risultati dell'analisi. Per questo motivo è stata aggiunta alla soluzione una quantità ridotta di argento solfato ( $Ag_2SO_4$ ) permettendo l'eliminazione degli eventuali cloruri con la precipitazione dell'argento cloruro ( $AgCl$ ).

Dopo 30 minuti, la reazione di ossidazione è stata bloccata tramite l'aggiunta di acqua distillata. La quantità di potassio bicromato che non ha reagito è stata determinata per titolazione volumetrica con una soluzione di ferro II solfato eptaidrato ( $FeSO_4 \times 7 H_2O$  0.5 moli/L), utilizzando acido fosforico ( $H_3PO_4$  – quantità 5 ml) e un indicatore ox-red, fino al viraggio dal blu al verde, che ha consentito la quantificazione della sostanza organica presente nel campione.

Il contenuto di Carbonio organico è stato espresso in g/Kg con una cifra decimale;

quello di S.O. è stato stimato moltiplicando la concentrazione del carbonio organico per un fattore di conversione pari a 1,724 (fattore di Van Bemmelen).

La definizione del quantitativo di S.O. con tale metodo è basato sul fatto che il carbonio rappresenta mediamente il 58% della composizione elementare della S.O. del suolo.

La ricerca scientifica ha permesso la definizione di diversi valori dei fattori di conversione; Broadbent (1953) ha proposto il fattore 1,9 per i suoli superficiali e del fattore 2,5 per gli orizzonti profondi.

Tuttavia, il fattore 1,724 è ancora oggi quello maggiormente impiegato (M.I.P.A.F., 2000).

### **Azoto totale**

L'analisi dell'azoto totale (N) permette di quantificare le frazioni di N organiche e ammoniacali presenti nel suolo.

Il termine "N totale" è improprio perché in realtà non esprime la quantità di nitrati e nitriti, le forme ossidate di N, che quindi rappresentano le forme disponibili e quelle fissate dai fillosilicati. L'N nel suolo è, infatti, presente in varie forme, ma solo due risultano assimilabili dalle piante: la forma nitrica e quella ammoniacale. La forma nitrica è libera nella fase liquida e prontamente disponibile mentre la forma

ammoniacale è più lentamente disponibile ed è adsorbita sul complesso di scambio e in equilibrio con una piccola parte presente in soluzione.

L'N totale è stato determinato pesando 2,5 g di suolo setacciato a 2 mm utilizzando il procedimento di ossidazione per via umida "Kjeldahl". Con tale metodo è prevista la trasformazione dell'N organico presente nel campione in N ammoniacale realizzata con attacco di acido solforico concentrato ( $H_2SO_4$ ) e perossido di idrogeno ( $H_2O_2$ ).

Con il metodo "Kjeldahl" il contenuto di N risultante varia tra i seguenti valori (M.I.P.A.F., 2000):

- suoli coltivati tra 0,8 e 2 g/kg;
- suoli a prato permanente tra 3,5 e 5 g/kg;
- suoli sotto copertura di foresta di latifoglie tra 3 e 12 g/kg.

La prima operazione da compiere sul campione di suolo è lo svolgimento di pretrattamenti utili alla rimozione della S.O.. Si pesano 2,5 g del setacciato a 2 mm che poi sarà trattato con una soluzione di perossido di idrogeno ( $H_2O_2$ ); in seguito verrà posto in piastra a circa 90° C. Il contatto con il perossido di idrogeno produce effervescenza dovuta alla distruzione della S.O.. Quest'ultima continua a manifestarsi anche nelle successive aggiunte ma con intensità decrescente fino alla totale assenza (indice dell'avvenuta distruzione della S.O.). Dopo il raffreddamento al campione si aggiungono 11 ml di acido solforico concentrato ( $H_2SO_4$ ) e la soluzione è fatta raffreddare.

In seguito il campione è trasferito in un matraccio tarato da 250 ml mediante ripetuti lavaggi con acqua distillata della beuta contenente la soluzione iniziale.

Dopo la sedimentazione del campione nel matraccio, l'N ammoniacale è stato successivamente distillato in ambiente alcalino (prelevando 200 ml della soluzione contenuta nel matraccio tarato e aggiungendo idrossido di sodio - NaOH) e assorbito in soluzione a titolo noto di acido solforico ( $H_2SO_4$  0,01 moli/L quantità 50 ml). L'eccesso è stato poi titolato con idrossido di sodio (NaOH 0,02 moli/L). Quale indicatore acido-base è stato utilizzato il verde di bromocresolo e rosso di metile fino al viraggio dal rosa al verde. I risultati sono stati espressi in g/Kg con una cifra decimale.

### **Rapporto C/N**

Avendo a disposizione i dati del C e dell'N è stato inoltre determinato il rapporto C/N. Questo rapporto (Violante, 1996) fornisce un'utile indicazione della tendenza alla mineralizzazione dei residui organici operata dalle comunità presenti nel suolo.

Data la costanza del contenuto di C presente nei tessuti vegetali e animali, il valore del rapporto C/N è inversamente proporzionale al contenuto di N.

L'attività microbica è elevata in relazione all'elevata disponibilità di N, di conseguenza saranno maggiormente oggetto di una più completa azione di decomposizione i materiali organici nei quali è basso il rapporto C/N.

In modo particolare i residui aventi rapporto C/N inferiore a 20 presentano un quantitativo di N organico utile a soddisfare le necessità delle entità biotiche e successivamente ad un'attiva mineralizzazione le esigenze nutritive dei vegetali.

I materiali organici aventi un rapporto C/N maggiore di 30 non forniscono adeguate quantità di N e quindi costringono i m.o. a utilizzare nella produzione di biomassa tutte le forme azotate ( $\text{NH}_4^+$ ;  $\text{NO}_3^-$ ) presenti nel suolo, inducendo delle difficoltà temporanee nella nutrizione delle piante.

Le sostanze umiche invece anche se presentano quantità assolute di C e di N variabili, hanno rispetto ai diversi ambienti climatici, dei valori del rapporto C/N sostanzialmente costanti.

Tale comportamento è dovuto alla presenza di condizioni di equilibrio dovute al bilanciamento delle perdite del C e dell'N e questo al pari della lenta decomposizione delle macromolecole umiche. Di conseguenza nei suoli incolti e coltivati delle zone climatiche umide il rapporto C/N tende a stabilizzarsi nell'intorno dei valori compresi tra 10 e 12.

### **Fosforo totale**

Nel suolo il fosforo (P) è presente principalmente come ortofosfato e in forma sia organica sia inorganica. Il contenuto totale nel suolo è sostanzialmente ridotto e compreso generalmente tra 0,2 e 5 g/kg (M.I.P.A.F., 2000).

La natura del P nel suolo è sia naturale sia artificiale poiché nel primo caso è legata alla presenza di composti organici derivanti dalla degradazione dei vegetali e degli animali o anche derivante dalla lisciviazione e la dissoluzione delle rocce sia antropica, dovuta all'impiego di fertilizzanti a base minerale.

In relazione all'aspetto nutritivo dei vegetali, i fosfati sono compresi in tre frazioni aventi equilibrio dinamico tra loro (M.I.P.A.F., 2000) e sono dati dai fosfati solubili (presenti in fase liquida), dai fosfati in forma labile (adsorbiti sugli scambiatori del suolo e in equilibrio con i fosfati solubili), infine i fosfati in forma non labile (fosfati insolubili che solo molto lentamente possono essere rilasciati in forma labile, es. apatiti).

La quantità dei fosfati presenti in forma labile, la concentrazione di quelli in fase liquida e la capacità tampone del suolo, regolante l'equilibrio esistente tra il P della fase solida e la fase liquida, sono i tra i principali fattori che permettono di definire la disponibilità del P per le piante (M.I.P.A.F., 2000).

Più precisamente l'assorbimento dei fosfati è legata al grado di reazione del suolo tanto che con valori di pH neutro si ha la massima solubilità mentre a pH sia superiori sia inferiori si verificano dei fenomeni di precipitazione che comportano la non assimilabilità del P dalle piante.

La determinazione del P totale richiede l'ossidazione dei costituenti organici e la solubilizzazione dei minerali. Il trattamento del campione di suolo avviene con i seguenti composti: acido solforico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), perossido di idrogeno ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) e acido fluoridrico (HF).

Il contenuto di P è stato determinato tramite spettrofotometria con il metodo dell'acido ascorbico.

Un campione di 0,5 g è stato setacciato a 0,2 mm, trattato con 0,5 ml di acido solforico concentrato ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) e aggiunti in successione quantità di 0,5 ml e di 3 ml di perossido di idrogeno ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) facilitando la reazione di ossidazione con un'energica agitazione. Le successive aggiunte prevedono quantità successive di 0,5 ml fino a 1 ml di acido fluoridrico (HF). Per eliminare l'eccesso di  $\text{H}_2\text{O}_2$  la miscela è stata sottoposta a riscaldamento su una piastra a  $50^\circ\text{C}$  per circa 12 minuti.

Dopo il necessario raffreddamento il campione è stato trasferito in matraccio tarato con capacità di 50 ml e portato a volume con acqua distillata.



Dai matracci è prelevata una porzione della soluzione limpida e trasferita in matracci tarati di 50 ml per permettere la diluizione del campione.

Alla nuova soluzione sono state aggiunte alcune gocce dell'indicatore *p*-nitrofenolo 0,25% (ottenuto preparato tramite scioglimento, in un matraccio da 100 ml, 0,25 mg di *p*-nitrofenolo ( $\text{NO}_2\text{C}_6\text{H}_4\text{OH}$ ) e portato a volume con acqua distillata), e procedendo con la successiva aggiunta goccia a goccia di una quantità variabile di idrossido di sodio ( $\text{NaOH}$  5 m/L) fino a viraggio al colore giallo.

La determinazione si conclude con l'aggiunta di 8 ml del reagente solfo molibdico (preparato tramite la miscelazione di 50 ml della soluzione acido solforico -  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (2,5 moli/L), 15 ml della soluzione di ammonio molibdato [ $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ] (40 g/L), 30 ml della soluzione di acido ascorbico  $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$  (0,1 moli/L) e 5 ml della soluzione di antimonio potassio tartrato [ $\text{K}(\text{SbO}) \cdot \text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$ ] (1 mg di Sb/ml)) e portato a volume con acqua distillata.

Dopo 10 minuti il contenuto di P totale è stato determinato tramite via spettrofotometrica (la lunghezza d'onda di 720 nm vs bianco). È stato impiegato uno spettrofotometro UV-Vis modello "Perkin Elmer Lambda Bio 20".

Il P è stato dosato per via spettrofotometrica mediante sviluppo del complesso fosfomolibdico ridotto con acido ascorbico. Il complesso presenta colore blu (blu molibdeno fosforato) e la sua intensità è proporzionale alla relativa quantità di P. I risultati finali sono stati espressi in mg/kg con l'approssimazione a una cifra decimale.

### **Sostanze Umiche**

Nella S.O. del suolo si distinguono due componenti principali: le sostanze organiche non umificate e le sostanze umiche.

Queste ultime costituiscono la frazione più stabile della S.O. e inoltre una delle più importanti frazioni utili per gli effetti diretti e indiretti alla disponibilità dei nutrienti e l'organizzazione della struttura del suolo (Tate, 1992).

Le sostanze umiche sono inoltre distinte in acidi umici e acidi fulvici che costituiscono la frazione di sostanza organica più importante per la fertilità dei suoli.

Le sostanze umiche costituiscono il 65% della S.O. del suolo e sono il prodotto di processi di re-sintesi (umificazione) dei prodotti della decomposizione chimica e biologica di biomasse provenienti dalle spoglie e dalle emissioni di organismi vegetali e animali (Stevenson, 1994).

La caratterizzazione della struttura, delle proprietà chimiche e chimico-fisiche delle sostanze umiche richiede l'isolamento e la separazione dalla frazione inorganica del suolo.

I metodi di estrazione delle sostanze umiche del terreno utilizzati fino ad oggi sono numerosi.

Le sostanze umiche si possono estrarre mediante l'uso di diversi tipi di estraenti: sali neutri; sali di acidi organici a basi forti e acidi forti; solventi organici a diversa polarità.

Ogni estraente consente una diversa modalità di estrazione. Per convenzione le sostanze umiche sono estratte in idrossido di sodio (base forte), poiché è l'estraente con resa più elevata (80%).

L'idrossido di sodio è utilizzato contemporaneamente al pirofosfato ( $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ ) che svolge azione chelante e favorisce la dispersione e la resa di materiale da estrarre.

La soluzione permette la dissociazione dei gruppi funzionali acidi e la sostituzione di cationi bivalenti e trivalenti con ioni sodio (M.I.P.A.F., 2000).

Nel presente studio sono stati utilizzati l'idrossido di sodio e il pirofosfato. La metodologia adottata è quella di Ciavatta (Ciavatta et al., 1990) che permette l'estrazione delle seguenti componenti:

- Carbonio organico estraibile (TEC)
- sostanze umiche (acidi umici - HA - e acidi fulvici - HF)
- sostanze non umiche (NH: proteine, polisaccaridi, resine, lignine ecc.)

L'estraente mostra un limite: è in grado di solubilizzare le sostanze non umiche (NH), in particolare carboidrati e aminoacidi provenienti da residui vegetali e animali solo parzialmente decomposti. Per questo motivo è importante separare la frazione non umica da quella umica, acidi umici e acidi fulvici (HA + HF) tramite il passaggio della soluzione su resina costituita da Polyvinilpirrolidone (PVP).

Dopo la separazione per precipitazione gli acidi umici, la frazione degli acidi fulvici, costituita da sostanze di natura polifenolica, è trattenuta dalla resina in ambiente acido, per formazione di legami a idrogeno con i gruppi fenolici. Invece le sostanze non fenoliche restano in soluzione e possono essere allontanate. Successivamente gli acidi fulvici adsorbiti vengono eluiti con una soluzione di idrossido di sodio (NaOH) che comporta la distruzione dei legami a idrogeno per ionizzazione a pH elevato dei gruppi fenolici (M.I.P.A.F., 2000).

I risultati analitici ottenuti, sono stati poi utilizzati per il calcolo di alcuni parametri dell'umificazione, utili a definire le caratteristiche di stabilità e la dinamica della sostanza organica:

- Indice di umificazione - HI: è il rapporto tra il contenuto di carbonio organico non umico (NH) e umico (HA+FA):

$$HI = \left( \frac{NH}{HA + HF} \right)$$

Tale indice è tanto più basso quanto più ridotti sono i processi di umificazione rispetto ai processi di mineralizzazione ed è generalmente elevato in suoli con monocoltura (0,7-0,8); nei suoli con copertura più stabile quali il prato permanente o il bosco si hanno valori intermedi (0,4); il valore è ancora più basso per le torbe (0,2 a 0,3) fino a valori prossimi a 0 in depositi organici fossili quali le leonarditi (Giardon et al., 1992; M.I.P.A.F., 2000) ovvero in presenza di estratti molto umificati (Sidari et al., 2005).

- Grado di umificazione - DH (%): è il rapporto tra il contenuto di carbonio organico umico (HA+FA) e di carbonio organico estraibile:

$$DH = \frac{[100x(HA + HF)]}{TEC}$$

E' un parametro di tipo quali-quantitativo ed è correlato direttamente alla quantità delle sostanze umiche estratte (Ciavatta et al., 1990; M.I.P.A.F., 2000). Assume valore pari a 100% quando il Carbonio organico estratto è completamente umificato (Sidari et al., 2005).

- Tasso di umificazione - HR (%): dato dal rapporto tra il contenuto di Carbonio organico umico (HA+FA) e di Carbonio organico totale presente nel suolo (Ciavatta et al., 1990):

$$HR = \frac{[100x(HA + HF)]}{TOC}$$

È un parametro quantitativo ed è proporzionale allo stato di umificazione della S.O. (Gigliotti et al., 1999). E' un parametro estremamente importante per la valutazione del grado di stabilizzazione della S.O. nei concimi e negli ammendanti organici mentre assume un significato più sfumato quando applicato al suolo, dove una parte delle sostanze umiche si trova sotto forma di umina, frazione non estraibile (M.I.P.A.F., 2000).

Il Livello totale di umificazione - HU (%) è stato invece calcolato in base alla relazione proposta da Dell'Abate (Dell'Abate et al., 2002):

$$HU = \frac{[100x(HA + HF) + (TOC - TEC)]}{TOC}$$

Per la preparazione delle colonne filtranti sono state utilizzate delle siringhe di materiale plastico da 10 ml. L'ago ipodermico è stato sostituito da un tubicino di gomma chiuso da una pinza. Sul fondo della siringa è stato posto un sottile strato di cotone pressato; su tale strato è stata versata una resina precedentemente preparata utilizzando Polyvinilpirrolidone (PVP).

Per la preparazione della resina sono stati pesati in un cilindro di vetro 50 g di Polyvinilpirrolidone (PVP) trattati con tre lavaggi con acqua distillata.

Ad ogni lavaggio la miscela è stata agitata e dopo la decantazione, sono state eliminate le frazioni più fini presenti in sospensione.

Inseguito all'ultimo lavaggio la resina è stata trattata con una soluzione di acido solforico ( $H_2SO_4$  0,005 moli/l) permettendone l'acidificazione. La resina in ambiente acido permette di legare i gruppi fenolici con dei ponti idrogeno presenti esclusivamente sulla frazione degli acidi fulvici. In questo modo le sostanze non umiche vengono eliminate insieme all'acido solforico.

Sono stati pesati, in provette di polietilene da 110 ml, 10 g suolo setacciato a 2 mm ai quali sono stati aggiunti 50 ml di una soluzione di idrossido di sodio (NaOH 0,1 M) e 50 ml di una soluzione di pirofosfato ( $Na_4P_2O_7$  0,1 M).

Il campione è stato tenuto sotto agitazione per 2 ore e successivamente centrifugato per 30 minuti a 9000 giri per 30 minuti. Il surnatante è stato filtrato con filtri a membrana da 0.45  $\mu m$  (Whatman® 42) e

raccolto in un becker da 100 ml, mentre il solido è stato scartato. Il filtrato è il Carbonio Organico Estraiabile (TEC).

Dal TEC sono stati prelevati 25 ml, trasferiti in provetta Falcon da centrifuga da 50 ml, e acidificati con acido solforico ( $H_2SO_4$  al 50%) fino a raggiungere un pH inferiore a 2. Il campione è stato lasciato a riposo per 2 ore (per permettere la formazione di un precipitato costituito dagli acidi umici) e successivamente centrifugato a 5.000 giri per 20 minuti. Dopo la centrifugazione del surnatante, ove sono presenti gli acidi fulvici e sostanze non umiche, è stato separato dal solido rimasto sul fondo della provetta.

Il solido è stato riportato in soluzione mediante trattamento con idrossido di sodio (NaOH 0,5 M) e trasferito in un matraccio tarato da 25 ml e portato a volume sempre con idrossido di sodio. Tale soluzione costituisce la frazione umica, in particolare gli Acidi Umici (HA), poi utilizzata per la determinazione tramite titolazione volumetrica.

Il surnatante, contenente sia le sostanze non umiche, sia gli acidi fulvici è stato fatto passare nella colonna contenente la resina acidificata con acido solforico ( $H_2SO_4$  0,005 M) e raccolto in un matraccio tarato da 50 ml.

In questo modo gli acidi fulvici sono trattenuti dalla resina che, a pH acido, ha una forte affinità per i gruppi fenolici mentre le sostanze non umiche, non presentando gruppi fenolici, passano attraverso i pori della resina ed eluiscono prima.

In questo modo vengono purificati gli acidi fulvici dalle sostanze non umiche. Dopo aver fatto passare tutta la soluzione, la colonna è stata eluita con acido solforico ( $H_2SO_4$  0,005 M) e infine la frazione raccolta nel matraccio tarato da 50 ml è stata portata a volume ancora con acido solforico. Quest'ultima è la frazione delle Sostanze non Umiche (NH).

Recuperata la frazione di NH, la colonna è stata eluita con idrossido di sodio (NaOH 0,5 M) raccogliendo l'estratto in un matraccio tarato da 50 ml, tale trattamento consente l'estrazione degli acidi fulvici trattenuti nel precedente passaggio dalla resina, determinando la rottura dei legami idrogeno.

Dopo il recupero di questa frazione il contenuto del matraccio è stato portato a volume con idrossido di sodio. Questa soluzione è costituita dagli Acidi Fulvici (HF).

Alla fine la resina in colonna è stata acidificata con acido solforico ( $H_2SO_4$  0,005 M).

La determinazione analitica mediante titolazione volumetrica ha previsto che di tutte le frazioni ottenute, TEC, HA, NH e HF è stato determinato il contenuto di carbonio organico (M.I.P.A.F., 2000, ossidazione per via umida "Walkley e Black").

### **Polifenoli**

Le sostanze polifenoliche rappresentano una componente molto importante della S.O. del suolo (Stevenson & Fitch, 1986, McKeague et al., 1986; Stevenson, 1982); sono presenti in concentrazioni elevate sia nel suolo (Wang & Yang, 1965; Whitehead, 1964) sia nei tessuti vegetali (Karrer, 1958), sia nei microrganismi (Shibata et al., 1964) e anche negli effluenti di natura industriale (Semenchenko & Kaplin, 1967).

Questi composti presentano più di un gruppo fenolico per molecola (Rubino, 2006). Nel suolo i polifenoli si distinguono in due diverse componenti: la componente labile costituita da forme solubili e da forme

reversibili alla matrice (componente solubile o labile PPs) e la componente stabile avente elevata affinità con la matrice con la quale interagisce in maniera non reversibile (componente stabile PPh).

L'origine dei polifenoli deriva sia dalla decomposizione dei residui vegetali sia dalla sintesi microbica (Frimmel & Christman, 1988; Hartlry & Whitehead, 1985; Haslam, 1988), tuttavia non è ancora del tutto chiaro il ruolo che essi assumono quali fonti di acidi polifenolici nei suoli e che potrebbe invece avere un peso variabile in relazione alle variazioni delle diverse condizioni pedoambientali (Stevenson, 1982).

I polifenoli mostrano notevole potere complessante, elevata mobilità e reattività chimica nei confronti dei colloidi. Per queste proprietà gli stessi sono coinvolti in diversi processi pedogenetici (Rubino et al., 2005).

Nel suolo i composti fenolici possono essere subire una serie di processi di decomposizione (liberazione di CO<sub>2</sub> e H<sub>2</sub>O) o anche di polimerizzazione con formazione di sostanze umiche relativamente stabili (Hartlry & Whitehead, 1985).

Relativamente ai residui vegetali, diversi acidi fenolici sono stati individuati nelle piante (materiali parentali) ad es. alcuni di essi sono ampiamente diffusi tra le angiosperme (Rubino, 2006) e nelle pareti cellulari delle graminacee sono presenti con contenuti variabili dall'1 al 3% in peso (Kato et al. 1983) tanto che è possibile poter supporre che un sostanziale apporto di questi composti nel suolo, derivi proprio dalla parziale decomposizione delle stesse pareti (Hartlry & Whitehead, 1985).

Altra fonte di composti polifenolici è quella derivante dalle deiezioni animali (Garraway & Ramirez, 1982; Martin, 1982a; 1982b; Williams, 1964) e dalle acque di vegetazione in cui sono presenti (Fiestas, Borja, 1992).

Tra i composti polifenolici meritano particolare attenzione i "tannini", ampiamente diffusi in tutti gli organismi vegetali (legno e più in generale nei tessuti morti, nei frutti immaturi, nelle radici). Sono considerati prodotti metabolici secondari in quanto non è stato ancora definito completamente il loro ruolo e le funzioni che essi svolgono nei vegetali, (Haslam, 1981; 1988; Lotti, 1985).

Nella componente microbica la sintesi dei polifenoli è stata dimostrata da uno studio condotto da Haider & Martin (Haider & Martin, 1967). E' stato osservato che la capacità di sintetizzare composti aromatici partendo da fonti di carbonio non aromatiche è superiore nei funghi e negli attinomiceti rispetto ai batteri (Stevenson, 1982).

Per l'estrazione dei Polifenoli è stata utilizzata la metodologia descritta da Lowe (Lowe, 1993) e da Rubino (Rubino et al. 2006).

La procedura necessita di una retta di taratura ottenuta impiegando una soluzione a titolo noto di acido vanillico (100 mg/l). Sono stati prelevati e trasferiti in ognuno di 9 matracci tarati da 50 ml, 6 ml di una soluzione di carbonato di sodio [Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 20% (w/v)] e 2 ml di Folin-Ciocalteu's phenol.

Alla soluzione è stato poi aggiunto l'acido vanillico (concentrazioni di 1, 1,5, 2, 2,5, e 2, 4, 6, 8, 10 mg/l) con il primo tratto della retta di taratura di 0,5, 0,75, 1,0, 1,25 ml mentre per il secondo tratto di 1,0, 2,0, 3,0, 4,0, 5,0 ml.

Dopo aver portato a volume con acqua distillata, agitato i matracci, e dopo 1 ora di attesa è stata effettuata la lettura spettrofotometrica (lunghezza d'onda di 720 nm contro bianco analitico). E' stato impiegato uno spettrofotometro UV-Vis modello "Perkin Elmer Lambda bio 20". I risultati sono stati espressi in g/kg con l'approssimazione di due cifre decimali.

Sono state pesate le seguenti quantità di suolo setacciato a 0,5 mm:

- 5 g per la determinazione dei “*polifenoli solubili o labili*” (PPs) estratti in acqua distillata;
- 1 g per determinazione dei “*polifenoli totali*” (PPt) estratti in idrossido di sodio (NaOH 0,1 mol/L) costituiti dalle frazioni solubili e da quelle associate alle sostanze umiche.

Ai suddetti campioni sono state aggiunte le seguenti quantità di 50 mL di acqua distillata, per la determinazione dei polifenoli solubili o labili e di 50 mL di idrossido di sodio (NaOH 0,1 mol/L) per la determinazione dei polifenoli totali.

Le sospensioni sono in seguito state agitate per 4 ore mediante agitatore e centrifugate a 3000 giri/min per 5 min. In seguito si è proceduto alla filtrazione con filtri a membrana da 0.45 µm (Whatman® 42). Il filtrato è stato poi trasferito in provette da centrifuga da 100 ml.

In seguito alla centrifugazione e al filtraggio della sospensione, è stato ottenuto un surnatante limpido dal quale sono stati prelevati e trasferiti in matracci di capacità di 25 ml, 20 ml di estratto in acqua distillata (ai quali sono stati aggiunti 3 ml della soluzione di carbonato di sodio e 1 ml di Folin-Ciocalteu's phenol. Il campione è stato poi portato a volume con idrossido di sodio.

Dopo un 1 ora è stata eseguita la lettura spettrofotometrica (lunghezza d'onda di 720 nm contro bianco analitico), utilizzando uno spettrofotometro UV-Vis modello “Perkin Elmer Lambda bio 20”. I risultati sono stati espressi in g/kg con l'approssimazione a due cifre decimali.

È stata inoltre calcolata la differenza tra il contenuto di polifenoli totali e quello di “polifenoli solubili o labili” con l'ottenimento della “frazione stabile (umica) dei polifenoli” ( $PPh = PPt - PPs$ ).

Sono inoltre stati elaborati i seguenti rapporti:  $PPt/SO-wb$ ;  $PPs/SO-wb$ ;  $PPh/SO-wb$  e infine  $PPh/PPs$ .

### **3.3.2 Tecniche di indagine: VEGETAZIONE**

Uno degli scopi della presente indagine è la determinazione delle possibili correlazioni tra la presenza/assenza dei vegetali e l'evoluzione della S.O. in assenza/presenza di pascolo.

Per questo motivo, parallelamente ai rilievi campionari sui suoli, sono state effettuate per ogni singola parcella sperimentale, dei rilievi sulla vegetazione presente.

La vegetazione è stata sottoposta a 2 distinti rilievi per singola parcella, utili rispettivamente all'analisi della vegetazione distinta in piante erbacee, arbustive e arboree e all'analisi della rinnovazione delle piante costituenti il soprassuolo principale. Trattandosi di una vegetazione di tipo forestale, è stata rivolta una particolare attenzione allo studio della rinnovazione delle specie arboree e arbustive.

Con la prima analisi si è cercato di definire il tipo di vegetazione e le possibili variazioni di copertura del suolo.

Con il secondo tipo di analisi si è cercato di definire le caratteristiche riferite alla crescita vegetale delle sole piante in rinnovazione costituite da piante, polloni e semi di natura arborea e arbustiva.

#### **Vegetazione parcellare**

Il rilievo si è concretizzato tramite l'apposizione di una griglia di rilievo con step pari a 20 cm all'interno di ogni singola parcella sperimentale di lato 5 x 5 m (Fig. 3.3.2.1).

Per materializzare la griglia è stata usata una corda graduata ogni 20 cm e disposta sufficientemente tesa all'atto del rilievo tramite appositi picchetti laterali (Fig. 3.3.2.2). Il rilievo è stato sempre condotto tramite spostamento della corda graduata in direzione perpendicolare alle linee di massima pendenza.

Per materializzare la linea graduata lungo i 2 lati perpendicolari alle linee di massima pendenza sono stati adoperati 2 rotelle metriche da 10 m.

Il rilievo delle altezze è stato effettuato per quanto riguarda le piante erbacee e arbustive tramite metro a stecche mentre il rilievo delle altezze delle piante arboree è stato effettuato con l'uso di una canna metrica estensibile fino a 6 m e graduata ogni 10 cm.

Il rilievo è stato effettuato con calata all'intersezione nei punti nodali ogni 20 cm in direzione di avanzamento lungo la larghezza e in successione per 26 step (dallo step 0 allo step 500) in direzione della lunghezza.

I punti nodali rilevati per ogni singola parcella sperimentale sono stati 26 per linea x 26 linee per un totale di 676 punti.

In ogni punto nodale sono stati rilevati:

- la presenza o meno di vegetazione e in caso positivo la stessa è stata distinta in piante erbacee, arbustive e arboree e rinnovazione forestale;
- specie (identificata con apposito codice predefinito es. specie 3: *Pistacia lentiscus*);
- altezza dell'esemplare;
- la sovrapposizione tra diversi strati e tipologie di piante.
- Rinnovazione: Tipo; Condizioni Fitosanitarie.

I parametri derivati dal rilievo di campagna, per ogni singola parcella sperimentale, sono i seguenti:

- N° di esemplari x specie;
- N° di specie;
- Copertura del suolo (%): proporzione di punti dell'esemplare specifico sul totale;
- Rinnovazione: Presenza/assenza (parcelle aperte/chiusure); verifiche periodiche dello stato di accrescimento del novellame.

Il rilievo delle altezze è stato effettuato per quanto riguarda le piante erbacee e arbustive tramite metro a stecche mentre il rilievo delle altezze delle piante arboree è stato effettuato con l'uso di una canna metrica estensibile fino a 6 m e graduata ogni 10 cm.

Con il metodo di rilievo adottato è stato possibile poter distinguere, con l'impiego di appositi codici, la possibilità di rilievo della stessa pianta avente un'estensione superiore ad almeno 1 punto di rilievo sia lungo una linea di rilievo sia su più linee di rilievo vicine. Questa possibilità è certamente dipendente dall'estensione dell'emergenza vegetale rispetto al suolo e che per il caso in analisi si è notato essere crescente con il passare da una vegetazione di tipo erbaceo a una di tipo arbustivo a un tipo arboreo.

In questo caso il codice di rilievo è stato definito con una S che esprimeva il significato di "Same" (uguale, in questo caso stessa pianta).

È stato possibile poter valutare l'influenza della copertura di piante disposte all'esterno della parcella sperimentale all'interno della stessa. In questo caso si è attribuito un codice di rilievo O che esprimeva il significato di "Outside" (fuori, in questo caso pianta esterna).

La copertura % del suolo delle relative specie è stata determinata con riferimento ad una maglia 20 x 20 cm. La copertura è quella emergente (piante affermate siano esse erbacee o arbustive o arboree).

In questo modo è stato possibile poter distinguere la vegetazione emergente in 3 distinti strati: erbaceo, arbustivo e arboreo e rinnovazione forestale.

E' stato possibile determinare la diversità biologica insita nell'ambiente in analisi, tuttavia relativamente alla sola componente vegetale. Questa determinazione è stata effettuata con l'indice di diversità di Shannon (Piuksi, 1994) sia per singolo strato vegetale, sia in modo congiunto relativamente all'insieme dei 4 strati vegetali.

La composizione specifica è stata quindi determinata tramite l'indice di Shannon (Piuksi, 1994) espresso come:

$$H_s = - \sum_{i=1}^S (n_i/N) \text{Log} (n_i/N)$$

dove S è il numero totale di specie presenti,  $n_i$  il numero di individui presenti per singola specie e N il numero totale di individui presenti.

L'indice di Shannon prende in considerazione l'abbondanza e la ricchezza di specie (Piuksi, 1994). Per ogni singola specie si calcola la proporzione di individui (o di biomassa) costituente il totale.

La diversità esprime la complessità delle reti alimentari e delle relazioni di diverso tipo esistente tra popolazioni diverse. La diversità è ridotta negli ecosistemi nei quali agiscono in modo limitante alcuni fattori di natura chimica, fisica nell'ambiente; è invece elevata in quegli ambienti dove il controllo è prevalentemente di tipo biologico, quindi operato dagli stessi organismi.

La diversità non è proporzionale alla produttività dell'ecosistema. Ad es. in un bosco le specie dominanti sono rappresentate dagli alberi che possiedono notevoli dimensioni e che tuttavia sono presenti in un numero limitato mentre la diversità è determinata dalla presenza di popolazioni di organismi aventi piccole o molto piccole dimensioni.

La diversità di una comunità e quindi l'importanza delle singole popolazioni, trova spiegazione nella considerazione che in un determinato ambiente sono soddisfatte in varia misura le esigenze delle diverse specie e che tra le stesse si stabiliscono dei rapporti precisi utili al loro sfruttamento.

Tramite l'indice di Shannon e l'analisi congiunta delle caratteristiche dei singoli strati e le loro interazioni è stato anche possibile definire quali sono le specie che nel corso del tempo tendono ad affermarsi rispetto ai seguenti fattori:

- luce (competizione laterale intra e interspecifica);
- nutrienti (correlazione con la maggiore o minore ricchezza di S.O.);
- maggiore o minore appetibilità del pascolo (sole parcelle aperte);
- confronto fra parcelle aperte e chiuse all'esercizio del pascolo con la ricerca della possibile dimostrazione della possibilità di accrescimento di eventuali specie anche se sottoposte al pascolamento rispetto alle relative aree chiuse.

Lo schema di rilievo utilizzato è stato basato sulla posizione x-y (per singolo strato) delle diverse piante e la loro evoluzione/involuzione nel corso del tempo. E' stata considerata la dimensione z per tenere conto per tenere conto del parametro altezza.



I 3 strati rilevati sono stati sovrapposti artificialmente permettendo la possibilità di un'analisi delle interrelazioni esistenti tra gli strati con la definizione di eventuali zone a maggiore o minore copertura e rinnovazione.

Per ogni parcella sperimentale sono stati ricavati dei dati pedologici e vegetazionali di sintesi tramite i quali si potrà effettuare la ricerca delle opportune interrelazioni con riferimento soprattutto al parametro S.O. e con la variante presenza/assenza di pascolo.

Data la presenza di una formazione vegetale prevalente di tipo forestale e considerando che da apposite indagini preliminari speditive, si è verificata la carenza di rinnovazione forestale, probabilmente dovuta all'eccesso dei carichi pascolivi, è stato utile effettuare il rilievo della vegetazione forestale in rinnovazione distinta a sua volta in piante, polloni e frutti.

La rinnovazione presente nell'area di studio è stata quindi rilevata per verificarne lo stato attuale in relazione agli aspetti quantitativi e qualitativi della stessa e anche per caratterizzarne (quando presente) il tipo e grado di rinnovazione con verifiche periodiche sullo stato dell'accrescimento del novellame.

Considerando che a fini strettamente selvicolturali è utile effettuare una conta delle piante in rinnovazione, nel presente studio sono state rilevate tramite l'ausilio di transetti areali le caratteristiche della rinnovazione presente nelle stesse parcelle sperimentali 5 x 5 m.

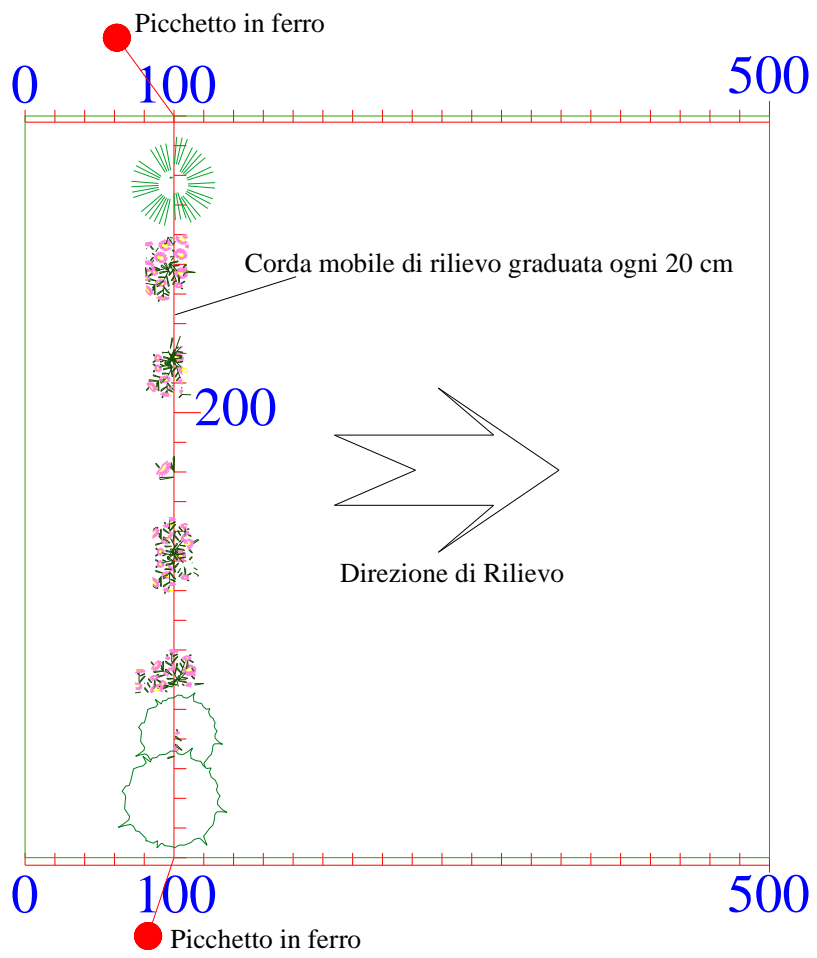
Parallelamente al rilievo della vegetazione degli strati erbaceo, arbustivo e arboreo presenti in ogni singola parcella sperimentale si è proceduto al contemporaneo rilievo delle piante in rinnovazione presenti ogni 20 cm con riferimento alla lunghezza dell'area del transetto (direzione di rilievo di Fig. 3.3.2.2).

In questo modo si cercato di quantificare la rinnovazione che in assenza di fenomeni perturbativi (pascolo, incendio, taglio) può affermarsi nella fase di semenzaio o novelletto per passare alla successiva fase di forteto (Cappelli, 1991).

Quando si verificherà la presenza della rinnovazione si rileveranno i seguenti caratteri: specie; altezza media e l'eventuale presenza di problematiche fitosanitarie, distinte in Pessime, Sufficienti, Buone, Ottime (rispettivi codici di rilievo: P, S, B, O).

Arboree	Data:		Numero parcelle:																									
	40	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200	220	240	260	280	300	320	340	360	380	400	420	440	460	480	500		
0	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=
20	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=
40	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=
60	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=
80	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=
100	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=
120	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=
140	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=
160	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=
180	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=
200	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=
220	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=
240	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=
260	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=
280	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=
300	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=
320	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=
340	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=
360	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=
380	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=
400	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=
420	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=
440	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=
460	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=
480	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=
500	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=	N=	H=

Figura 3.3.2.1 – Parcella sperimentale.



**Figura 3.3.2.2 – Metodo di rilievo parcellare**

## CAPITOLO 4

### RISULTATI E DISCUSSIONE

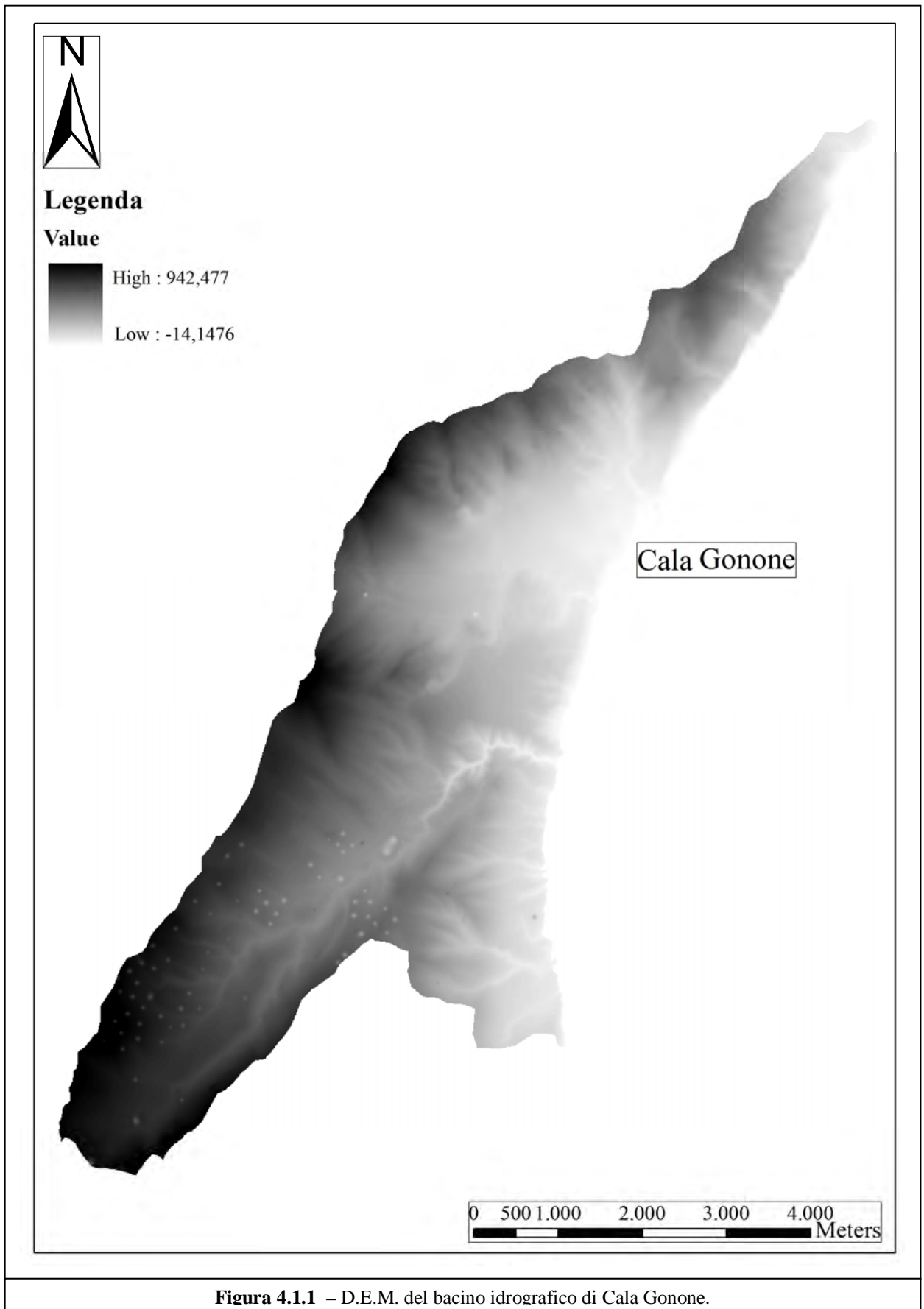
#### 4.1 Caratteristiche fisiche dell'area di lavoro

Tramite l'elaborazione GIS e l'impiego di alcuni tools dedicati a partire dal D.E.M. (Digital Elevation Model) (Fig. 4.1.1) è stato possibile poter costruire le carte utili alla descrizione delle caratteristiche topografiche dell'area di studio.

In modo particolare sono state costruite le carte della pendenza e dell'esposizione del bacino idrografico di Cala Gonone, come del resto visibili nelle Fig. 4.1.2 e 4.1.3.

In particolare in Fig. 4.1.2 è rappresentata la suddivisione % della pendenza relativa all'area di studio di Fig. 2.1.6. La maggior parte della superficie, 61,72% (Tab. 4.1.1), è disposta su pendenze maggiori al 30% e occupa soprattutto le zone con quote più elevate del bacino e in modo abbastanza distribuito. La pendenza compresa tra il 15-30% è la seconda classe più diffusa con il 26,06% e occupa naturalmente le porzioni di raccordo tra le quote maggiori del 30% rispetto a quelle inferiori al 15%. Seguono le classi a pendenza inferiore con % molto più contenute. Il territorio in analisi è scarsamente pianeggiante (1,04% della superficie con pendenze inferiori al 5%) e si tratta di piccole aree situate nella parte a quota più bassa del bacino. In Fig. 4.1.3 è rappresentata la suddivisione % dell'esposizione. La maggior parte della superficie (Tab. 4.1.2) è esposta a Sud-Est (112.5-157.5°) e a Est (67.5-112.5°) con circa il 60% della superficie. Segue l'esposizione a Nord-Est, a Sud con circa il 20% della superficie totale.

Dai dati su esposti si denota la presenza di un bacino collocato su pendenze prevalentemente elevate e distribuite su tutto il territorio ed esposte principalmente a Sud-Est.



**Figura 4.1.1** – D.E.M. del bacino idrografico di Cala Gonone.

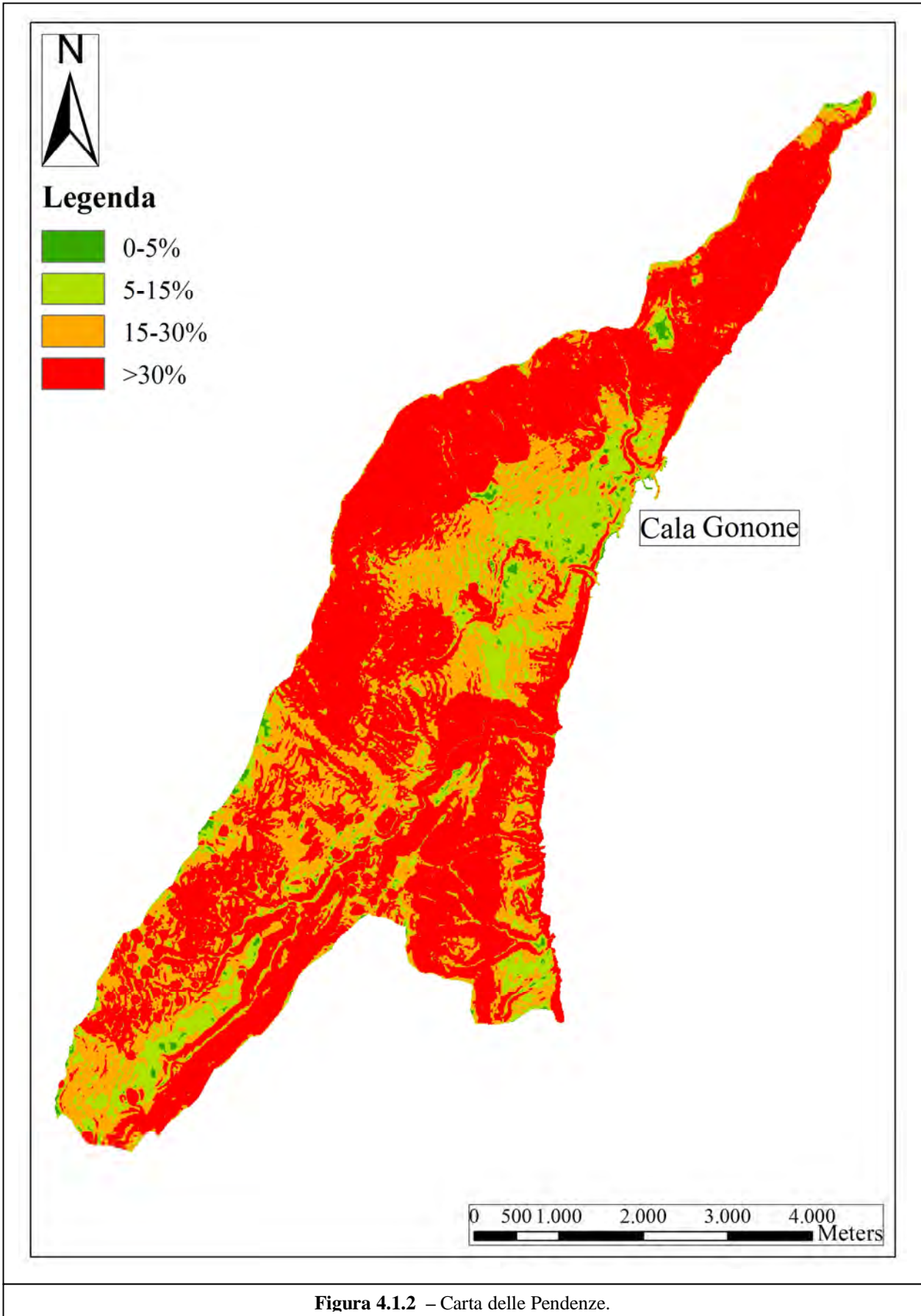
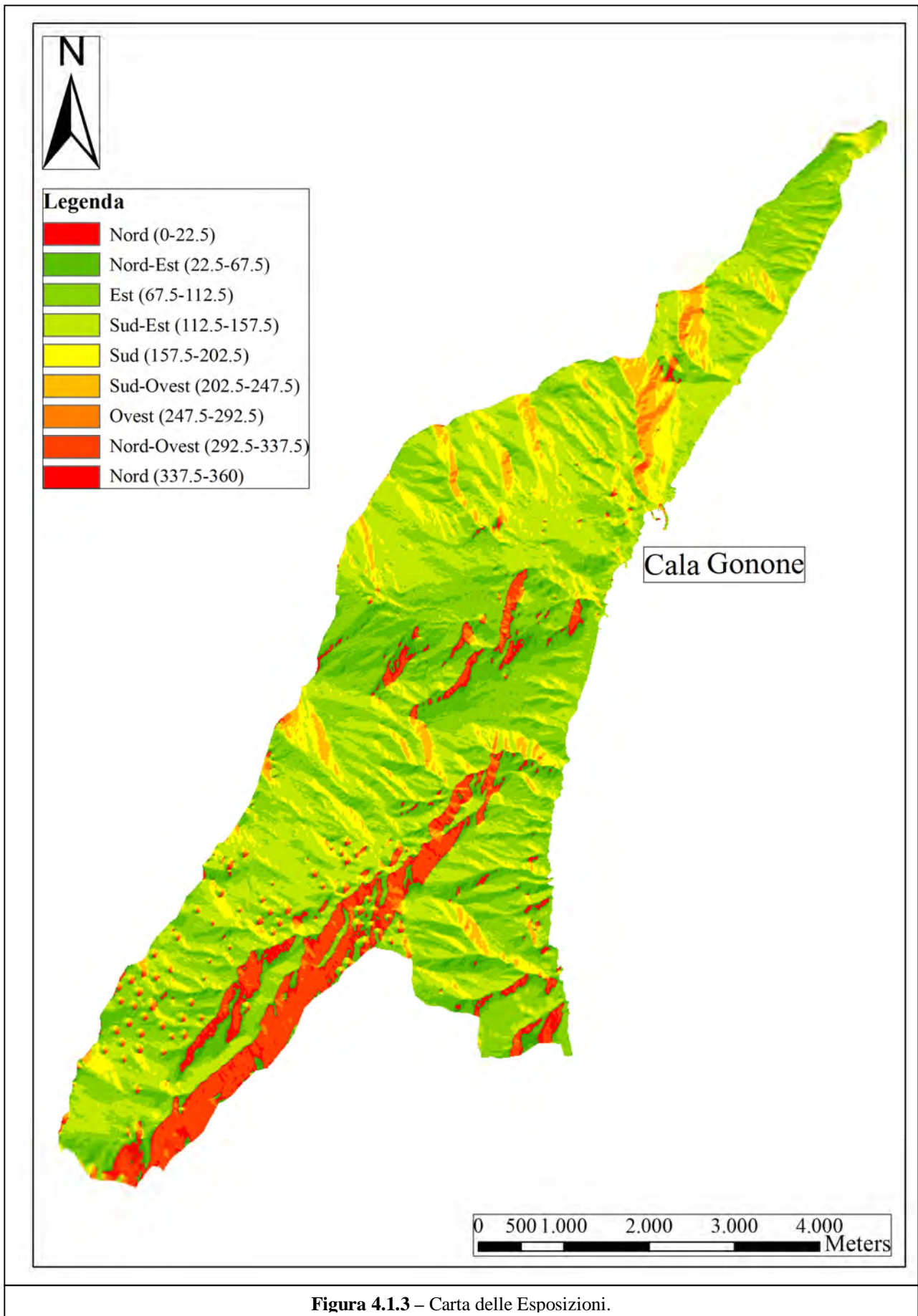


Figura 4.1.2 – Carta delle Pendenze.



**Figura 4.1.3** – Carta delle Esposizioni.

**Tabella 4.1.1** – Ripartizione % della superficie rispetto alle classi di pendenza di Fig.1.3.1.

<b>Classe di Pendenza %</b>	<b>Superficie %</b>
0-5	1,04
5-15	11,18
15-30	26,06
>30	61,72

**Tabella 4.1.2** – Ripartizione % della superficie rispetto alle classi di Esposizione di Fig.1.3.2.

<b>Classe di Esposizione</b>	<b>Superficie %</b>
Nord (0-22.5)	2,82
Nord-Est (22.5-67.5)	12,71
Est (67.5-112.5)	29,62
Sud-Est (112.5-157.5)	30,77
Sud (157.5-202.5)	9,68
Sud-Ovest (202.5-247.5)	3,68
Ovest (247.5-292.5)	1,58
Nord-Ovest (292.5-337.5)	6,36
Nord (337.5-360)	2,78



#### 4.2 Indice di Degrado a scala di bacino: Modello CORINE

Come indicato nel capitolo precedente (par. 3.2) il modello CORINE prevede l'impiego di una serie di vari tematismi di base: pedologia, topografia, clima e vegetazione (Copertura vegetale del suolo).

Di seguiti saranno presi in esame, per ogni singolo tematismo, il tipo e le caratteristiche dei singoli pesi attribuiti nel territorio e la loro distribuzione areale % e infine la loro combinazione nella creazione dei tematismi derivati del pericolo di erosione potenziale e attuale.

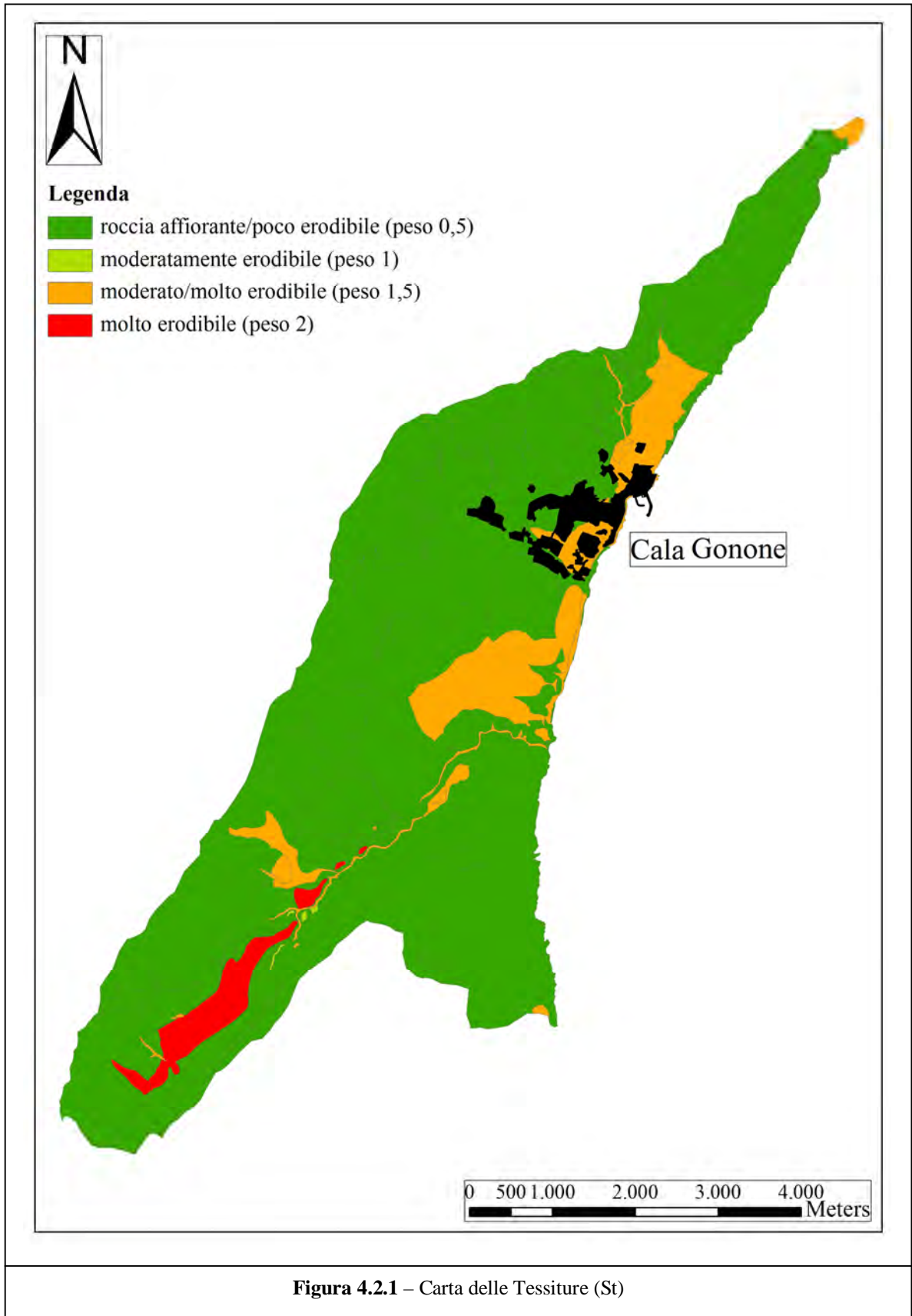
Nella Fig. 4.2.1 è rappresentata la carta delle tessiture del bacino. Rispetto ai valori di tessitura indicati nel modello, abbiamo utilizzato pesi di tessitura dal valore intermedio tra le classi indicate nella bibliografia. La presenza di diverse classi tessiturali nello stesso areale geologico (poligono) di partenza è stato risolto con la media dei corrispondenti pesi iniziali attribuiti dal modello.

Per questo motivo abbiamo utilizzato valori di peso pari a 0,5 e 1,5 che hanno permesso una definizione più precisa della tessitura presente nel territorio di Cala Gonone.

Dalla semplice analisi visiva della Fig. 4.2.1, si riscontra come la maggior parte del bacino presenta suoli aventi tessiture poco erodibili e presentanti, in modo diffuso, roccia affiorante. Si è quindi riscontrato come il peso più basso (0,5) come da modello e come talaltro visibile nella Tab. 4.2.1, è riscontrabile su una superficie elevata, circa l'87% del bacino, seguita da valori di superficie molto più trascurabili dai pesi a valenza invece maggiore 1; 1,5 e 2. La distribuzione del peso più basso è su tutto il bacino idrografico, dove prevalgono le tessiture a carattere argilloso o argilloso limoso (Fig. 3.2.1). All'aumentare del peso prevalgono le condizioni di tessitura intermedia a carattere prevalentemente sabbioso o sabbioso-franco.

**Tabella 4.2.1** – Ripartizione % della Superficie dei fattori della Tessitura (St), della Profondità (Sd), della Pietrosità (Ss) e dell'Erodibilità (K) rispetto ai diversi gradi di peso del modello CORINE.

Tessitura (St)		Profondità (Sd)		Pietrosità (Ss)		ERODIBILITÀ K	
Peso	% Superficie	Peso	% Superficie	Peso	% Superficie	Peso	% Superficie
0,5	86,41	2	0,19	1	100	1	97,22
1	10,81	2,5	50,93			2	2,78
1,5	0,07	3	48,88				
2	2,71						
<b>Totale</b>	100	<b>Totale</b>	100	<b>Totale</b>	100	<b>Totale</b>	100



Nella Fig. 4.2.2 è rappresentata la carta delle profondità come da modello CORINE.

Rispetto ai valori di profondità indicati nel modello, abbiamo utilizzato pesi dal valore intermedio tra le classi indicate nella bibliografia. La presenza di diverse classi di profondità nello stesso areale geologico (poligono) di partenza è stato risolto con la media dei corrispondenti pesi iniziali attribuiti dal modello.

Si evidenzia, anche dalla semplice analisi visiva della Fig. 4.2.2, come il territorio in esame presenti profondità sostanzialmente equi ripartite tra le classi aventi peso maggiore, 2,5 e 3 e quindi mostranti profondità media e bassa, inferiore ai 50 cm, con elevati valori di superficie prossimi o di poco superiore al 50% (Tab. 4.2.1).

La classe di profondità più bassa, quindi dal punto di vista assoluto, la maggiore (> 50 cm) è invece presente con una superficie trascurabile: 0,19%.

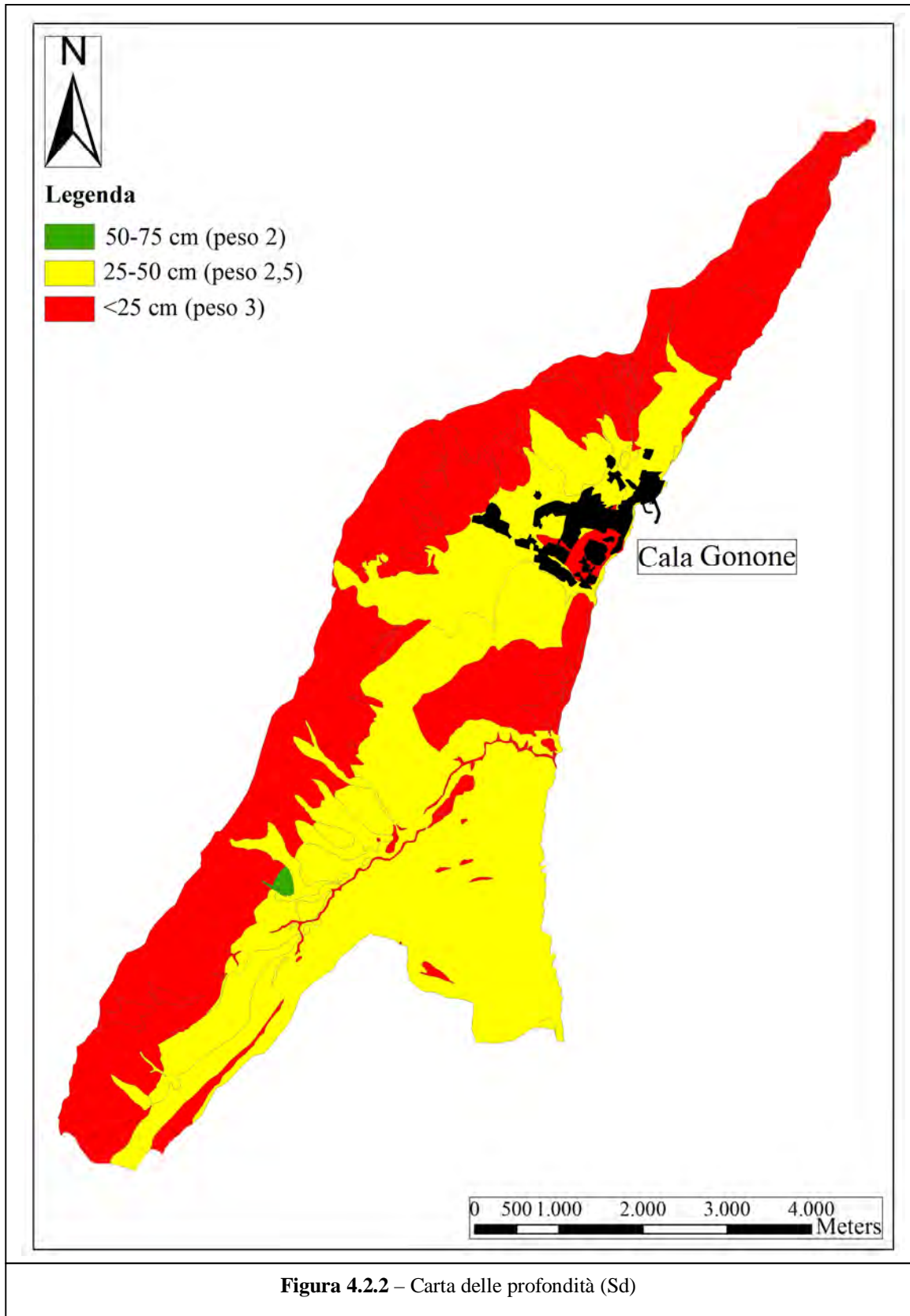
La distribuzione areale delle classi 2,5 e 3 è su tutto il territorio con una linea sud-nord e legata alla quota e anche alla pendenza, dato che le profondità tendono a ridursi all'aumentare della quota. Le profondità più elevate sono maggiormente legate sia a una minore pendenza sia alla presenza in zone puntuali a fenomeni di accumulo.

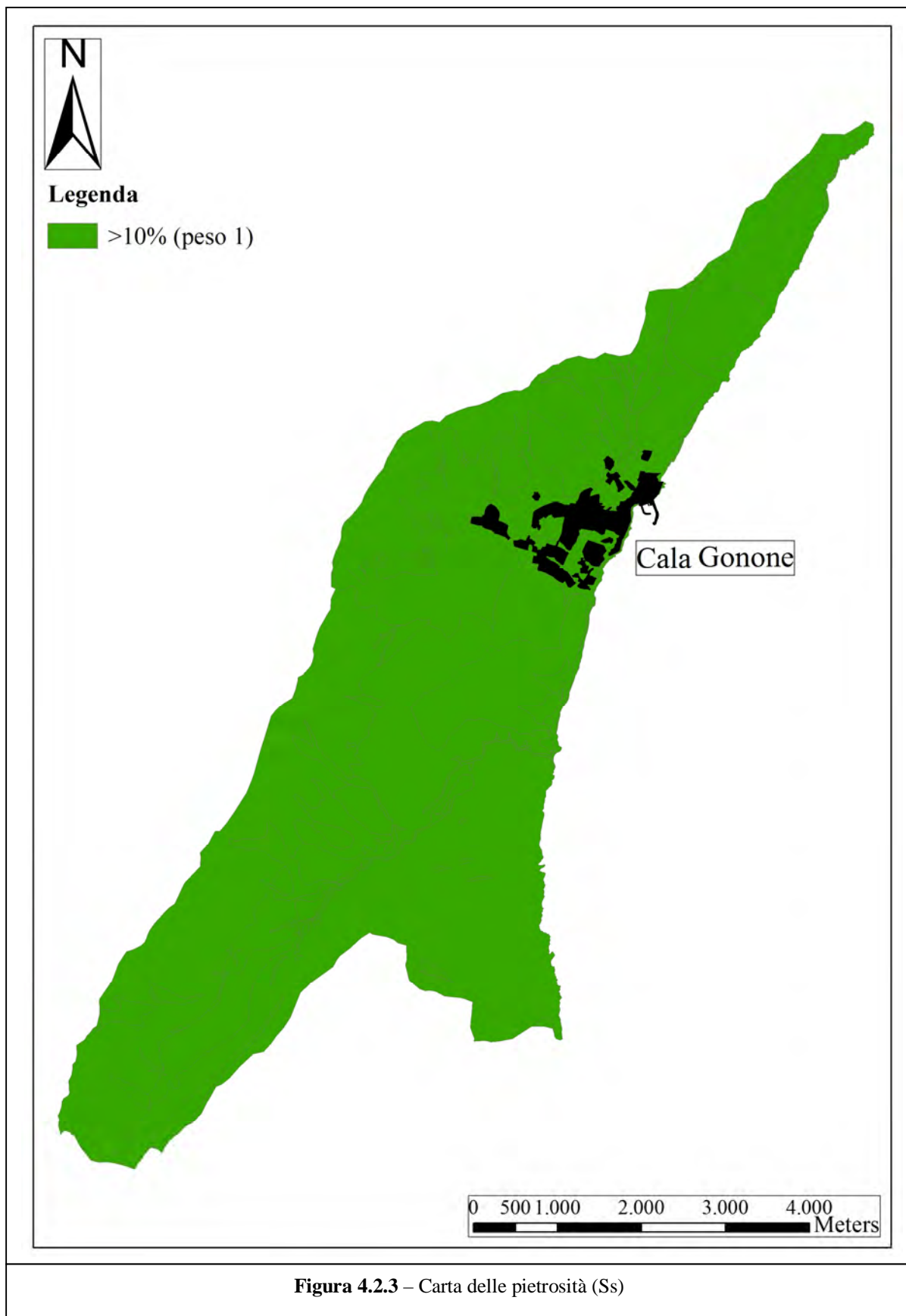
Nella Fig. 4.2.3 è rappresentata la carta della pietrosità superficiale. Su tutto il territorio abbiamo riscontrato la presenza di un'elevata o molto elevata (> 90%) pietrosità. Ne è derivata l'attribuzione, per tutto il territorio (Tab. 4.2.1, 100% della superficie), rispetto alle classi del modello CORINE, del peso 1, dove il valore di pietrosità è > del 10%.

Dalla combinazione tematica (overlay mapping e raster calculator), effettuata sui raster relativi ai tematismi considerati, è stata ottenuta, come da modello, la costruzione del tematismo di sintesi relativo all'erodibilità del bacino in analisi come visibile nella Fig. 4.2.4. Abbiamo riscontrato la presenza di 2 classi, la 1 e la 2, talaltro relative ai pesi di erodibilità minori: erodibilità bassa e moderata. Inoltre si evidenzia, come da Tab. 4.2.1, che la maggior parte della superficie, di poco superiore al 97%, presenta erodibilità bassa mentre l'erodibilità moderata si presenta con un valore pari a circa il 3%.

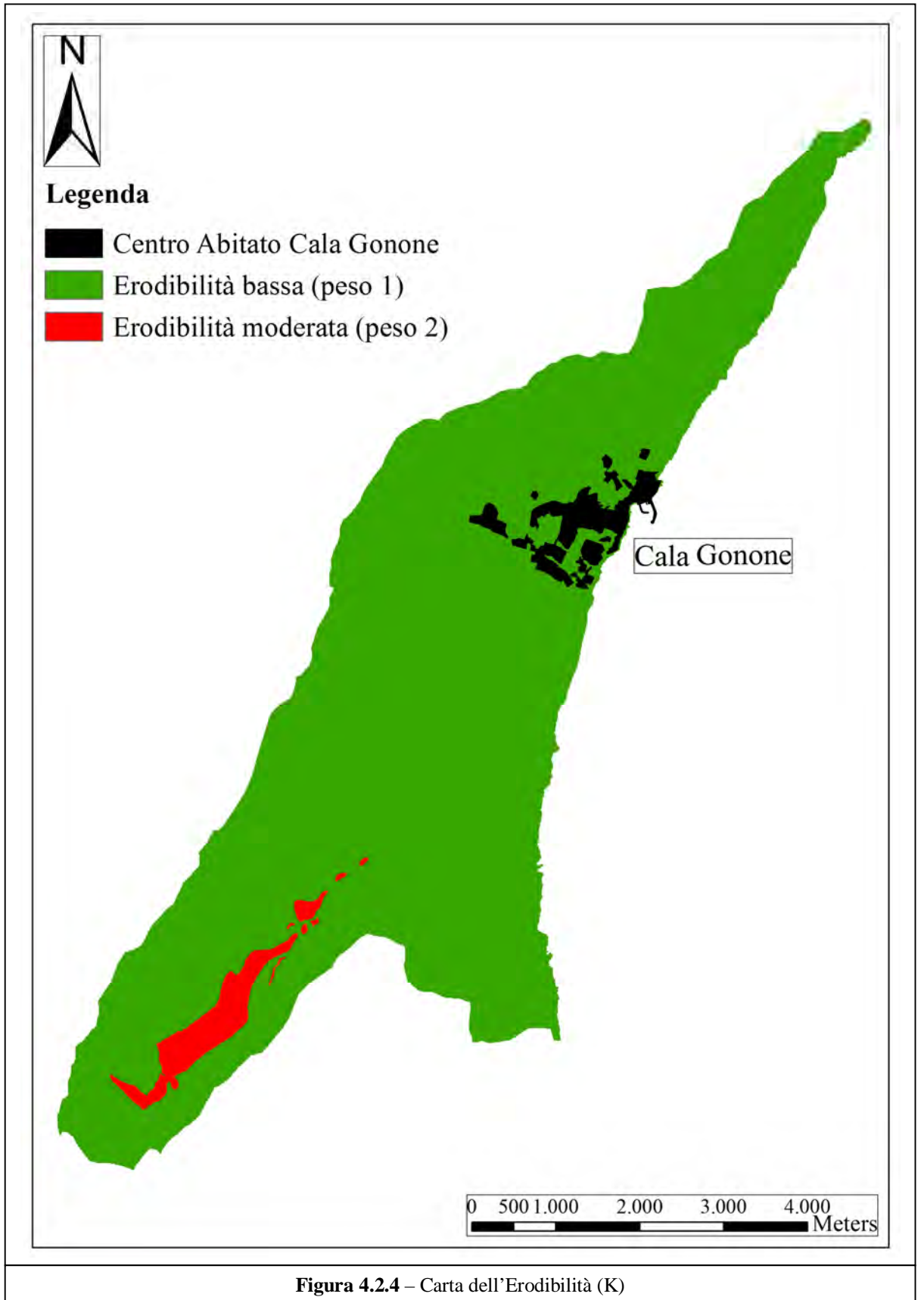
La distribuzione dell'erodibilità bassa è su tutto il bacino, mentre quella a carattere moderato è concentrata in una zona a Sud, con una forma sostanzialmente allungata e talaltro presente in corrispondenza di una gola mostrante classi tessiturali a carattere maggiormente erodibile.

Il tematismo pedologico rivela sostanzialmente la presenza di suoli poco erodibili secondo lo schema del modello CORINE e legati principalmente alle caratteristiche fisico meccaniche del suolo, quindi la granulometria.

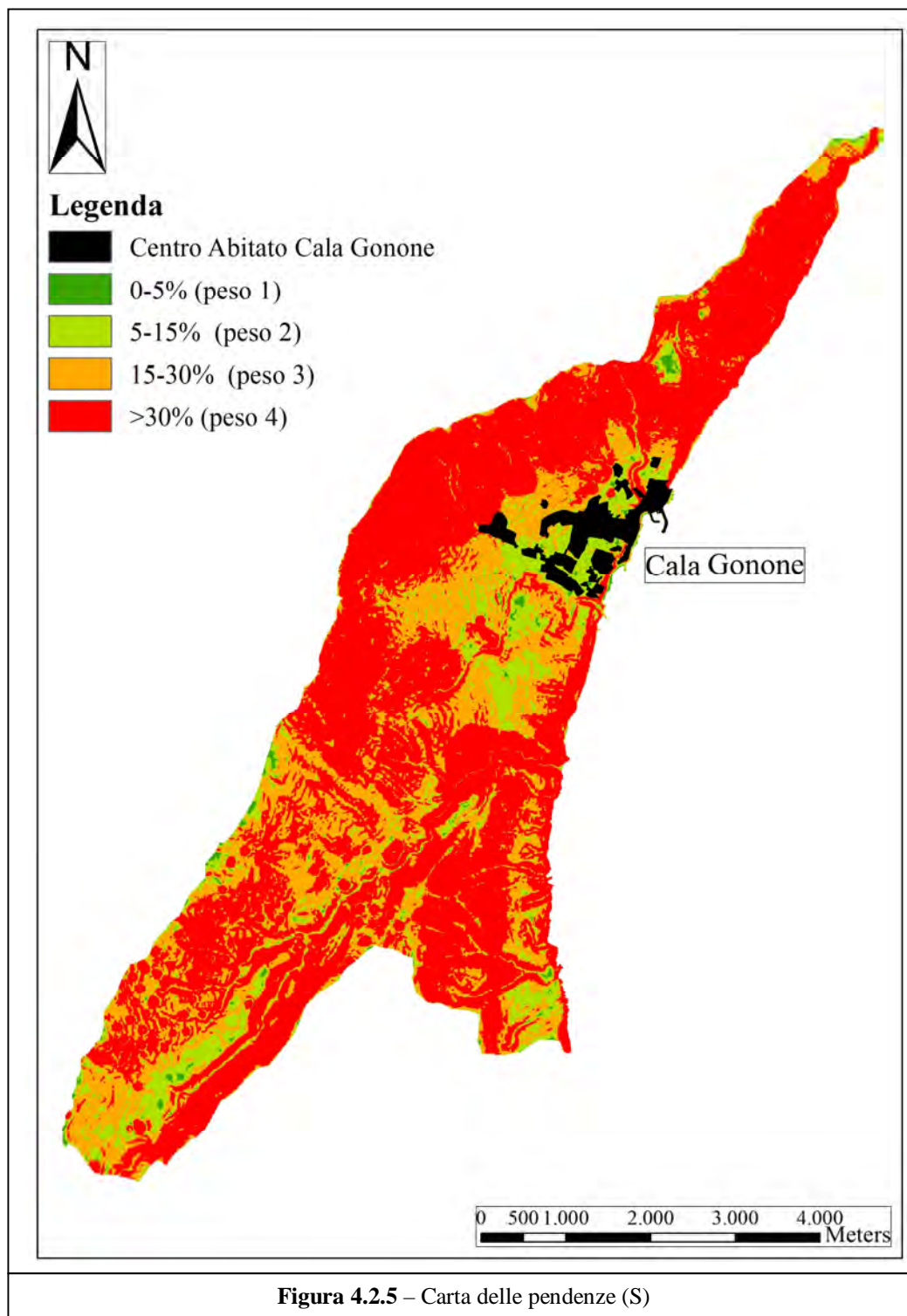




**Figura 4.2.3** – Carta delle pietrosità (Ss)



Relativamente al fattore topografico, nella Fig. 4.2.5 è raffigurata la carta delle pendenze mentre nella Tab. 4.2.2 è quantificata la distribuzione % della superficie rispetto alle 4 classi di pendenza. Quanto è stato detto nel par. 4.1, è valido anche nell'ambito del modello CORINE e relativamente alla distribuzione % in classi di pendenza, dato l'uso degli stessi range. La distribuzione nelle 4 classi evidenzia un diffuso territorio dal prevalente carattere collinare e montano mentre le aree a pendenza maggiore sono limitate in superficie alle zone centrali del bacino.



**Tabella 4.2.2** – Ripartizione % della Superficie rispetto al grado di pendenza secondo il peso del modello CORINE.

Slope	
Peso	% Superficie
1	1,04
2	11,18
3	26,06
4	61,72
<b>Totale</b>	100

Relativamente al fattore climatico, con riferimento alla Tab. 4.2.3 e alla Fig. 4.2.6, è raffigurata la carta dell'indice di Fournier. La maggior parte del territorio in analisi, circa il 94%, presenta un corrispondente peso del modello CORINE pari a 2, distribuito uniformemente su tutto il bacino mentre il peso maggiore, 3, è presente per la restante parte; infine il 6,56% è situato nella sola porzione meridionale del bacino.

Dal carattere ancora più uniforme è l'indice di Bagnouls-Gaussen, come verificabile nella Fig. 4.2.7 dove tutta la superficie presenta il valore di peso maggiore, 3.

Dalla combinazione tematica (overlay mapping e raster calculator), effettuata sui raster relativi ai 2 tematismi, come da modello, è stata ottenuta la costruzione del tematismo di sintesi relativo all'erosività o aggressività climatica del bacino peraltro visibile nella Fig. 4.2.8.

La carta dell'erosività è sostanzialmente simile, sia in distribuzione topografica sia areale alla carta dell'indice di Fournier. Infatti, si riscontra una netta distribuzione nelle 2 distinte classi 2 e 3, mostrandoci una prevalente erosività moderata seguita da una più ridotta presenza dell'erosività elevata (Tab. 4.2.3).

Il tematismo climatico evidenzia la presenza di un territorio avente una prevalente elevata aggressività climatica, avvalorata in effetti dai bassi valori di precipitazione annua e dal regime delle temperature condizionanti un clima sostanzialmente mite, con ridotti eventi piovosi a elevata intensità e la cui incidenza è quella maggiormente caratterizzante il fenomeno erosivo pedologico.

**Tabella 4.2.3** – Ripartizione % della Superficie degli Indici di Fournier (F), di Bagnouls-Gaussen e dell'Erosività (R) rispetto ai diversi gradi di peso del modello CORINE.

Indice di Fournier (F)		Indice di BGI		Erosività (R)	
Peso	% Superficie	Peso	% Superficie	Peso	% Superficie
2	93,44	3	100	2	93,65
3	6,56			3	6,35
<b>Totale</b>	100	<b>Totale</b>	100	<b>Totale</b>	100



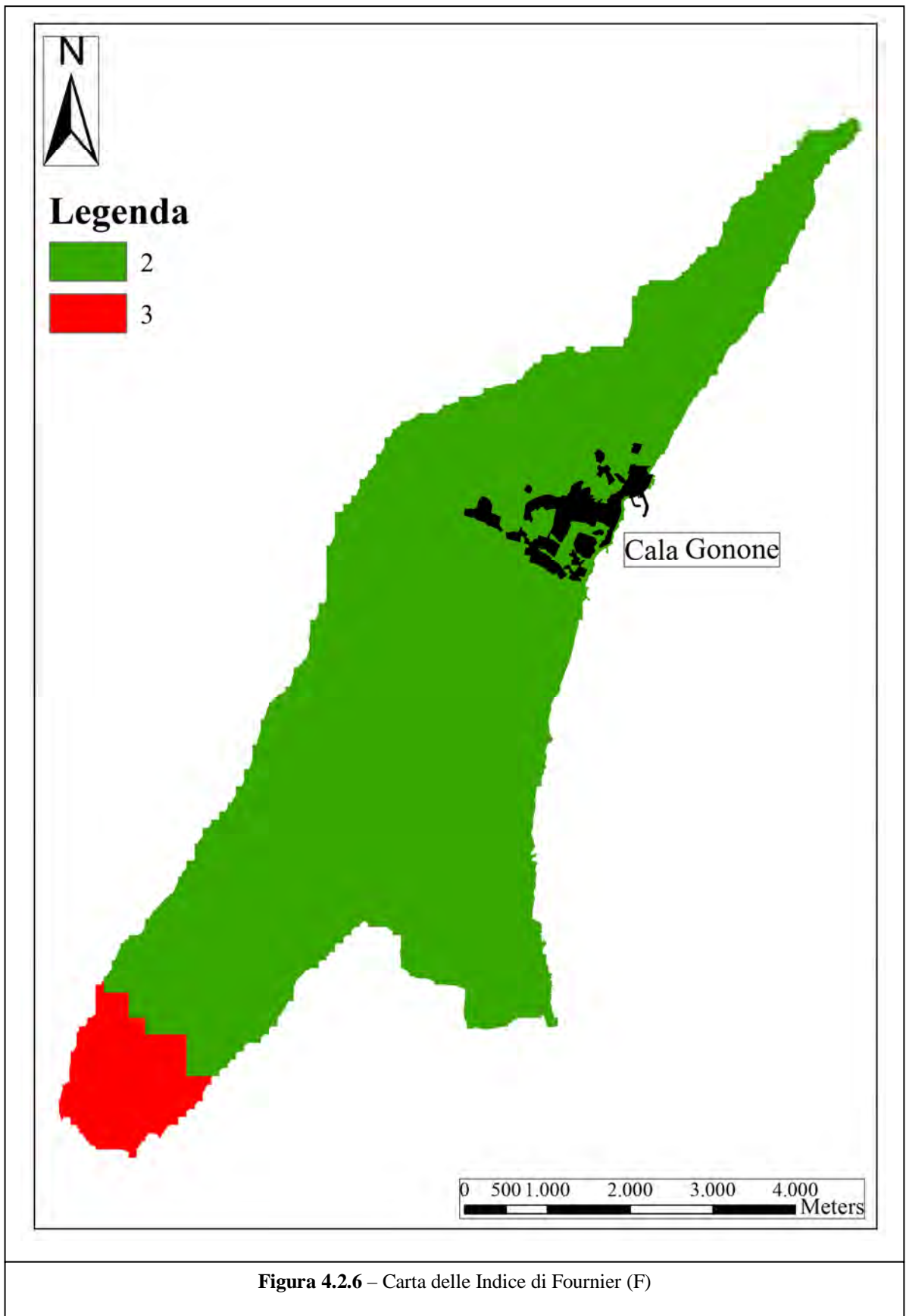
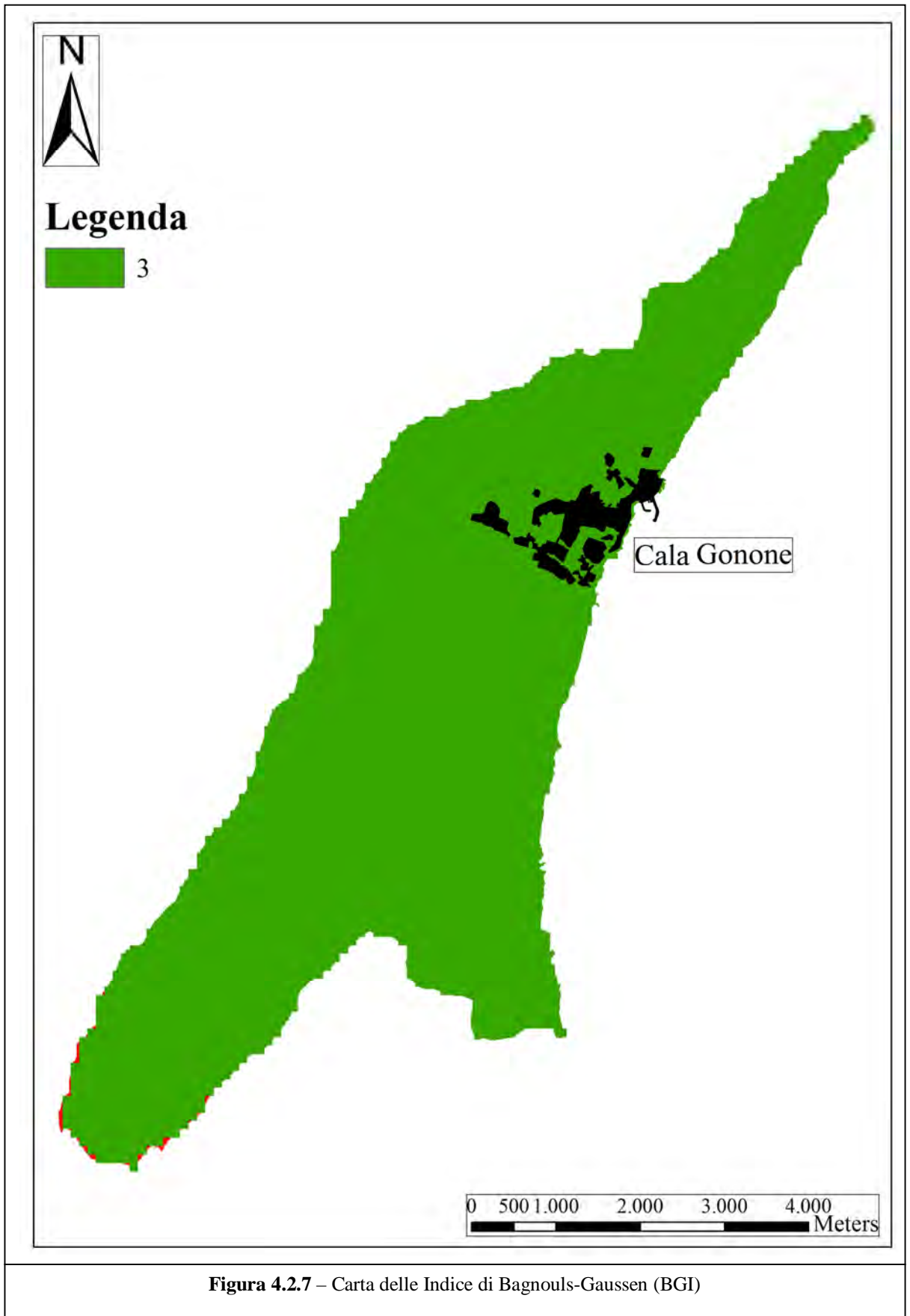
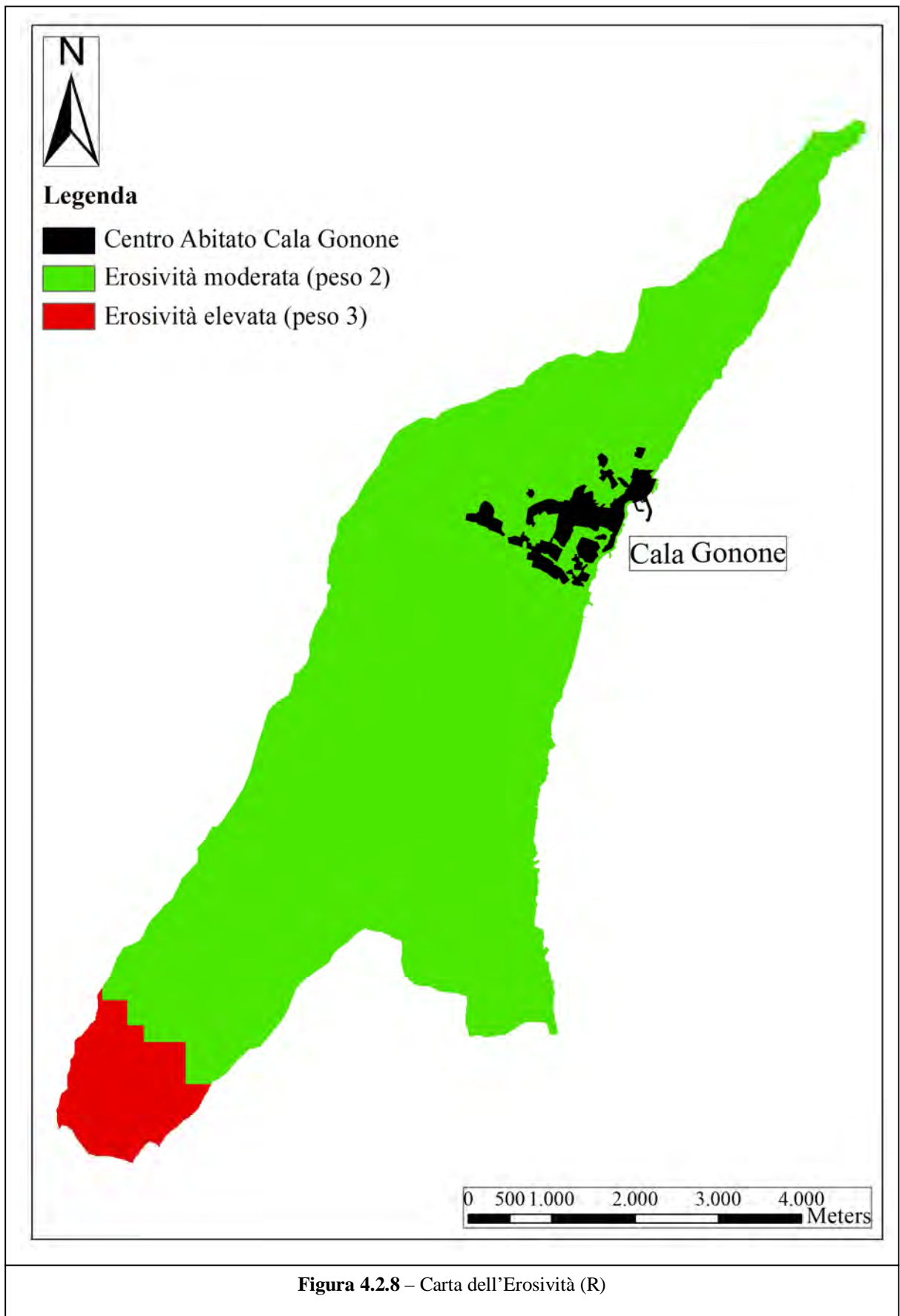


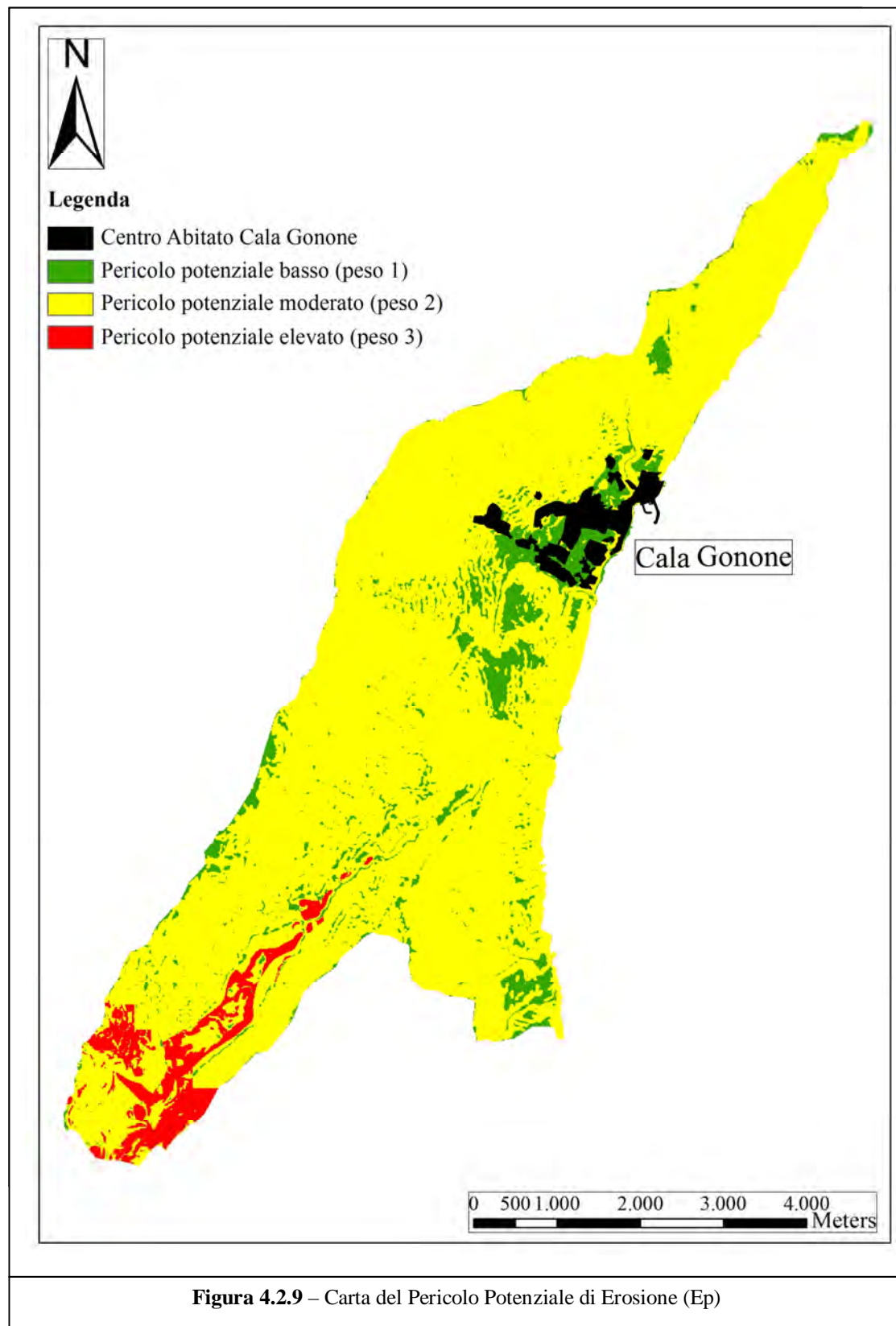
Figura 4.2.6 – Carta delle Indici di Fournier (F)



**Figura 4.2.7** – Carta delle Indice di Bagnouls-Gaussen (BGI)



Dalla combinazione tematica (overlay mapping e raster calculator), effettuata sui raster relativi ai tematismi pedologico, topografico e climatico come da modello è stata ottenuta la carta relativa al tematismo di sintesi del grado di Pericolo Potenziale di Erosione, rappresentata nella Fig. 4.2.9 e la cui distribuzione areale % è invece presente nella Tab. 4.2.4.



**Tabella 4.2.4** – Ripartizione % della Superficie del Grado di Pericolosità di Erosione Potenziale secondo i livelli previsti dal modello CORINE.

<b>Ep</b>	
<b>Peso</b>	<b>% Superficie</b>
1	10,05
2	85,63
3	4,33
<b>Totale</b>	100

La maggior parte del territorio è distribuito nella classe intermedia di Pericolo Potenziale moderato con una % superiore all'85% e distribuita uniformemente su tutto il territorio.

Seguono, con % molto più ridotte, le classi a pericolo basso con poco più del 10% distribuita sia su zone disposte su quote più elevate sia in zone più pianeggianti centrali del bacino. La classe di pericolo potenziale più elevata si presenta con una % di poco superiore al 4% ed è situata nella sola porzione meridionale.

Dall'analisi generale del dato del Pericolo Potenziale di Erosione si riscontra come ipoteticamente, in mancanza di vegetazione, i fattori fisici del territorio assicurano un prevalente basso grado di erosione, dovuto, nel suolo ad una tessitura poco erodibile legata a sua volta a elevate % di scheletro, e ad un'aggressività climatica ridotta anche se queste condizioni naturali convivono con una presenza distribuita di % di pendenza elevate o molto elevate.

Nella costruzione del tematismo finale si deve prendere in considerazione la copertura vegetale utile ad attualizzare il grado potenziale di erosione del suolo alle condizioni reali del territorio.

Nella definizione del tematismo della copertura, abbiamo considerato l'importanza dell'attribuzione del reale valore di copertura vegetale del suolo, per evitare che rispetto all'applicazione pedissequa del modello CORINE, si attribuissero a determinate coperture vegetali, definite talaltro in modo unicamente qualitativo, un valore di copertura non veritiero e inadeguato alla definizione del più appropriato grado protettivo del suolo. Per questo motivo, pur conservando l'attribuzione di 2 soli valori di peso alla copertura, abbiamo associato il peso 1, suolo protetto, delle aree ricoperte da una corrispondente ed adeguata % di copertura, giudicata accettabile nella misura minima del 50%.

Per cui nella costruzione del tematismo copertura vegetale, abbiamo preso in esame anzitutto il valore della copertura reale, per poi procedere alla successiva costruzione del tematismo di sintesi come da modello CORINE.

Nella Figura 4.2.10 è rappresentata la carta delle coperture vegetali dell'area in esame, distinte in classi del 20%. Tale carta è la stessa di Fig. 2.5.2.2 (par. 2.5.2), ottenuta dalla foto interpretazione della vegetazione presente all'interno del bacino. Nella stessa si evidenzia che, la maggior parte del territorio, come da Tab. 4.2.5, presenta una copertura vegetale superiore al 40%. In modo particolare, all'aumentare della copertura si è verificato un aumento della relativa superficie. Infatti, le classi più rappresentate, 60-80% e 80-100%, presentano rispettivamente valori di superficie pari al 19 e al circa 36%.

La distribuzione dei diversi gradi di copertura è abbastanza uniforme su tutto il bacino con un diffuso elevato grado di frazionamento.

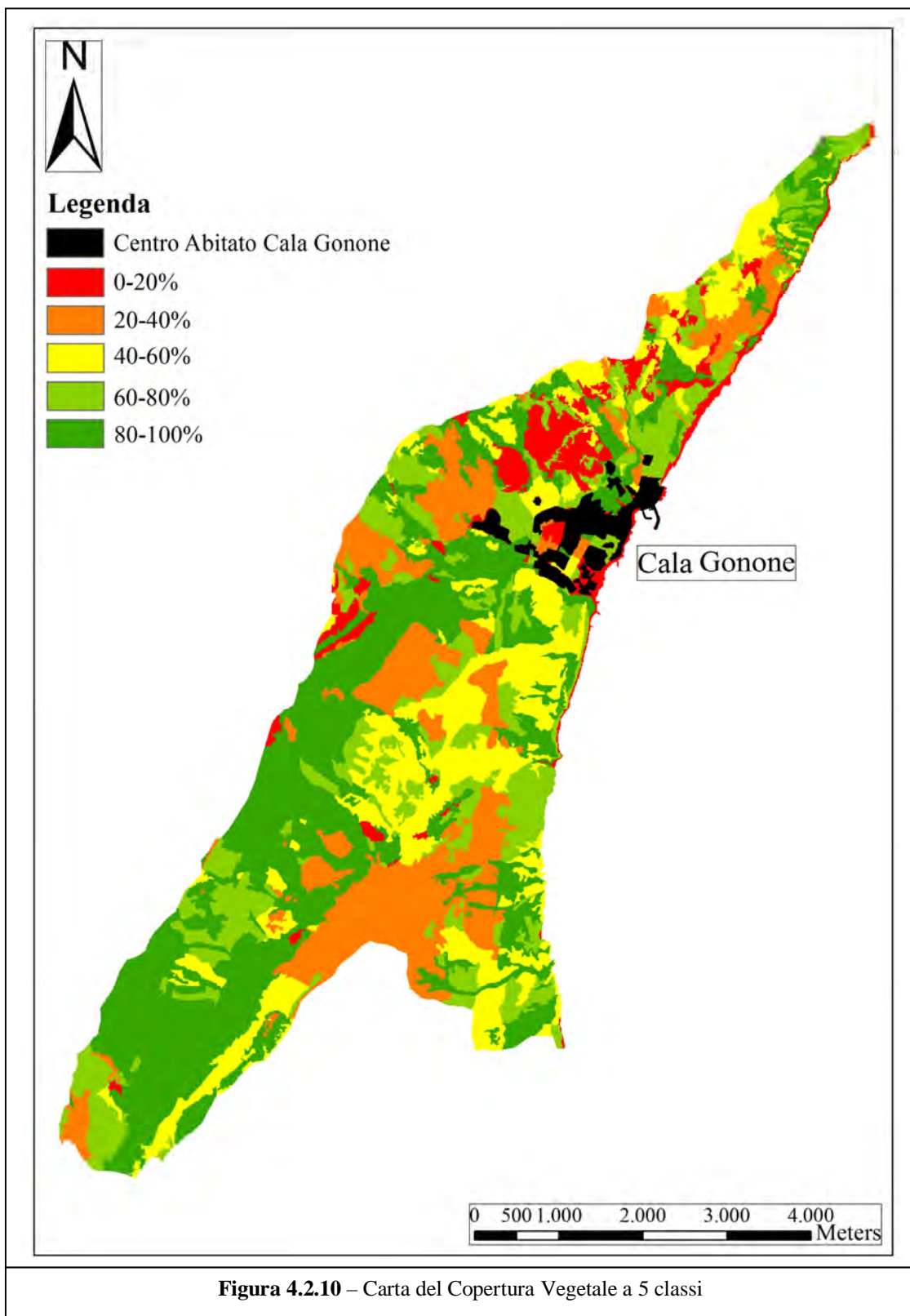
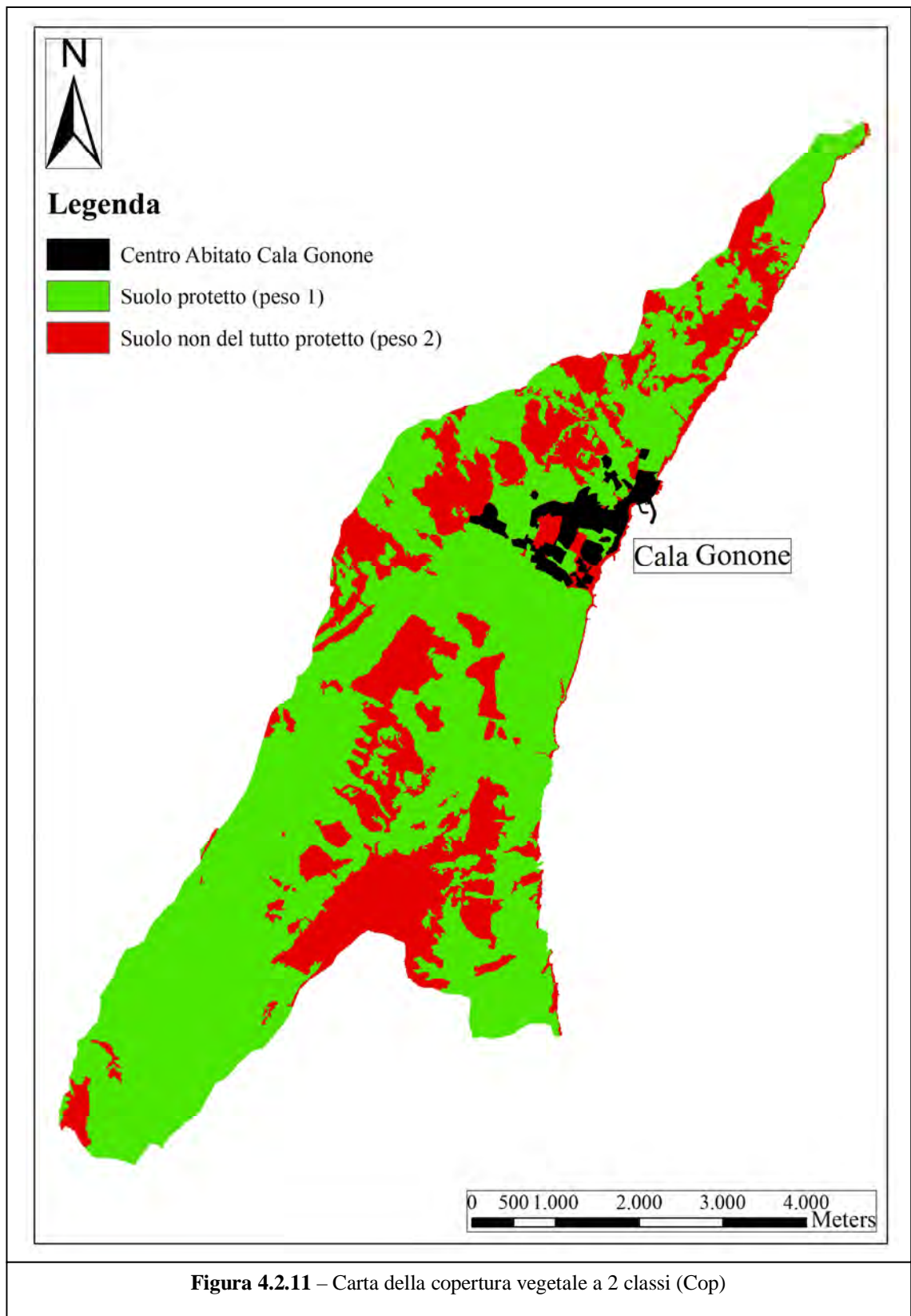


Figura 4.2.10 – Carta del Copertura Vegetale a 5 classi

**Tabella 4.2.5** – Ripartizione % della Superficie del Grado di Copertura a 5 classi e a 2 classi secondo i livelli previsti dal modello CORINE.

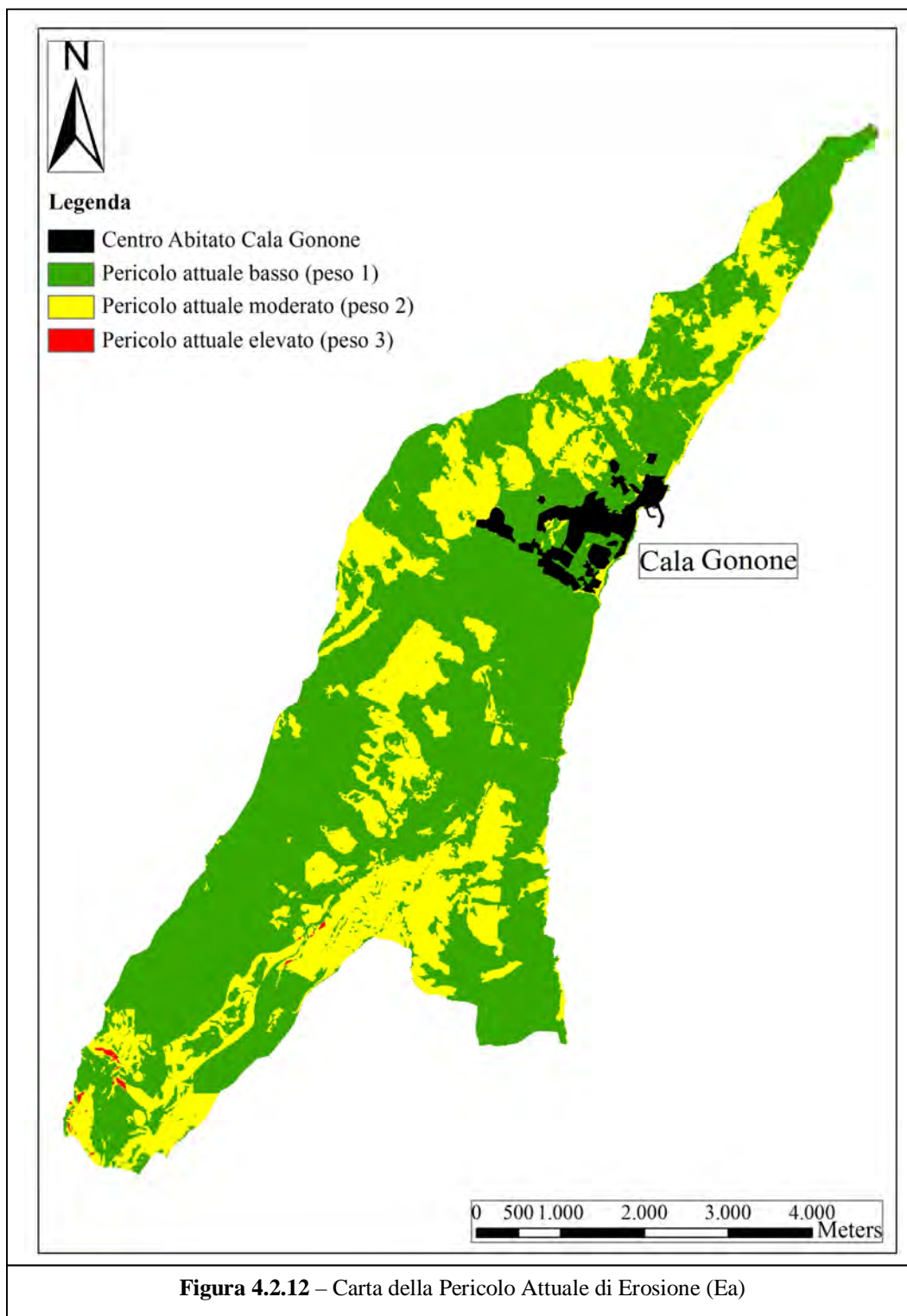
Cop 5 classi		Cop 2 classi	
Peso	% Superficie	Peso	% Superficie
80-100%	35,99	1	69,87
60-80%	19,00	2	30,13
40-60%	18,62		
20-40%	18,05		
0-20%	8,34		
<b>Totale</b>	100	<b>Totale</b>	100

Nella Fig. 4.2.11 è rappresentata la carta relativa alla copertura vegetale, distinta in 2 classi. Si nota, anche alla semplice analisi visiva, come è netta la prevalenza di una copertura del suolo elevata che, come da Tab. 4.2.5, assomma a circa il 70% del totale della superficie ed è distribuita su tutto il bacino idrografico. La restante %, relativa al suolo non del tutto protetto, assomma invece a poco più del 30% ed è distribuita su tutto il bacino con un elevato grado di frazionamento.



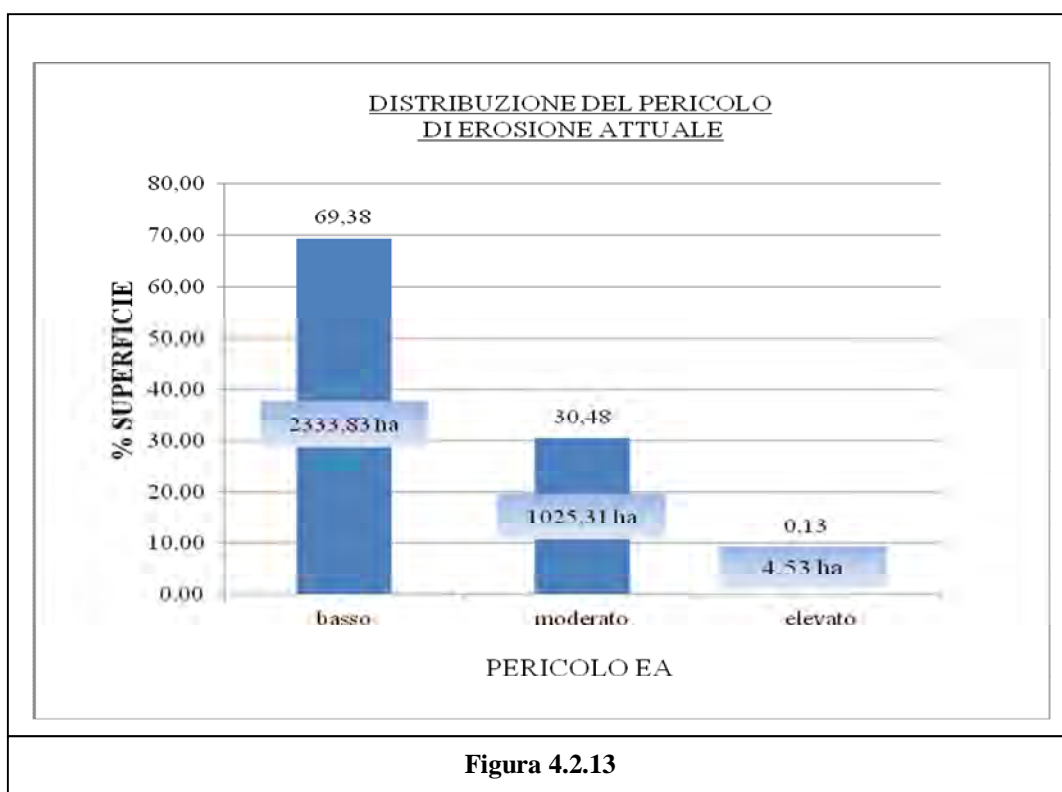


Come previsto dal modello CORINE, dalla combinazione tematica (overlay mapping e raster calculator), effettuata sul raster relativo al tematismo del Pericolo Potenziale di Erosione, è stata ottenuta la carta relativa al tematismo del grado di Pericolo Attuale di Erosione, rappresentata nella Fig. 4.2.12 e la cui distribuzione areale % è invece presente nella Tab. 4.2.6 e nella Fig. 4.2.13.



**Tabella 4.2.6** – Ripartizione % della Superficie del Grado di Pericolosità di Erosione Attuale secondo i livelli previsti dal modello CORINE.

Ea	
Peso	% Superficie
1	69,38
2	30,48
3	0,13
<b>Totale</b>	100



**Figura 4.2.13**

La maggior parte della superficie, circa il 70%, si presenta con un grado di Pericolosità Attuale di Erosione basso e distribuito su tutto il bacino. Il grado moderato si presenta con una % di circa il 31% ed è distribuito anch'esso su tutto il bacino con un elevato grado di frazionamento.

La restante parte della superficie, pari allo 0,13%, è quella relativa al grado di erosione elevata che è presente unicamente nella porzione meridionale del bacino.

Si nota, come da Tab. 4.2.7, che il tematismo della copertura svolge un ruolo fortemente attenuante del grado di pericolosità potenziale, portando una sensibile riduzione del grado di pericolosità moderata dai

valori di circa l'86% a poco più del 30%. Aumenta di circa 6 volte la superficie avente pericolo basso così come si verifica una sensibile riduzione delle superfici aventi pericolo elevato con il passaggio da valori % del 4,33% a valori molto più ridotti e pari allo 0,13%.

**Tabella 4.2.7** – Confronto della % di Superficie del Grado di Pericolosità di Erosione Potenziale ed Attuale secondo i livelli previsti dal modello CORINE.

	<b>Ep</b>	<b>Ea</b>
<b>Peso</b>	<b>% Superficie</b>	<b>% Superficie</b>
1	10,05	69,38
2	85,63	30,48
3	4,33	0,13
<b>Totale</b>	100	100

Dopo aver effettuato la costruzione del modello e dei valori di sintesi finale, abbiamo operato una serie di interpolazioni utili a comprendere, nel caso in esame, la relazione eventualmente esistente tra i livelli di grado del Pericolo Attuale di Erosione rispetto ad alcuni parametri di varia natura ed importanza: Categorie vegetali; classi di pendenza e classi di copertura %.

Nella Tab. 4.2.8 e nella Fig. 4.2.14 è stata definita la Ripartizione % della Superficie del bacino avente diverso grado di Pericolosità Attuale (Ea) rispetto alle diverse Categorie Vegetali presenti e definite al Par. 2.5.2.

Si evidenzia come la maggior parte della superficie avente bassa pericolosità è presente nella categoria vegetale maggiormente rappresentata, i boschi di leccio, con un valore % di poco superiore al 42% e seguita dal 14,24% nelle Macchie termoxerofile e di degradazione. Altra % rilevante è quella insita nelle macchie evolute e preforestali, pari al 6,55%.

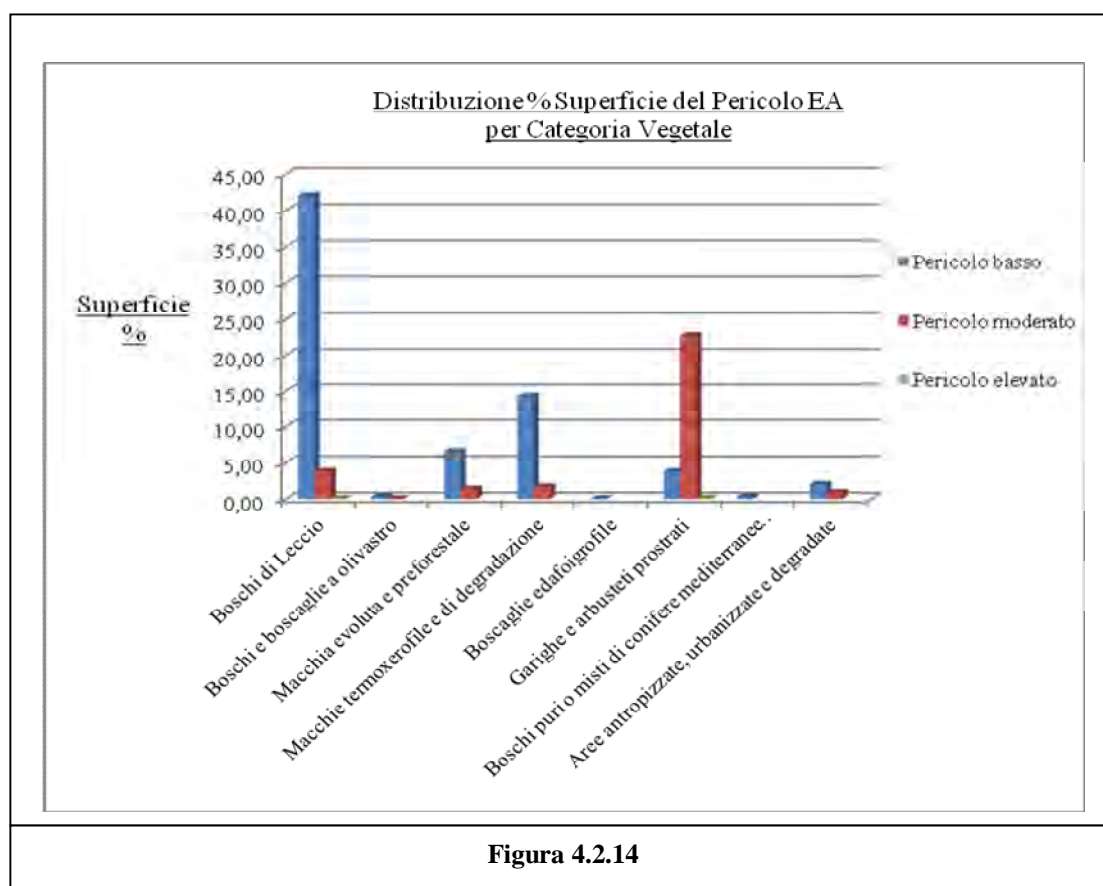
Il grado moderato è invece presente con la % maggiore, circa il 23%, nelle Garighe e arbusteti prostrati e seguito da valori molto più ridotti, quasi il 4%, e presente nei Boschi di Leccio.

Altri valori sono quelli presenti nelle macchie, con poco più dell'1% della superficie totale.

Il grado di pericolosità elevato è invece presente in solo 2 categorie vegetali: Boschi di Leccio e Garighe e arbusteti prostrati, con una prevalenza nella seconda categoria e comunque con valori % molto bassi.

**Tabella 4.2.8** – Ripartizione % della Superficie a diverso grado di Pericolosità Attuale (Ea) rispetto alle diverse Categorie Vegetali.

Categoria vegetale	Pericolo Ea			Totale %
	basso	moderato	elevato	
Boschi di Leccio	42,13	3,83	0,04	46,00
Boschi e boscaglie a olivastro	0,31	0,03		0,33
Macchia evoluta e preforestale	6,55	1,34		7,89
Macchie termoxerofile e di degradazione	14,24	1,66		15,90
Boscaglie edafoigrofile	0,04			0,04
Garighe e arbusteti prostrati	3,77	22,73	0,10	26,60
Boschi puri o misti di conifere mediterranee (di origine artificiale)	0,32			0,32
Aree antropizzate, urbanizzate e degradate	2,03	0,90		2,92
<b>Totale</b>	<b>69,38</b>	<b>30,48</b>	<b>0,13</b>	<b>100</b>



L'interpolazione tra il grado di pericolosità attuale e le classi di pendenza del modello CORINE, visibile nella Tab. 4.2.9 e nella Fig. 4.2.15, evidenzia come la maggior parte del territorio in esame è presente su pendenze elevate o molto elevate e che la ripartizione del relativo pericolo è conseguente. E' possibile poter notare come il grado di pericolo basso è insito su tutte le classi di pendenza e che la maggior parte della superficie, circa il 38%, è sito su pendenze maggiori del 30%, seguite da % sempre più ridotte con la conseguente riduzione del grado di pendenza.

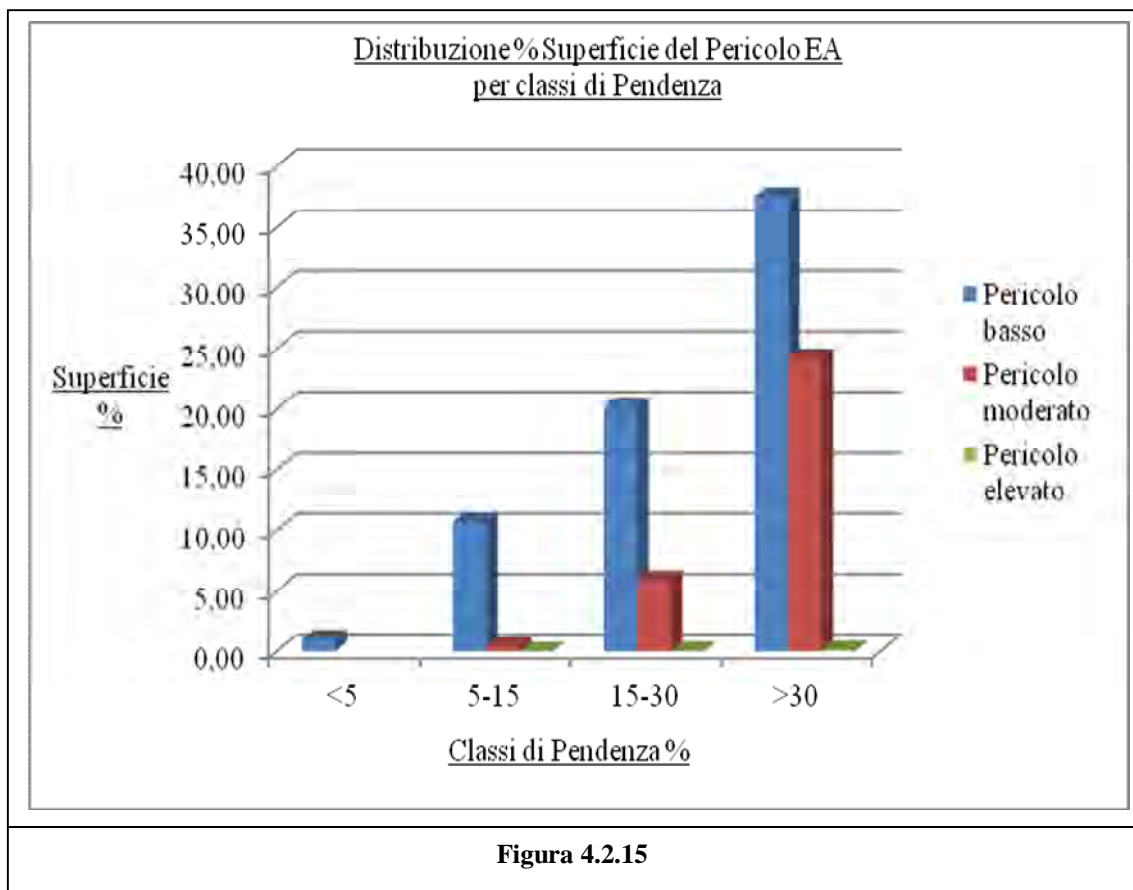
Il grado di pericolo moderato è situato su livelli di pendenza maggiori del 5% e il comportamento è del tutto simile a quello riscontrato nel grado basso. Infatti, è possibile verificare come la maggior parte della superficie, poco più del 24%, è disposta su pendenze maggiori del 30%, mentre passando a valori di pendenza inferiori, si è riscontrata una conseguente riduzione della superficie fino a valori al di sotto dell'1%.

Il grado di pericolo elevato è situato su pendenze anch'esse maggiori del 5% e in modo particolare soprattutto su pendenze comprese tra il 15-30% e maggiori del 30%, ma con valori assoluti sicuramente molto ridotti: dal 0,03 fino al 0,11% e comunque con un deciso aumento della superficie all'aumentare del grado di pendenza.

Altra caratteristica importante, che in ogni caso ricalca i comportamenti appena descritti è quella relativa ai valori totali (Tab. 4.2.9): si nota, infatti, come all'aumentare della pendenza il grado di pericolo si porta sui valori della classe a più basso valore.

**Tabella 4.2.9** – Ripartizione % della Superficie a diverso grado di Pericolosità Attuale (Ea) rispetto alle diverse classi di pendenza del modello CORINE.

Classi di Pendenza (%)	Pericolo			Totale %
	basso	moderato	elevato	
<5	1,00			1,00
5-15	10,69	0,41	0,00	11,11
15-30	20,17	5,86	0,03	26,06
>30	37,52	24,21	0,11	61,83
<b>Totale</b>	69,38	30,48	0,13	100



Nella Tab. 4.2.10 e nella Fig. 4.2.16 è rappresentata la ripartizione % della Superficie a diverso grado di Pericolosità Attuale (Ea) rispetto alle diverse classi di Copertura vegetale %.

Il grado di pericolosità basso è quello in cui sono presenti tutti i gradi di copertura vegetale. Nello stesso si evidenzia come, all'aumentare della copertura vegetale, aumenta decisamente la relativa quantità di superficie, passando da valori di poco superiori al 2% fino al valore massimo assoluto del 32,61%.

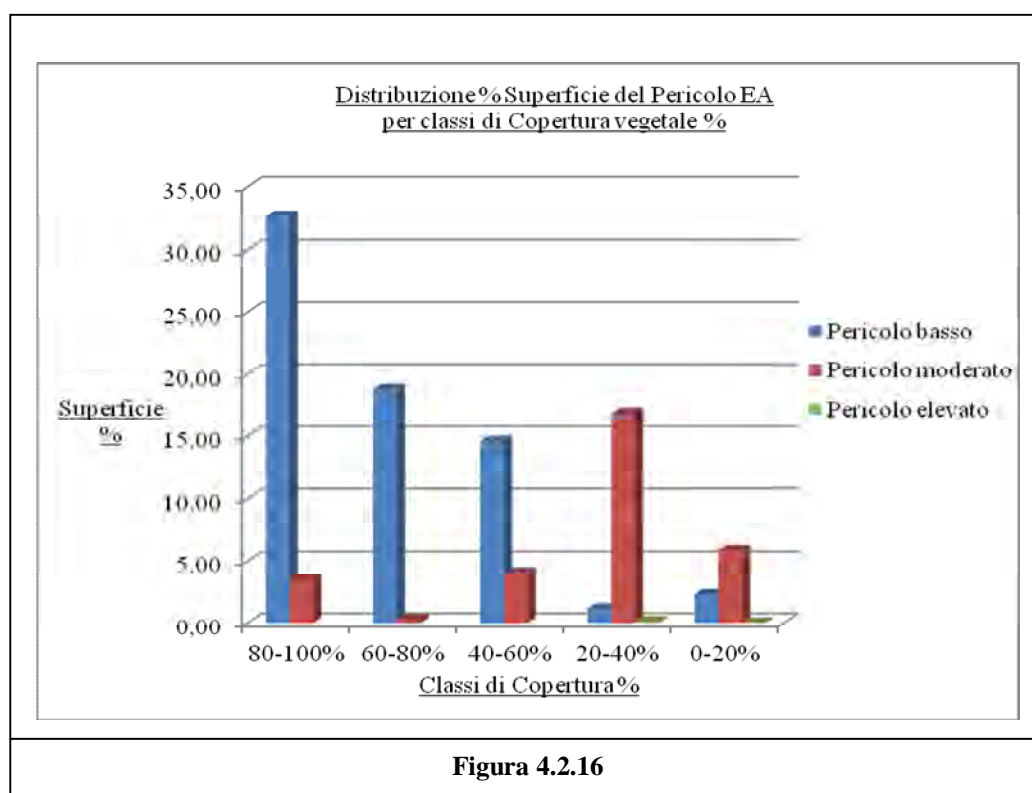
Carattere sicuramente più discontinuo è quello riscontrabile nell'analisi del pericolo moderato, dove all'aumentare della copertura vegetale si verifica una non trasparente riduzione della quantità di superficie. Il valore massimo di superficie è presente con una classe di copertura bassa: 20-40%.

Il grado di pericolo elevato è presente solo su 2 classi di copertura 20-40% e minore del 20% con una decisa riduzione della superficie alla riduzione del grado di copertura del suolo.

In generale è possibile poter annotare come, all'aumentare della quantità di copertura, si verifica un deciso aumento della superficie e in modo particolare con un deciso aumento della superficie avente grado di pericolosità basso.

**Tabella 4.2.10** – Ripartizione % della Superficie a diverso grado di Pericolosità Attuale (Ea) rispetto alle diverse classi di Copertura vegetale % del modello CORINE.

Classi di Copertura Vegetale (%)	Pericolo			Totale %
	basso	moderato	elevato	
80-100%	32,61	3,47		36,07
60-80%	18,76	0,27		19,03
40-60%	14,57	4,06		18,63
20-40%	1,14	16,85	0,11	18,09
0-20%	2,31	5,85	0,03	8,18
<b>Totale</b>	<b>69,38</b>	<b>30,48</b>	<b>0,13</b>	<b>100</b>



Nella Tab. 4.2.11 e nella Fig. 4.2.17, 4.2.18 e 4.2.19 è rappresentata la Ripartizione % della Superficie a diverso grado di Pericolosità Attuale (Ea) rispetto alle diverse classi di Copertura vegetale % e di Categoria vegetale.

Il pericolo a grado basso, come anche da Fig. 4.2.17, è distribuito su tutte le categorie vegetali (8) e nella maggior parte dei casi su tutte le classi di copertura vegetale. Si nota come, all'aumentare della copertura %, aumenta la % di superficie e come domini la categoria Boschi di Leccio nella classe a maggior copertura, 80-100%, con poco più del 25% e come sia sempre la stessa categoria vegetale quella maggiormente rappresentata con poco più del 42%, seguita dalle macchie termoxerofile e di degradazione con poco più del 14% e seguita da valori molto più ridotti dalle altre categorie vegetali.

Nel caso del pericolo a grado moderato, come da Fig. 4.2.18, presente su un numero di categorie vegetali minore (6), e nella maggior parte dei casi solo su alcune classi di copertura vegetale, la maggior parte della superficie è presente sulla categoria Garighe e Arbustesti prostrati, con circa il 23%, le altre categorie vegetali sono molto meno rappresentate.

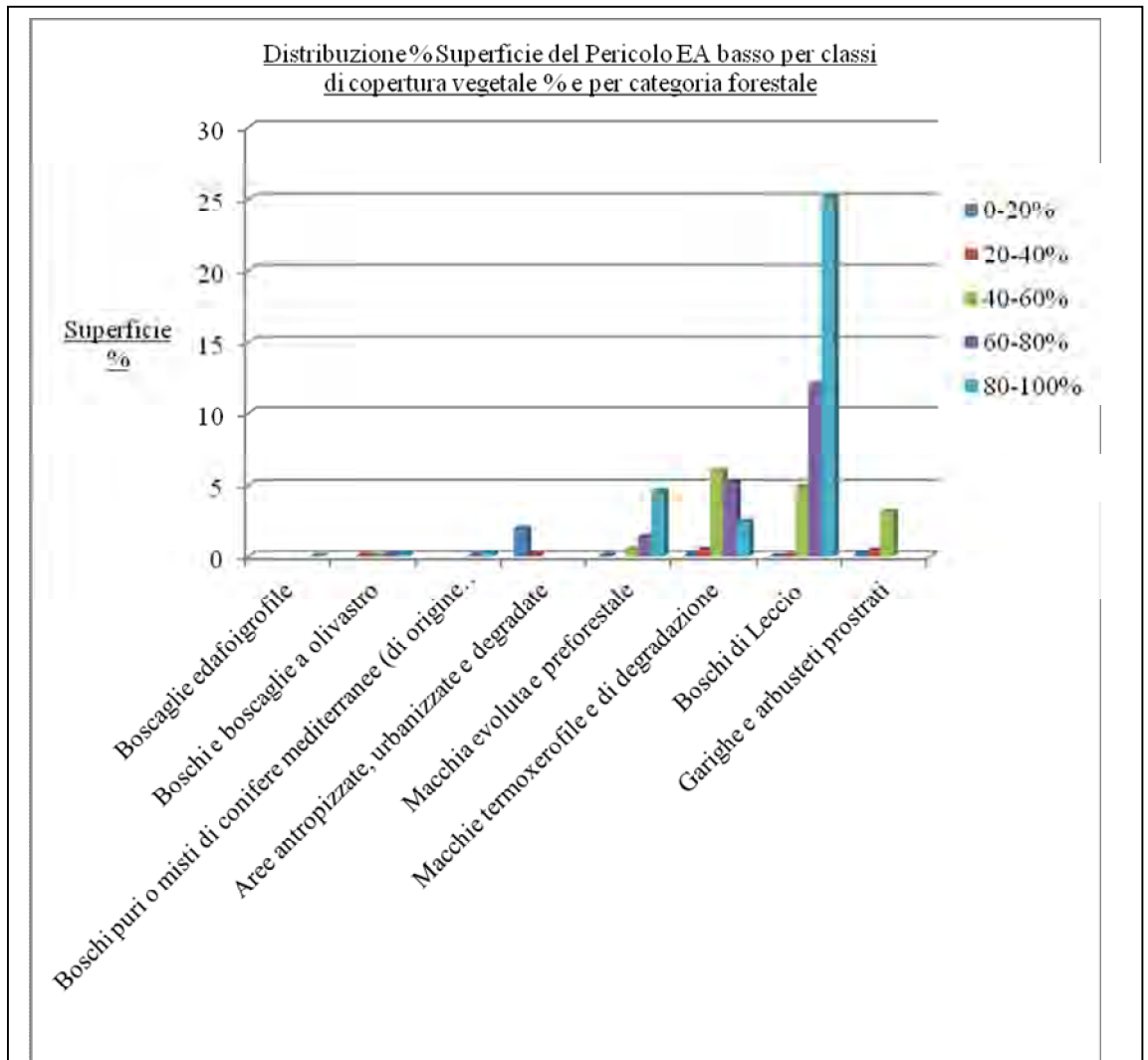
Come già detto in precedenza, il grado di pericolo elevato, come da Fig. 4.2.19 è invece presente solo su 2 categorie vegetali e con valori molto bassi.

In modo particolare, nei boschi di leccio, il grado di pericolo elevato è sito sia su gradi di copertura % compresi nel range 20-40%, sia nella classe di copertura più bassa. Nel caso degli Arbusteti Prostrati, si evidenzia la presenza solo su una classe di copertura pari al 20-40%.

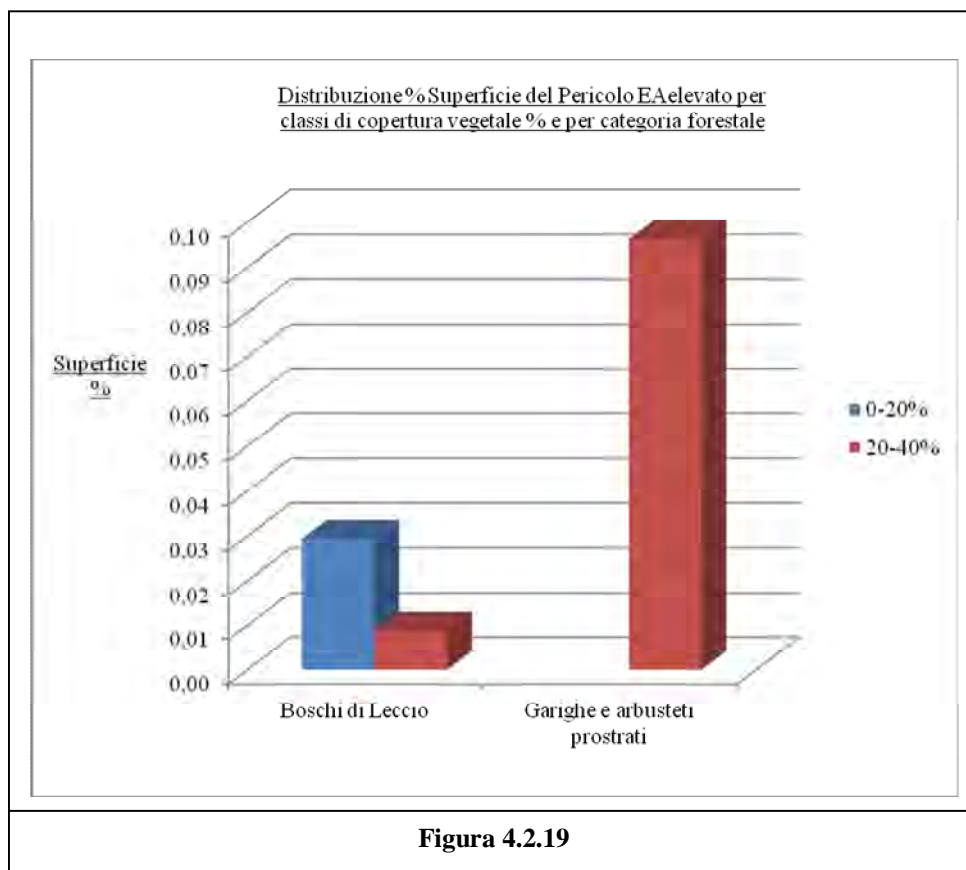
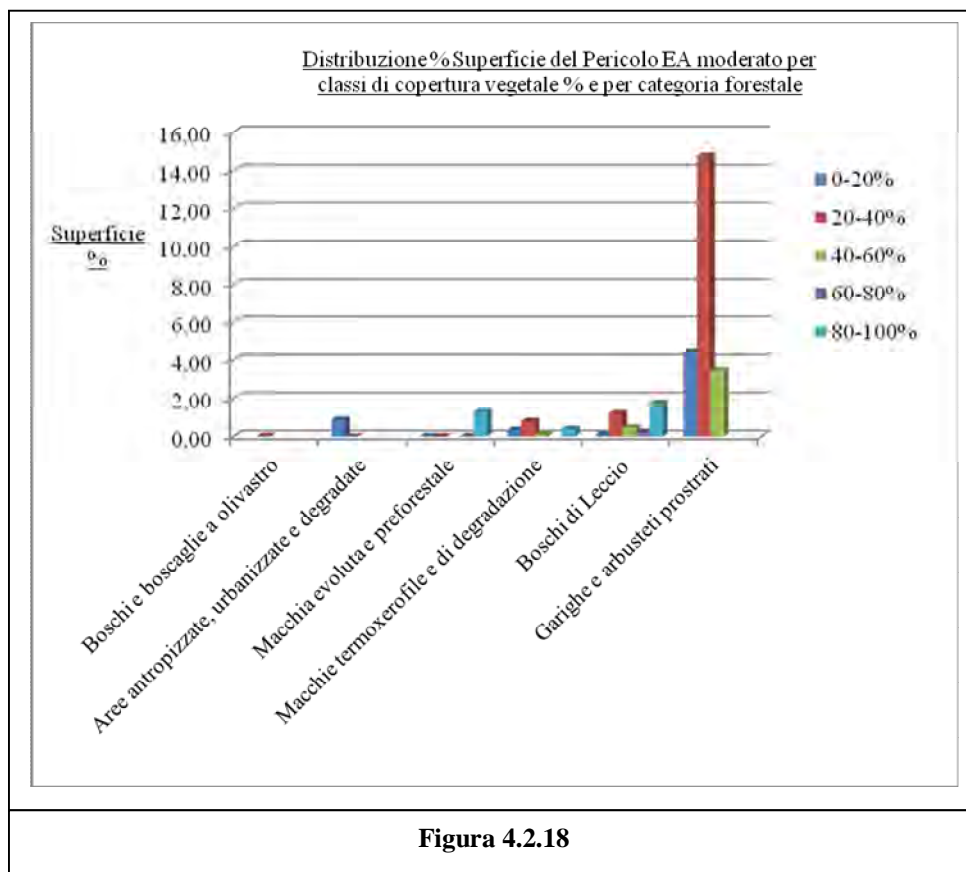


**Tabella 4.2.11** – Ripartizione % della Superficie a diverso grado di Pericolosità Attuale (Ea)  
rispetto alle diverse classi di Copertura vegetale % e di Categoria vegetale.

Classi di Copertura Vegetale (%)		0- 20%	20- 40%	40- 60%	60- 80%	80- 100%	Totale %
Categoria vegetale	<b>Pericolo basso</b>	2,31	1,14	14,57	18,76	32,61	69,38
	Boscaglie edafoigrofile					0,04	0,04
	Boschi e boscaglie a olivastro		0,05	0,02	0,10	0,14	0,31
	Boschi puri o misti di conifere mediterranee (di origine artificiale)				0,07	0,25	0,32
	Aree antropizzate, urbanizzate e degradate	1,94	0,09				2,03
	Macchia evoluta e preforestale	0,05		0,52	1,38	4,59	6,55
	Macchie termoxerofile e di degradazione	0,10	0,50	5,99	5,21	2,44	14,24
	Boschi di Leccio	0,01	0,04	4,94	12,01	25,14	42,13
	Garighe e arbusteti prostrati	0,22	0,45	3,10			3,77
	<b>Pericolo moderato</b>	5,85	16,85	4,06	0,27	3,47	30,48
	Boschi e boscaglie a olivastro		0,03				0,03
	Aree antropizzate, urbanizzate e degradate	0,89	0,00				0,90
	Macchia evoluta e preforestale	0,01	0,01		0,02	1,30	1,34
	Macchie termoxerofile e di degradazione	0,35	0,81	0,11		0,40	1,66
	Boschi di Leccio	0,10	1,23	0,48	0,25	1,77	3,83
Garighe e arbusteti prostrati	4,49	14,77	3,47			22,73	
<b>Pericolo elevato</b>	0,03	0,11				0,13	
Boschi di Leccio	0,03	0,01				0,04	
Garighe e arbusteti prostrati		0,10				0,10	
<b>Totale</b>	8,18	18,09	18,63	19,03	36,07	100	



**Figura 4.2.17**



Nella Tab. 4.2.12 e nelle Fig. 4.2.20, 4.2.21 e 4.2.22, è rappresentata la ripartizione % della Superficie a diverso grado di Pericolosità Attuale (Ea), rispetto alle diverse classi di Copertura vegetale % e di Pendenza.

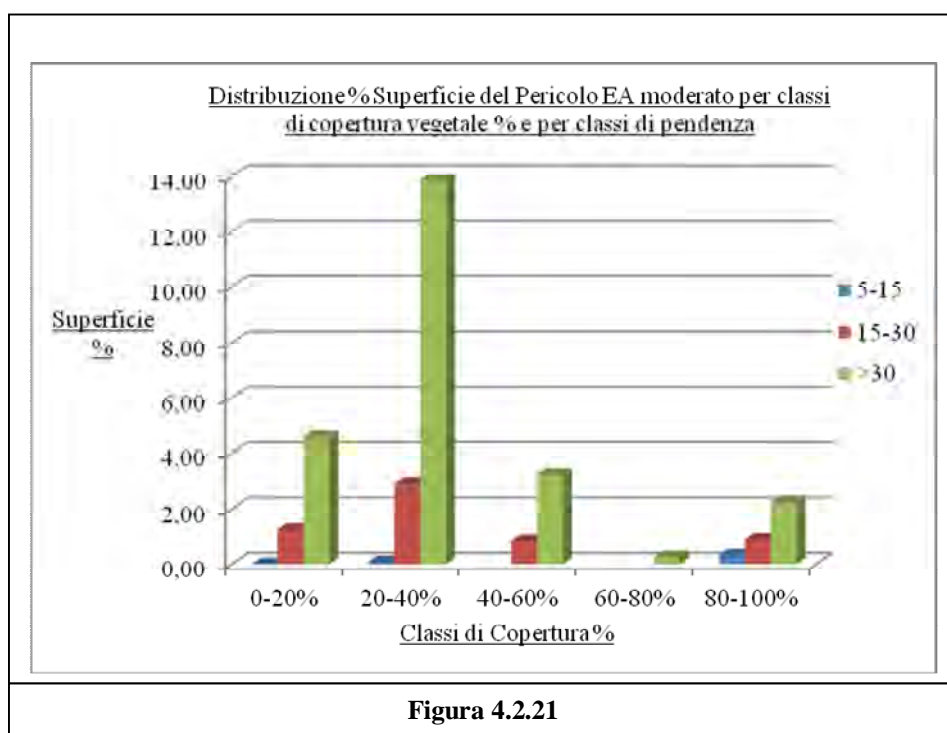
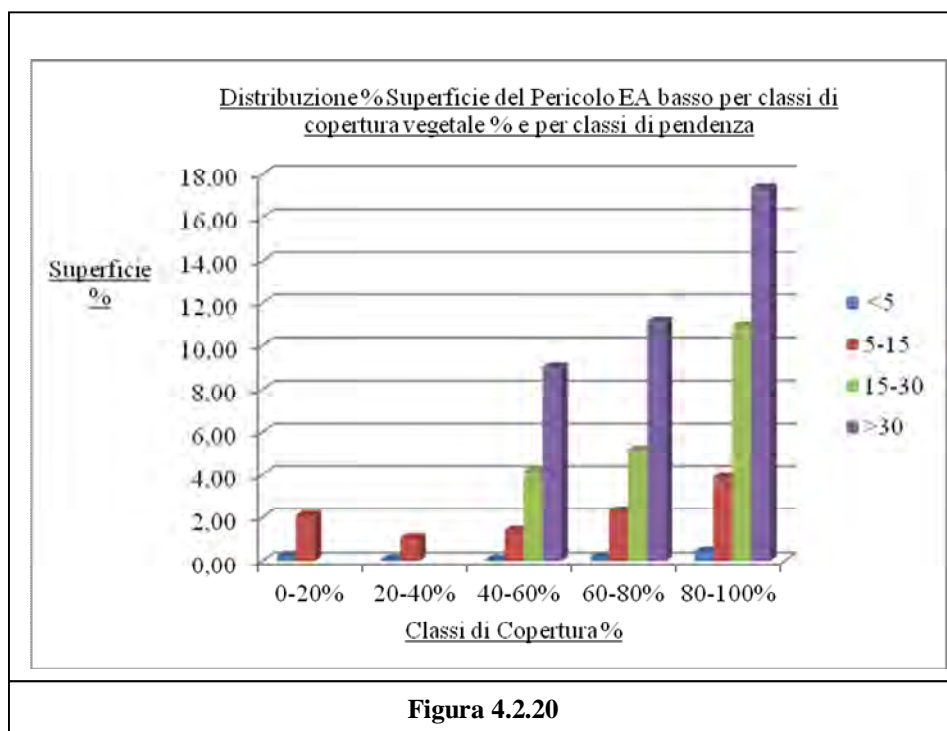
Nel caso del grado di pericolosità basso (Fig. 4.2.20), si può notare che all'aumentare della copertura, aumenta la % di superficie, così come all'aumentare della pendenza, aumenta la % di superficie. Stessa caratteristica si nota quando all'aumentare del grado di copertura e con il conseguente aumentare del grado di pendenza, aumenta anche la rispettiva % di superficie fino al valore più elevato e di poco superiore al 17%.

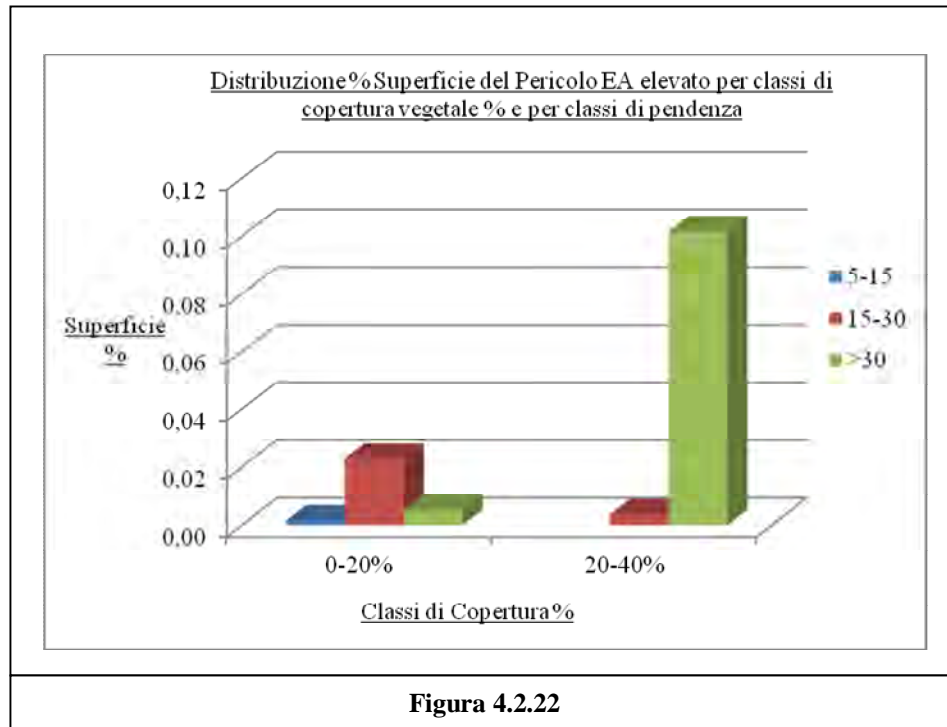
Nel caso del grado di pericolosità moderata (Fig. 4.2.21), il comportamento evidenziato nel caso del grado basso, si riconosce nel solo caso dei rapporti pendenza-copertura, in tutte le classi di copertura, mentre in senso assoluto si ha un comportamento abbastanza variabile. La copertura aumenta dalla prima alla seconda classe (20-40%) e subito si riconoscono dei valori di picco, di poco inferiori al 14% e situati su pendenze elevate (> del 30%) per poi passare a valori di superficie progressivamente più bassi fino al raggiungimento della classe a maggiore copertura.

Nel caso del grado di pericolosità elevato (Fig. 4.2.22), si nota come lo stesso è distribuito solo nelle 2 classi di pendenza: 0-20 e 20-40% e come nell'unico passaggio in aumento della copertura tra le 2 classi, si è avuto un deciso aumento della superficie, con il passaggio dallo 0,03 allo 0,11% del totale.

**Tabella 4.2.12** – Ripartizione % della Superficie a diverso grado di Pericolosità Attuale (Ea) rispetto alle diverse classi di Copertura vegetale % e di Pendenza del modello CORINE.

Classi di Copertura Vegetale (%)		0-20%	20-40%	40-60%	60-80%	80-100%	Totale %
Classi di Pendenza (%)	<b>Pericolo basso</b>	2,31	1,14	14,57	18,76	32,61	69,38
	<5	0,23	0,08	0,08	0,17	0,44	1,00
	5-15	2,08	1,05	1,39	2,28	3,88	10,69
	15-30			4,09	5,15	10,93	20,17
	>30			9,01	11,15	17,36	37,52
	<b>Pericolo moderato</b>	5,85	16,85	4,06	0,27	3,47	30,48
	5-15	0,00	0,09			0,33	0,41
	15-30	1,25	2,90	0,83		0,88	5,86
	>30	4,60	13,86	3,22	0,27	2,26	24,21
	<b>Pericolo elevato</b>	0,03	0,11				0,13
	5-15	0,00					0,00
	15-30	0,02	0,00				0,03
	>30	0,01	0,10				0,11
	<b>Totale</b>	8,18	18,09	18,63	19,03	36,07	100





L'impiego del modello di stima Corine consente la conoscenza di quale o quali fattori portino a un determinato grado di pericolo di erosione, permettendo la possibilità di decidere sull'eventuale modifica dei fattori specifici (es. copertura o pratiche antierosive) o sulla limitazione/annullamento (vincolo) di determinate attività d'uso scorretto del suolo, es. tagli irrazionali del bosco, sovrappascolamenti, ecc.

L'EA ha permesso di identificare, su base areale, un possibile pericolo; lo stesso deve essere tuttavia analizzato con verifiche di campagna utili anche a identificare eventuali problemi di natura gestionale, che spesso risultano centrali nell'aggravare il problema erosivo.

Le relazioni esistenti tra il pericolo attuale di erosione e i fattori vegetali e topografici più evidenti sono stati verificati in campo, su base areale, in un numero significativo di casi, in varie zone del bacino. In tutti i casi analizzati, la carta del pericolo di erosione ha fornito risposte sufficientemente coerenti e adeguate alla definizione dei vari gradi di pericolo e ai diversi fattori predisponenti il problema erosivo.

La carta dell'EA ha, in effetti, permesso di riconoscere, nelle diverse aree, come i vari gradi di pericolo erosivo sono legati in vari casi e in varia misura a uno o più fattori. Il legame costante è quello con la pendenza che quando è legata a una pessima condizione pedologica, da un'insufficiente copertura vegetale e un'irrazionale pratica gestionale, si concretizza in alcuni episodici e puntuali fenomeni erosivi, per lo più localizzati e a carattere laminare e incanalato.

Laddove si è presentato un elevato grado di pericolosità attuale, lo stesso appare relativo, dal punto di vista fisico e potenziale, alle caratteristiche dell'erodibilità, fortemente influenzate dalla granulometria più grossolana, dall'elevata pendenza e dalla scarsa copertura vegetale.

Nel bacino in analisi si riscontra come il grado di pericolosità è concentrato soprattutto nelle classi a minore impatto, dove svolgono un ruolo determinante, nella presenza dei valori ottenuti dal modello, anche in presenza di gradi di pendenza elevati, le caratteristiche della prevalente bassa erodibilità,

l'elevato e diffuso grado di copertura vegetale a carattere prevalentemente forestale, con le varie forme di degradazione e/o di relativa evoluzione verso l'alto fusto.

L'insieme delle caratteristiche fisiche e potenziali del bacino analizzato evidenziano un diffuso e prevalente basso grado di pericolosità, mentre i problemi erosivi appaiono sostanzialmente localizzati.

Alcuni esempi di problemi erosivi riscontrati in loco sono quelli rappresentati nelle Fig. 4.2.23 – Fig. 4.2.26 dove, in modo particolare, sono stati rintracciati problemi di erosione idrica laminare e incanalata dovuti sia alla tessitura grossolana, a una pendenza elevata e a una ridotta e localizzata mancanza di copertura vegetale.

Nel bacino in analisi sono notevoli gli affioramenti rocciosi di carattere carbonatico che caratterizzano, per la mancanza di suolo, un'erodibilità nulla. Le superfici a erodibilità bassa sono in genere legate a tessiture scarsamente o poco erodibili.

Le coperture vegetali svolgono un ruolo importante specialmente nelle zone boscate, dove il suolo è coperto in modo permanente. Una ridotta copertura posta su elevate pendenze, accompagnata dalla presenza di suoli con tessiture particolarmente erodibili, può comportare la presenza di un problema erosivo che può presentarsi ed essere aggravato notevolmente dall'errata gestione selvicolturale.

E, in effetti, l'unico carattere evidente e che può essere oggetto di attenta considerazione dal punto di vista gestionale è la copertura vegetale, che nel caso del bacino in analisi, si è rivelato un utile fattore di analisi. Alla scala di semidettaglio la copertura è certamente un fattore importante che in determinate casistiche, svolge un'importante azione di attenuazione del grado di pericolosità di erosione. Nel caso in esame, il passaggio dall'erosione potenziale a quella attuale, ha evidenziato una decisa attenuazione delle superfici a grado di pericolosità moderata ed elevata.

La carta del pericolo attuale di erosione (EA) è uno strumento che, in relazione ad aspetti antierosivi, ha manifestato delle risposte sostanzialmente utili. Le problematiche erosive possono essere limitate e controllate con un cambiamento della gestione delle colture volte a evitare il depauperamento della risorsa suolo.

Il pericolo attuale di erosione è uno strumento gestionale dei suoli creato su una base conservativa e sostenibile e che permette di riconoscere, localizzandoli e quindi prevenendo o rallentando i fenomeni di erosione idrica in atto.

Il modello CORINE ha, nel caso in esame, fornito una serie di risposte interessanti, che permettono di definire a scala di bacino una serie di informazioni utili a riconoscere l'importanza ad es. della copertura vegetale. Le stesse risposte devono considerarsi tuttavia incomplete dal punto di vista pedologico, in quanto non sono presi in esame alcuni importanti caratteri del suolo. Certamente la S.O. del suolo è il principale fattore a non essere stato preso in esame e che sicuramente può svolgere un ruolo altrettanto mitigante quanto la copertura vegetale. La S.O. svolge importanti funzioni sia dal punto di vista antierosivo, per un'evidente capacità fisica di attenuazione dell'impatto di un'elevata aggressività climatica, sia in modo indiretto quale volano nella crescita e nell'evoluzione delle formazioni forestali, prime fra tutte quelle forme vegetali che in ambiente mediterraneo sono in evoluzione verso l'alto fusto: le macchie evolute e preforestali. Altra importante funzione svolta dalla dotazione organica del suolo è quella di indispensabile supporto in caso di eventi incendiari. Se la S.O. è stata scarsamente lambita

dall'incendio, la stessa consente, in caso di rottura della copertura, una più rapida ricostituzione della copertura vegetale del suolo (Dettori et al, 2001, Piuksi, 1994).

Contestualizzando ulteriormente al caso in analisi, possiamo comunque concludere come data la presenza in ingresso al modello CORINE di dati sostanzialmente semplici, le relative risposte sono da attendersi con altrettanta portata e che la fase di verifica di campagna, ha permesso di ottenere delle risposte di conferma dei dati finali sufficientemente utili al soddisfacimento degli obiettivi del presente lavoro.



**Figura 4.2.23**



**Figura 4.2.24**





**Figura 4.2.25**



**Figura 4.2.26**

### 4.3 Descrizione dell'entità del pascolo a scala di bacino

A scala di Bacino è stata accertata, con verifiche di vario tipo, la consistenza del carico animale presente nella zona in analisi. In effetti, una causa del possibile eventuale degrado pedologico, sia di tipo diretto sia di tipo indiretto, potrebbe essere dovuto a un eccesso del carico zootecnico pascolante nella zona in analisi.

Sulla base di una verifica in loco, avvalorata dalle statistiche della Compagnia Barracellare del Comune di Dorgali, abbiamo accertato che nel bacino idrografico di Cala Gonone sono presenti 6 aziende zootecniche (Fig. 4.3.1).

La specie prevalente è la Capra (*Capra hircus* L.) presente con 1.500 unità che pascolano prevalentemente in modo brado su buona parte dei 3.377 ha del bacino idrografico in esame. La densità capi caprini pascolanti è di 0,44 capi/ha, densità sicuramente molto bassa, che tuttavia deve essere considerata come relativa all'intero bacino. Dall'analisi dei vari sentieri, dei percorsi praticati dagli animali pascolanti, la presenza della specie caprina è certamente legata alla possibilità di trovare nel bosco o, più facilmente nelle radure, alimenti facilmente disponibili e in quantità adeguate.

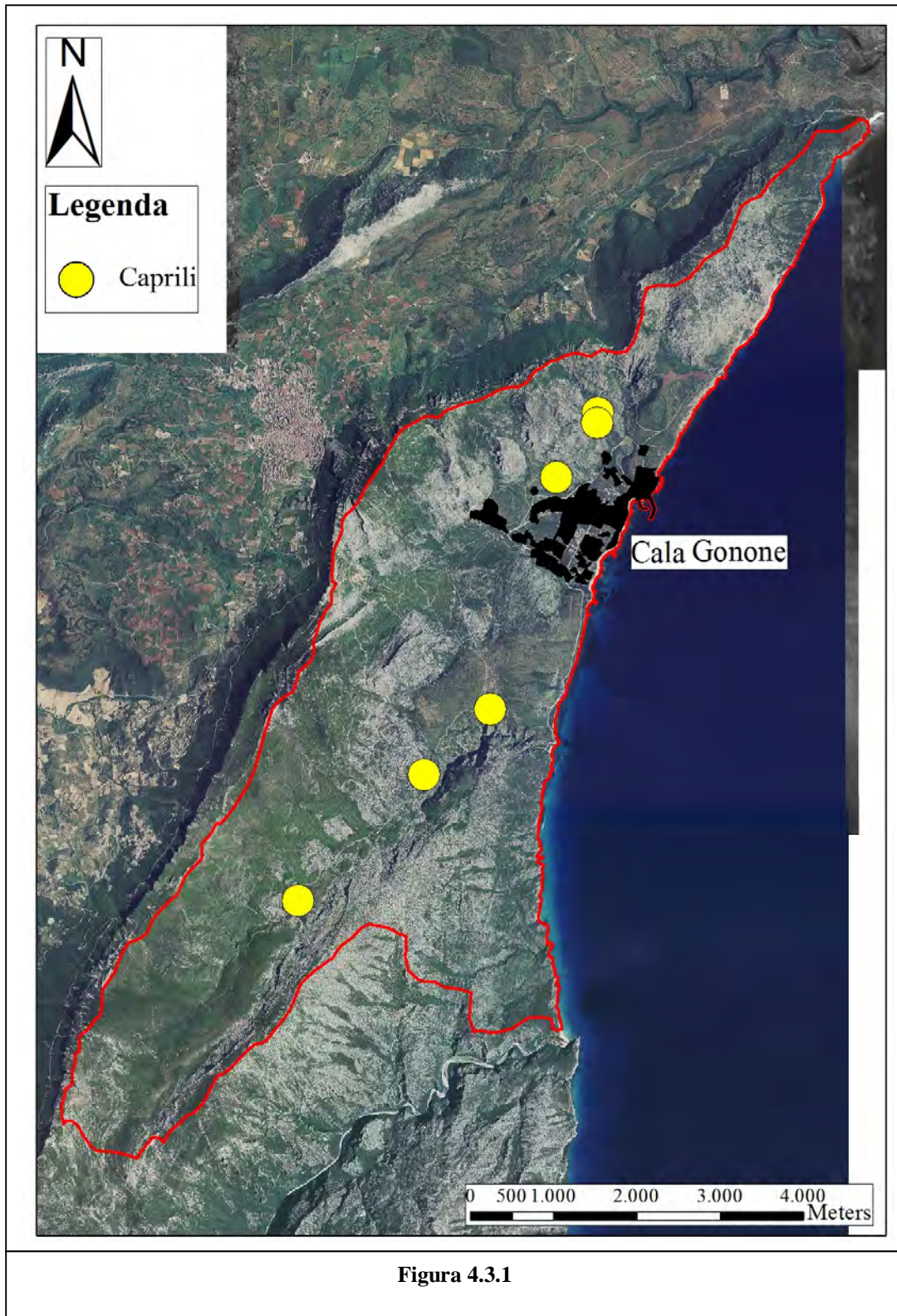
Data la mancanza di uno strato erbaceo continuo e folto per tutto l'anno, il pascolo caprino è volto soprattutto alla ricerca di ghiande e foglie dei primi virgulti delle piante forestali, in particolar modo del Leccio.

All'interno della formazione vegetale Boschi di leccio, data la prevalente presenza di piante appartenenti alla fase di novelleto, pare evidente, data la mancanza di piante di tutte le età, come l'incidenza del pascolo, potrebbe essere una possibile causa della mancanza di fasi vegetali successive utili alla rinnovazione e quindi alla sopravvivenza del bosco.

Tale possibilità è eventualmente legata a un pascolo caprino tuttavia instabile. All'interno del bosco non sono presenti tracce di diffusi sentieramenti dovuti al passaggio di elevati carichi animali. Potrebbe sussistere un regime sostanzialmente random di passaggio degli animali che coprono tutta la superficie e che "ciclicamente" riducono fino ad annullare la copertura vegetale offerta dalla rinnovazione forestale.

Nella zona è presente anche il pascolo suino, ma di tipo localizzato, posto in appositi recinti aziendali e a carattere di modesta entità.

Relativamente ai carichi zootecnici presenti in passato, non è stato possibile poter accertare l'effettiva quantità e tipologia. Sicuramente con informazioni di portata storica, si sarebbe potuta ricostruire al meglio l'effettiva intensità dei carichi presenti e l'effettiva evoluzione/involuzione della pressione sulla vegetazione e sui suoli in analisi. Tuttavia, si suppone che i carichi siano in diminuzione, considerando l'attuale situazione di crisi presente nel comparto ovi-caprino.



**Figura 4.3.1**

#### 4.4 Caratteristiche chimiche della S.O. nelle parcelle sperimentali

I dati rilevati sulle parcelle sperimentali (par. 3.3.1) sono relativi a campioni prelevati nel marzo 2009.

I dati ottenuti dalle analisi di laboratorio sono stati raccolti rispettivamente nelle Tab. 4.4.1a, 4.4.1b e 4.4.1c. In particolare modo nella Tab. 4.4.1a, sono rappresentati i dati chimici di carattere generale quali: pH-H<sub>2</sub>O, Conducibilità, Carbonio (C), quindi il contenuto di Sostanza Organica (S.O.) e la SO %, l'Azoto (N), il rapporto C/N e infine il Fosforo Totale (P Tot).

Nella Tab. 4.4.1b sono stati presi in considerazione i dati relativi ai parametri caratterizzanti le sostanze umiche (Acidi umici (HA); gli Acidi fulvici (HF); le sostanze non umiche (NH); la Frazione Carbonio organico non unificata (NH); il Carbonio organico Totale (TOC); il Carbonio organico Estraibile (TEC) nonché i vari indici di umificazione (HI), grado di umificazione (DH%), tasso di umificazione (HR%) e il livello totale di umificazione.

Infine la Tab. 4.4.1c relativa alle caratteristiche dei polifenoli (Polifenoli Totali (PPt); Polifenoli Solubili, o labili (PPs); Frazione Stabile (Umica) (PPh) e i vari rapporti: Polifenoli Totali rispetto al contenuto della S.O. (PPt/SO%), Polifenoli Solubili, o labili rispetto al contenuto della S.O. (PPs/S.O.), la Frazione Stabile (Umica) rispetto al contenuto della S.O. (PPh/S.O.) e infine il rapporto Frazione Stabile (Umica) rispetto ai Polifenoli Solubili, o labili (PPh/PPs).

Nella Tab. 4.4.1a e nella Fig. 4.4.1, sono presenti i valori del pH-H<sub>2</sub>O accompagnati dai valori relativi al pH-KCl 1 N e al pH-CaCl<sub>2</sub> 0.02 N che esprimono acidità potenziale.

I valori del pH-H<sub>2</sub>O, pari a 7,82 - 7,87 (valore medio di 7,85 tra tutte le parcelle sperimentali) unità di pH, sono sempre maggiori rispetto ai valori relativi all'acidità potenziale e si presentano con valori sostanzialmente simili tra le parcelle poste a quota maggiore (1R:2A) e quelle poste a quota minore (3R:4A). Il range di variazione tra i valori massimo e minimo è contenuto in 0,21 unità di pH.

Si tratta di valori di pH, secondo il Sistema di classificazione USDA (USDA, 1993) Moderatamente alcalini, mentre secondo il Sistema di classificazione del Prof. Sequi (Sequi, 1989) sono del tipo Subalcalini.

Sono valori caratteristici di suoli forestali evolutisi su calcare e giustificati sia dalla natura della matrice litologica della roccia madre, sia dalle condizioni pedoclimatiche.

La conducibilità, come anche evidente nella Fig. 4.4.2, si presenta con valori di tipo non salino, in quanto i valori sono inferiori ai 4 mS/cm. I valori medi più elevati sono quelli presenti nelle parcelle poste a maggiore quota, mentre i valori medi tra tutte le parcelle sono di poco inferiori ai 386 µS/cm, mentre è notevole il range di variazione tra il valore massimo e il minimo, pari a 210 µS/cm.

Il contenuto di C e quindi anche della S.O. e del suo relativo valore %, peraltro evidenti nella Fig. 4.4.3, è, trattandosi di dati relativi all'orizzonte organico Oa, abbastanza elevato e con valori più elevati nel caso delle parcelle sperimentali situate a più bassa quota, pari a circa 36 g/kg, mentre il valore medio tra tutte le parcelle sperimentali è di circa a 146 g/kg. La variazione tra il valore massimo e quello minimo è di circa 70 g/kg.

La S.O. % mostra valori compresi tra circa il 22 e il 28%, rispettivamente tra le parcelle poste a maggiore e quelle a minore quota, mentre il valore medio è di circa il 25% e la differenza tra il valore massimo e il minimo tra tutte le parcelle è di circa 11 punti % (21,01% vs 32,78%).

L'N (Fig. 4.4.4) si presenta con valori più elevati nelle parcelle a più bassa quota e un valore medio tra tutte le parcelle sperimentali di 6,45 g/kg. La variazione tra il valore massimo e quello minimo è di circa 3 g/kg.

In relazione ai valori indicati dal M.I.P.A.F. (M.I.P.A.F., 2000) il contenuto di N presente è relativo a quello di suoli presenti sotto copertura di foresta di latifoglie, dato che i valori sono compresi tra i 3 e i 12 g/kg.

Il rapporto C/N, come rappresentato nella Fig. 4.4.5, si presenta con valori sempre superiori alle 20 unità, con una leggera prevalenza nelle parcelle poste a minore quota e con valori medi tra le parcelle di poco superiori alle 22 unità e con una variazione tra i valori massimi e minimi di circa 4 unità. Il valore massimo è di circa 25 unità.

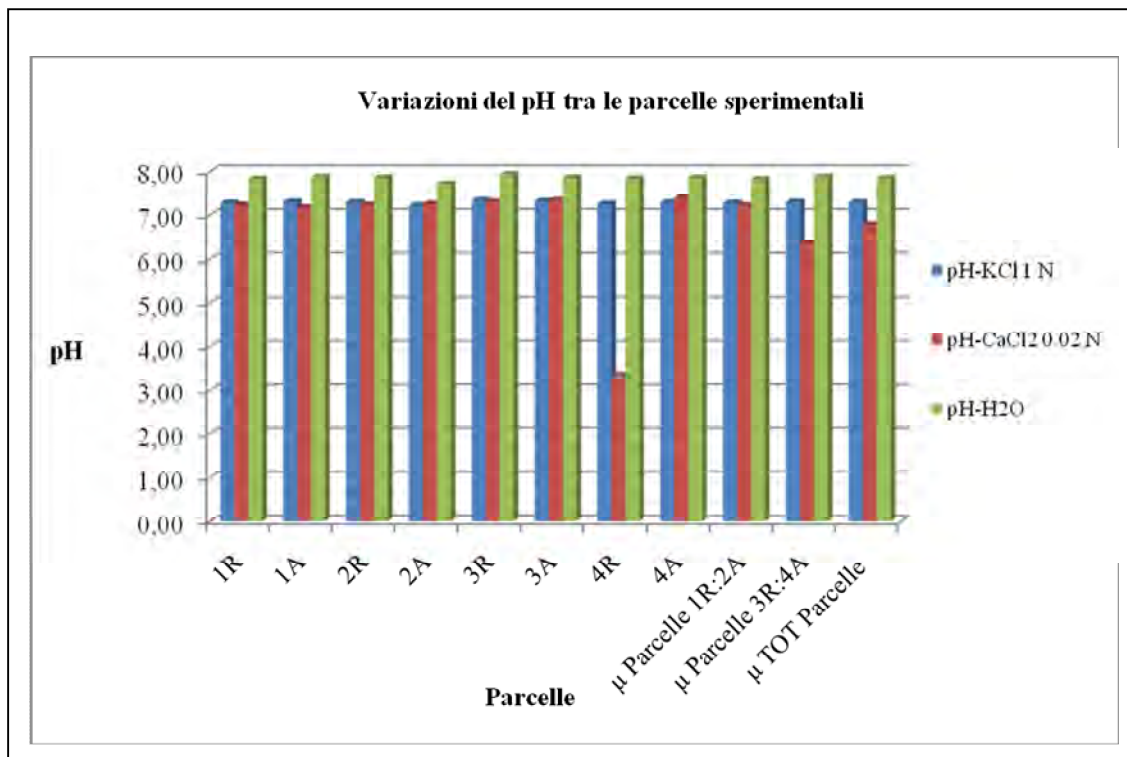
I dati del rapporto C/N sono abbastanza elevati, con il prevalere delle condizioni di ridotta mineralizzazione (Violante, 1996).

Il contenuto di P tot., visibile nella Fig. 4.4.6, è più elevato nelle parcelle poste a maggiore quota ed è di circa 950 mg/kg. Il valore medio tra tutte le parcelle somma a circa 880 mg/kg e la variazione tra il valore massimo e il minimo è dell'ordine di circa 300 mg/kg.

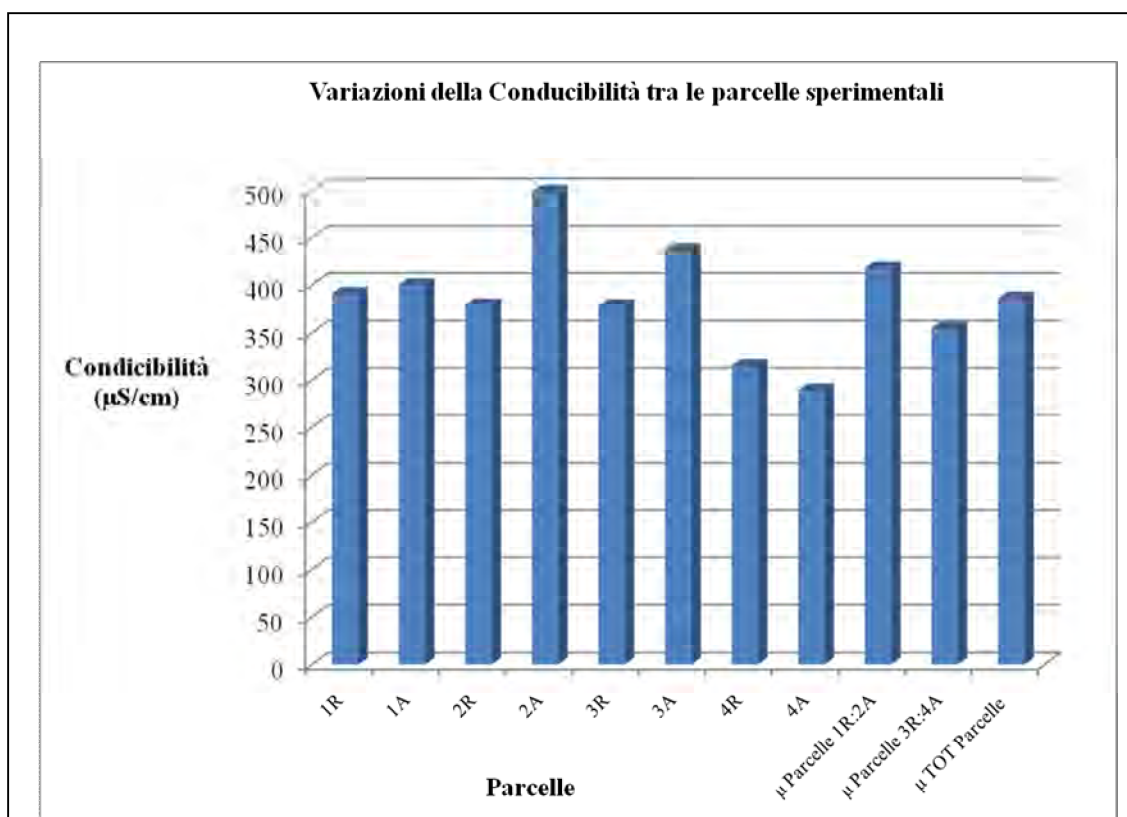
Il contenuto totale di N nel caso in analisi è compreso nei range indicati dal M.I.P.A.F. (M.I.P.A.F., 2000) e pari a 0,2 e 5 g/kg.

**Tabella 4.4.1a** – Caratteri chimici generali della S.O. presente nelle parcelle sperimentali.

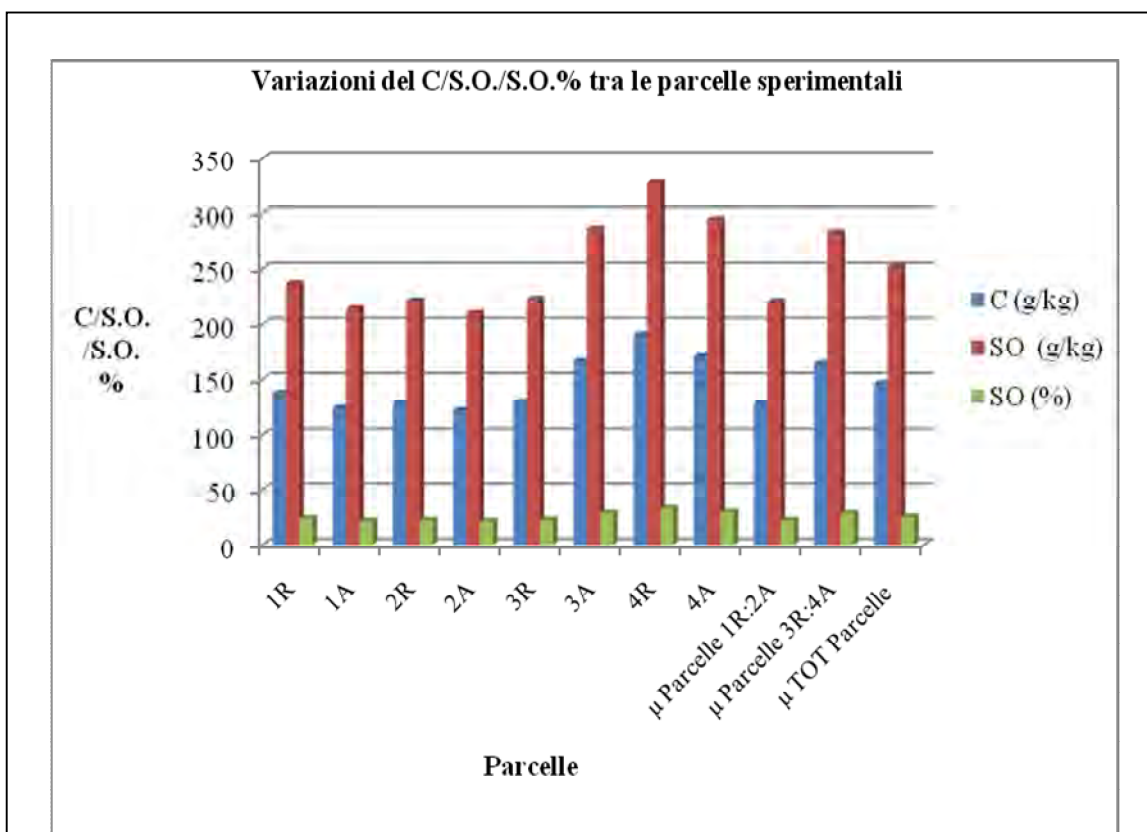
Parcelle N°	pH-KCl 1 N	pH-CaCl <sub>2</sub> 0.02 N	pH-H <sub>2</sub> O	Conducibilità (µS/cm)	C (g/kg)	SO (g/kg)	SO (%)	N-Kjeldahl (g/Kg)	C/N	P Tot. (mg/Kg)
1R	7,28	7,23	7,83	391	137,39	236,85	23,69	5,6	24,53	944,20
1A	7,31	7,17	7,87	400	124,09	213,93	21,39	6,1	20,34	1097,10
2R	7,3	7,23	7,86	379	128,52	221,57	22,16	5,8	22,16	897,70
2A	7,22	7,26	7,72	499	121,88	210,11	21,01	6	20,31	827,80
3R	7,34	7,31	7,93	378	129,19	222,72	22,27	5,4	23,92	837,80
3A	7,32	7,34	7,86	437	165,75	285,75	28,58	7	23,68	811,20
4R	7,26	7,35	7,84	315	190,13	327,78	32,78	7,7	24,69	801,30
4A	7,29	7,4	7,86	289	170,63	294,16	29,42	8	21,33	791,30
µ Parcelle 1R:2A	7,28	7,22	7,82	417,25	127,97	220,62	22,06	5,88	21,84	941,70
µ Parcelle 3R:4A	7,30	7,35	7,87	354,75	163,93	282,60	28,26	7,03	23,41	810,40
µ TOT Parcelle	7,29	7,29	7,85	386,00	145,95	251,61	25,16	6,45	22,62	876,05
Dev.standard 1R:2A	0,04	0,04	0,07	55,17	6,86	11,83	1,18	0,22	1,99	114,11
Dev.standard 3R:4A	0,04	0,04	0,04	66,35	25,44	43,86	4,39	1,16	1,45	19,99
Dev.standard	0,04	0,08	0,06	65,63	25,82	44,52	4,45	0,99	1,82	103,33
Valore Max	7,34	7,40	7,93	499,00	190,13	327,78	32,78	8,00	24,69	1097,10
Valore Min	7,22	7,17	7,72	289,00	121,88	210,11	21,01	5,40	20,31	791,30



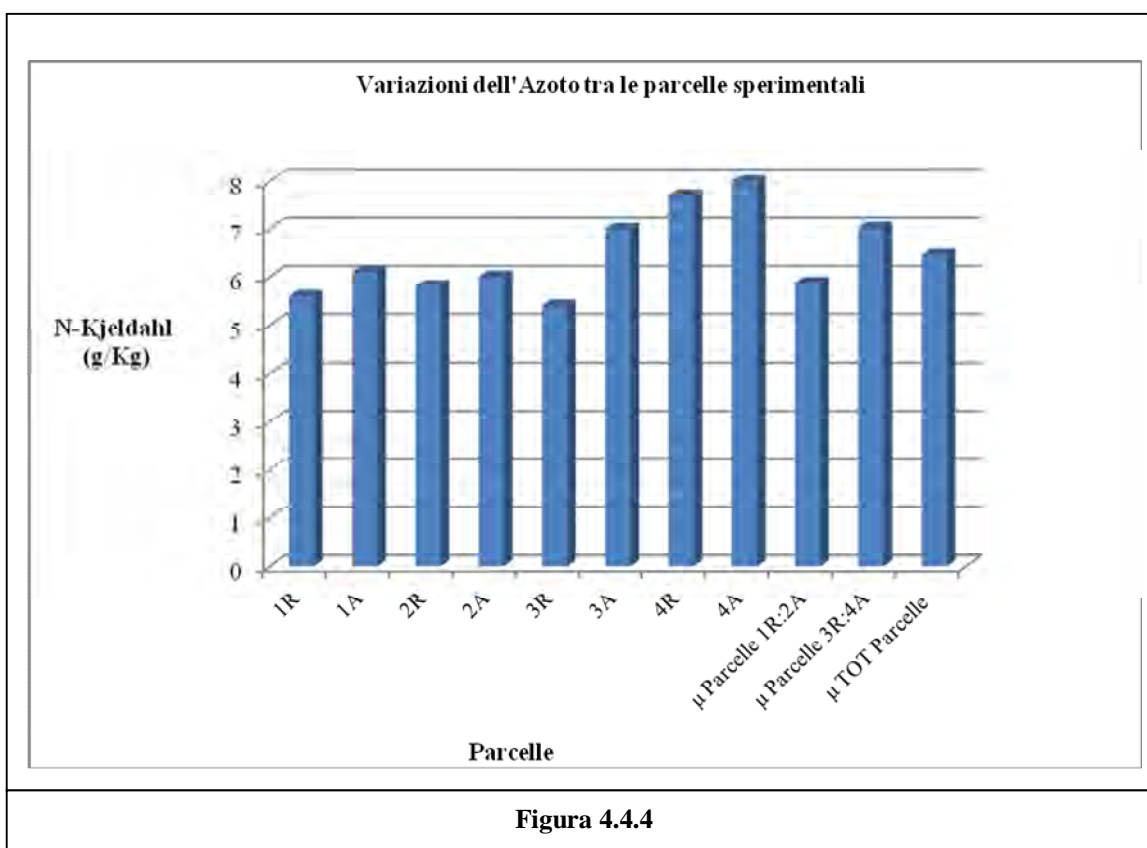
**Figura 4.4.1**



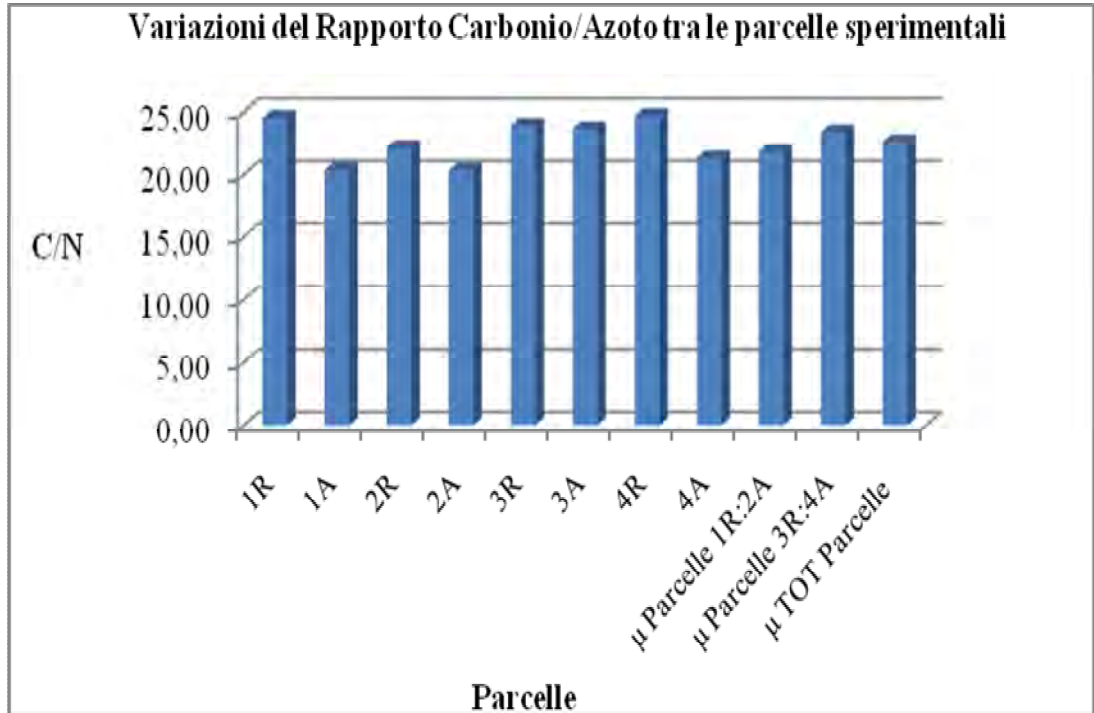
**Figura 4.4.2**



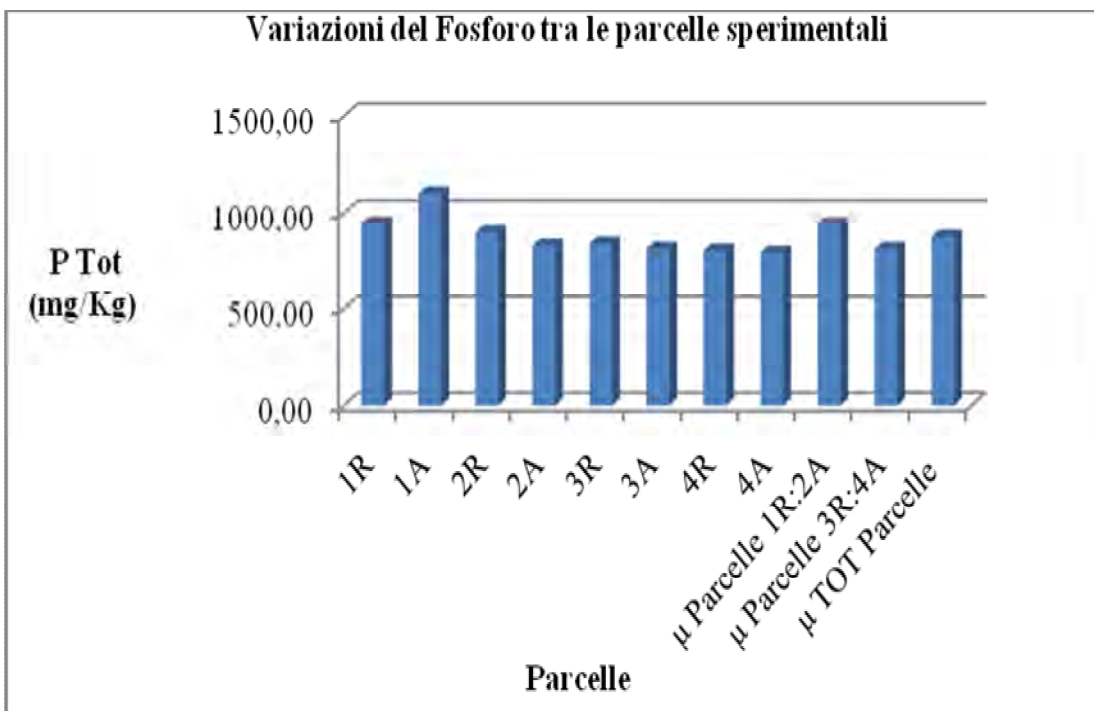
**Figura 4.4.3**



**Figura 4.4.4**



**Figura 4.4.5**



**Figura 4.4.6**



Nella Tab. 4.4.1b e nella Fig. 4.4.7 sono presenti i valori degli HA%. Gli stessi sono prevalenti nel caso delle parcelle poste a minore quota con circa il 7,50% e un valore medio tra tutte le parcelle sperimentali di poco più del 6%.

La variazione tra il valore massimo e quello minimo è di circa 6 punti %.

Nella stessa Fig. 4.4.7 è rappresentata la variazione parcellare degli HF% e mostra valori decisamente inferiori rispetto agli HF% e compresi nell'ordine di poco più dell'1% e con valori medi del 1,18% mentre la variazione tra tutte le parcelle sperimentali è di circa lo 0,5%.

Gli HA e gli HF, costituiscono la frazione più stabile della S.O. importante per lo svolgimento degli effetti diretti e indiretti della disponibilità dei nutrienti e l'organizzazione della struttura del suolo e quindi per la fertilità dei suoli.

Nella Fig. 4.4.8 sono rappresentati le grandezze HA+HF e le NH. E' abbastanza evidente la prevalenza delle componenti umiche rispetto a quelle non umificate con differenze % di 5 e di 7 punti % rispetto alle 2 diverse zone parcellari.

In particolare si rileva che la somma HA+HF presenta valori medi più elevati nelle parcelle poste a valle e valori medi tra tutte le parcelle del 7,22% con una variazione tra il valore massimo e il minimo del 6%.

La frazione non umica presenta valori altrettanto più elevati nelle parcelle di valle con valori circa doppi rispetto a quelle poste a quota più elevata, per un valore medio dello 0,90% e una variazione tra il valore massimo e quello minimo di quasi 2 punti %.

I valori del TOC e del TEC sono rappresentati nella Fig. 4.4.9. Fra le 2 frazioni sono presenti delle differenze dell'ordine delle 3 volte. In particolare, tra le parcelle poste a maggiore e quelle a minore quota il TOC si presenta con valori circa tripli. Stessa condizione si verifica nei valori medi tra tutte le parcelle, con rispettivamente valori di poco superiori al 25% e di poco inferiori al 10%.

La variazione dei valori massimi rispetto ai minimi del TOC è di circa 11 punti % mentre quella presente nel TEC è di circa 9 punti %.

L'HI, raffigurato in Fig. 4.4.10, presenta valori sostanzialmente simili tra le 2 zone di rilievo, con un valore medio tra tutte le parcelle di 0,12 e una variazione tra il valore massimo e quello minimo di 0,1 unità.

L'HI è tanto più basso quanto più ridotti sono i processi di umificazione rispetto ai processi di mineralizzazione. Nel caso in analisi, quindi in suoli aventi una copertura stabile come il bosco, si hanno valori più bassi (0,4) rispetto a quelli citati in bibliografia. Sostanzialmente si tratta di valori simili a quelli riscontrati nelle torbe (0,2 a 0,3) (M.I.P.A.F., 2000) o in presenza di estratti molto umificati (Sidari et al., 2005).

Nella Tab. 4.4.11 sono raffigurate le variazioni parcellari % tra il DH%, il HR% e il livello totale di umificazione.

In particolare si rileva che il DH% presenta valori medi sostanzialmente simili e al di sopra del 74% mentre la variazione % tra tutte le parcelle sperimentali è di circa il 10%.

Più è elevato il valore di tale indice e più risulta prossimo a valori del 100%, si verifica la condizione di maggior livello di umificazione del carbonio organico estratto. Nel caso in analisi si verifica una condizione di elevato livello di umificazione.

Il HR% si presenta con valori compresi tra circa il 26 e il 31% rispettivamente tra le parcelle poste a monte e quelle poste più a valle e con valori medi tra tutte le parcelle di poco più del 28%.

La variazione tra il valore massimo e quello minimo è di circa 14 punti %.

Il HR% è un parametro molto importante per la valutazione del grado di stabilizzazione della S.O. specialmente nei concimi, negli ammendanti organici. Lo stesso indice assume invece un significato più limitato quando è applicato al suolo, in quanto una parte delle sostanze umiche è rintracciabile sotto forma di umina, che è una frazione non estraibile.

In ogni caso, anche nel suolo è importante considerare tale indice per valutare con approssimazione il grado della stabilità della S.O..

Il livello totale di umificazione assume valori % elevati prossimi al 90% e con differenze tra i valori massimi e minimi tra tutte le parcelle di circa 11 punti %.

**Tabella 4.4.1b** – Caratteri chimici delle Sostanze Umiche della S.O. presenti nelle parcelle sperimentali.

Parcelle N°	Acidi Umici (HA) (%)	Acidi Fulvici (HF) (%)	HA+HF (%)	Non umici (NH) (%)	Carbonio Organico Totale (TOC) (%)	Carbonio Organico Estraibile (TEC) (%)	Indice di Umificazione (HI = NH/(HA + HF))	Grado di Umificazione (DH% =100 * (HA + HF)/TEC)	Tasso di Umificazione HR% =100 *((HA + HF)/TOC)	Livello totale di umificazione (100*((HA+HF)+(TOC-TEC))/TOC)
1R	4,79	1,27	6,06	0,55	23,69	8,19	0,09	74,08	25,60	91,04
1A	4,31	0,93	5,24	0,55	21,39	7,09	0,10	73,97	24,50	91,38
2R	4,47	1,00	5,47	0,67	22,16	7,36	0,12	74,34	24,70	91,48
2A	4,94	1,00	5,94	0,73	21,01	7,84	0,12	75,74	28,27	90,95
3R	5,08	1,24	6,31	0,60	22,27	8,39	0,10	75,23	28,35	90,67
3A	6,88	1,34	8,22	1,00	28,58	10,55	0,12	77,90	28,77	91,84
4R	7,88	1,47	9,35	1,07	32,78	11,89	0,11	78,65	28,52	92,26
4A	10,02	1,17	11,19	2,07	29,42	16,70	0,19	67,00	38,03	81,27
μ Parcelle 1R:2A	4,63	1,05	5,68	0,62	22,06	7,62	0,11	74,53	25,77	91,21
μ Parcelle 3R:4A	7,46	1,30	8,77	1,19	28,26	11,88	0,13	74,70	30,92	89,01
μ TOT Parcelle	6,05	1,18	7,22	0,90	25,16	9,75	0,12	74,62	28,34	90,11
Dev.standard 1R:2A	0,29	0,15	0,39	0,09	1,18	0,49	0,02	0,82	1,74	0,26
Dev.standard 3R:4A	2,06	0,13	2,04	0,63	4,39	3,52	0,04	5,33	4,75	5,20
Dev.standard	2,04	0,19	2,14	0,51	4,45	3,26	0,03	3,53	4,30	3,61
Valore Max	10,02	1,47	11,19	2,07	32,78	16,70	0,19	78,65	38,03	92,26
Valore Min	4,31	0,93	5,24	0,55	21,01	7,09	0,09	67,00	24,50	81,27

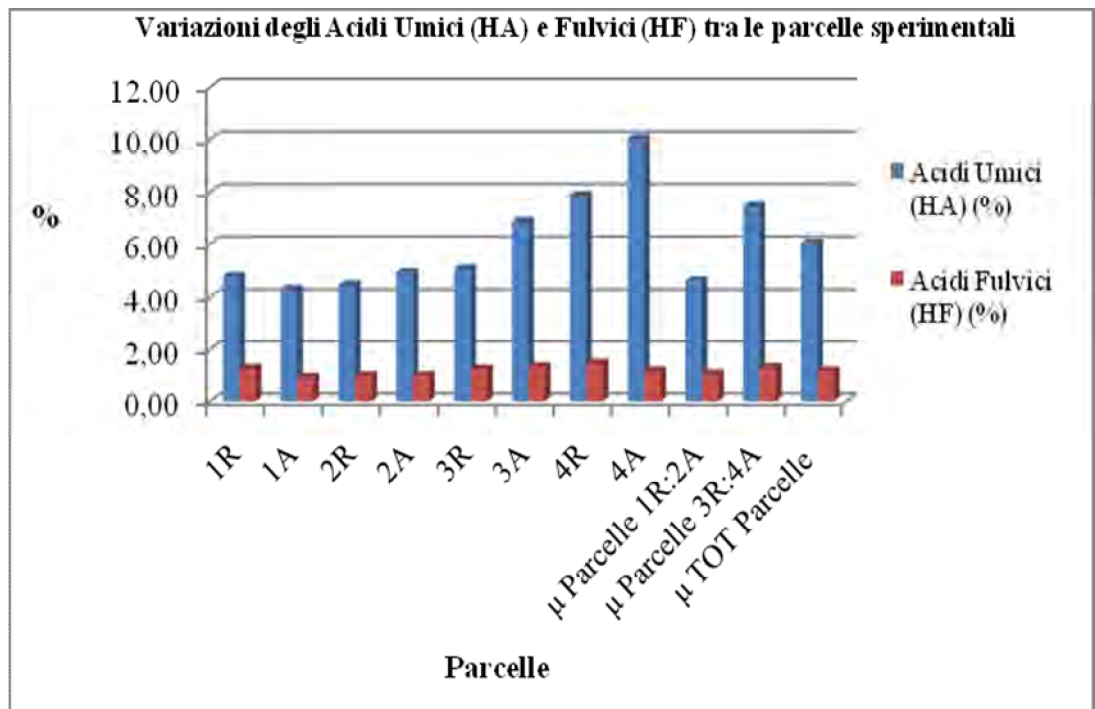


Figura 4.4.7

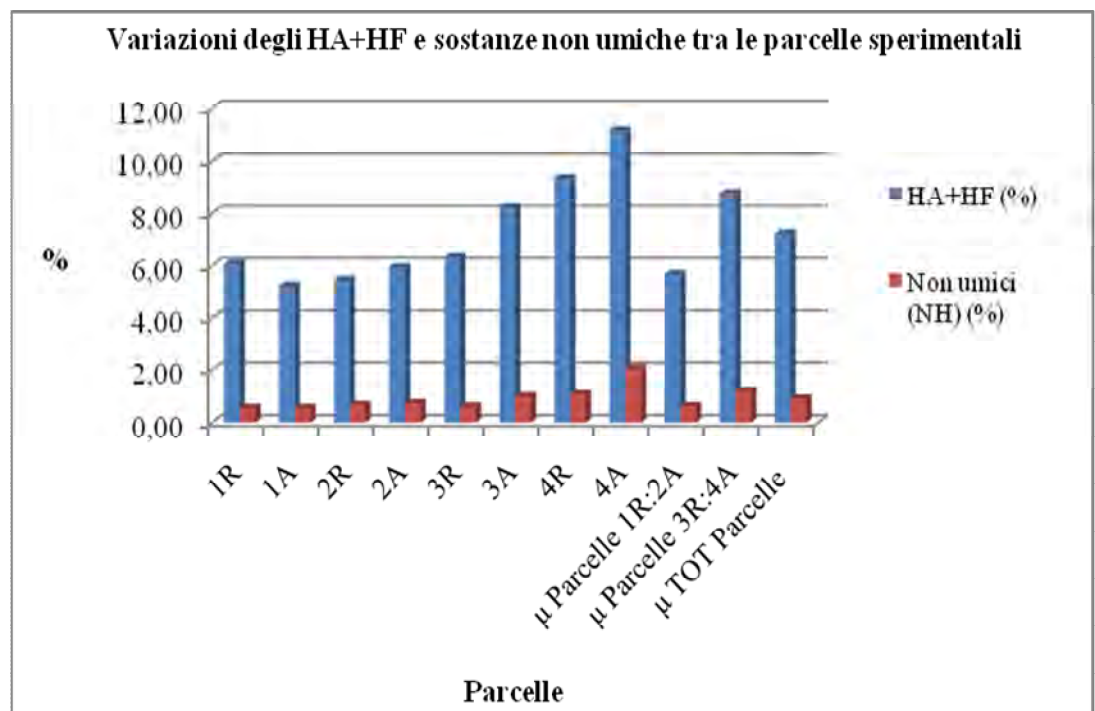


Figura 4.4.8

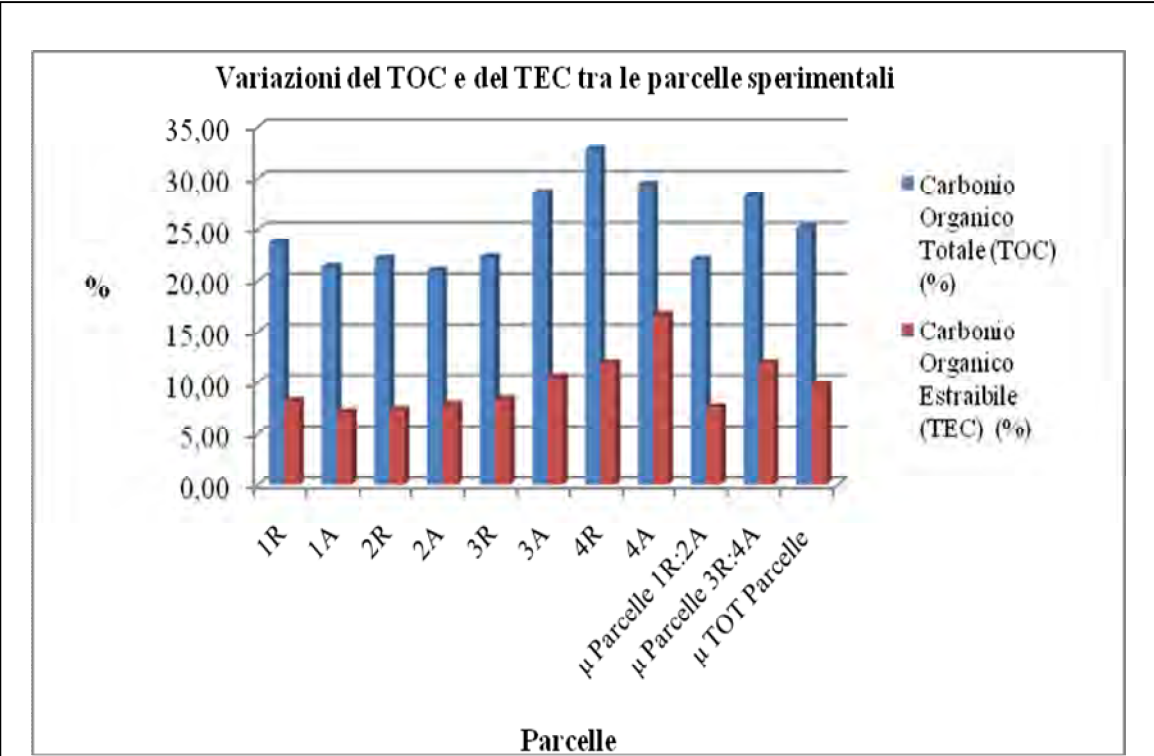


Figura 4.4.9

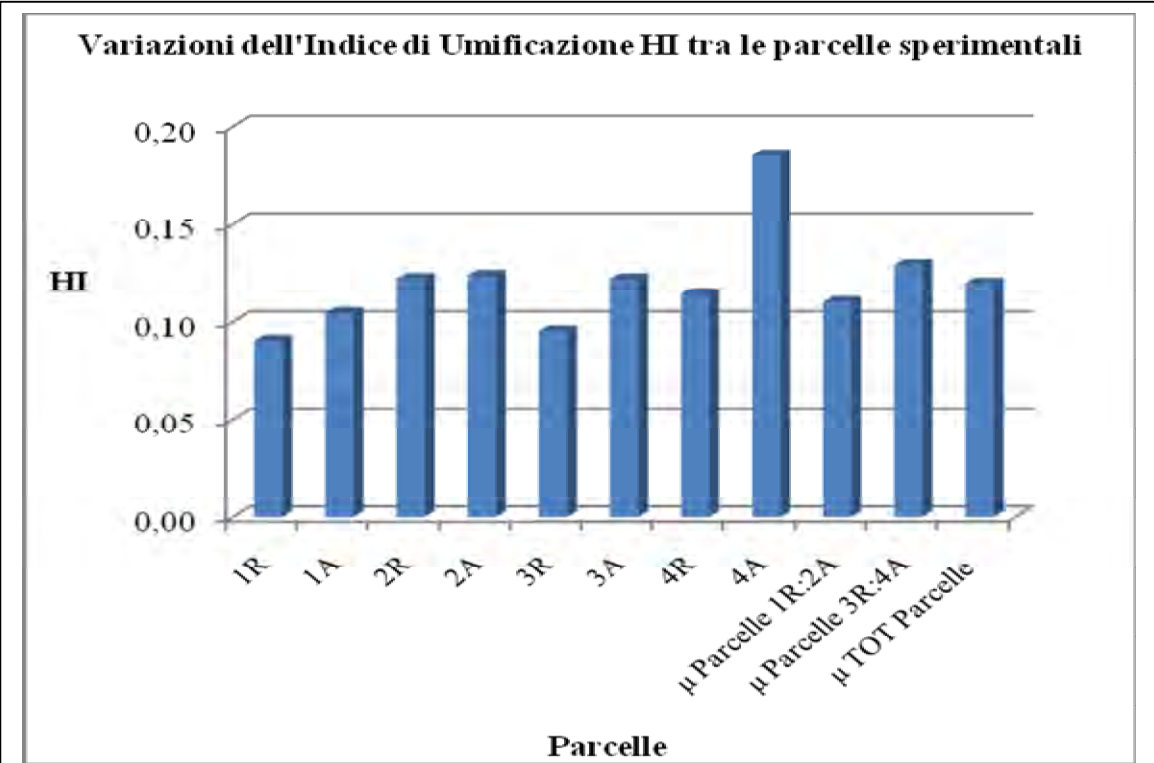
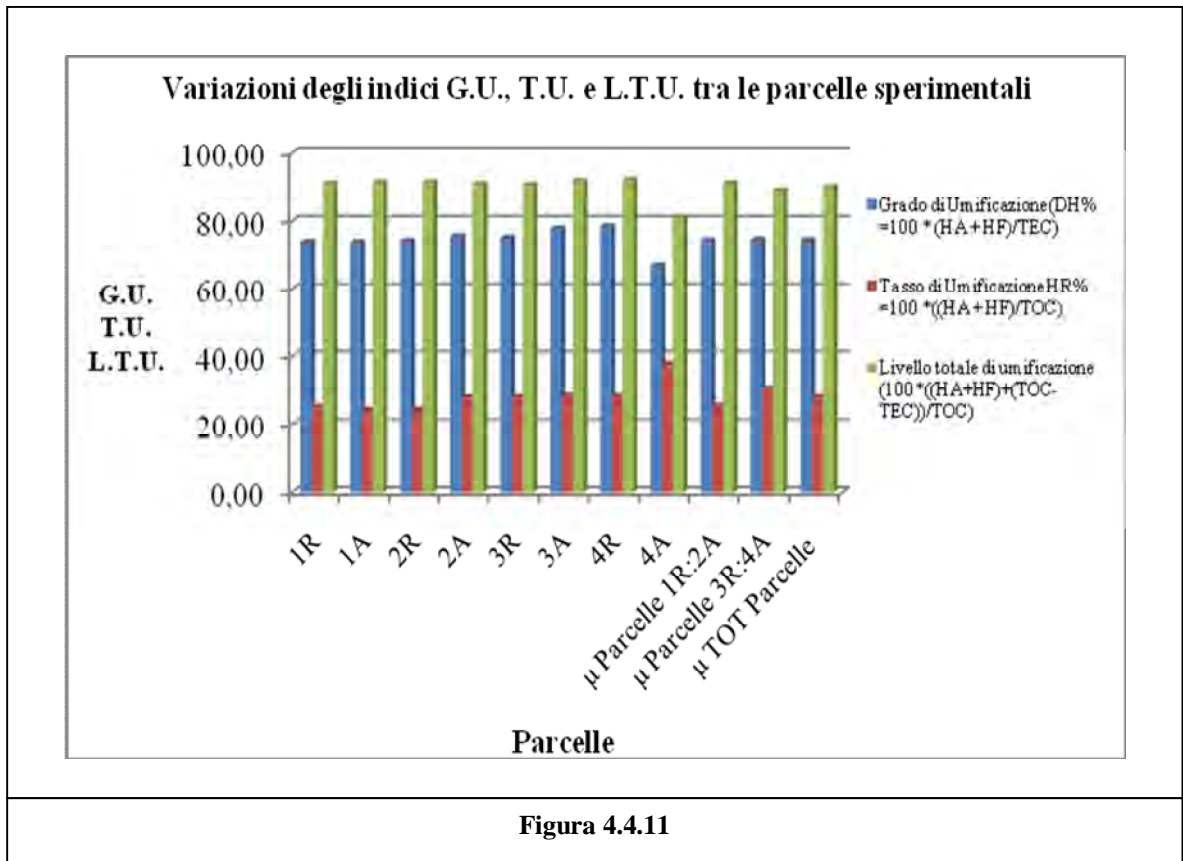


Figura 4.4.10



Nella Tab. 4.4.1c sono stati presi in esame i valori relativi alle caratteristiche dei polifenoli. In particolare, i PPtot (Fig. 4.4.12) sono presenti con valori più elevati nel caso delle parcelle poste a valle e con uno scarto medio di circa 1 g/kg e con valori medi tra tutte le parcelle compresi tra i circa 3 e i 5,19 g/kg.

I PPs (Fig. 4.4.12) sono presenti con valori ancora più bassi e simili tra le 2 zone di rilievo e aventi valore medio tra tutte le parcelle di 0,14 g/kg e con variazioni max-min di 0,07 g/kg.

I PPh, (Fig. 4.4.12), ottenuti dalla differenza tra i PPtot e i PPs presentano valori superiori nelle parcelle di valle di circa 0,7 g/kg e con scarti tra i valori massimi e minimi di circa 2 g/kg.

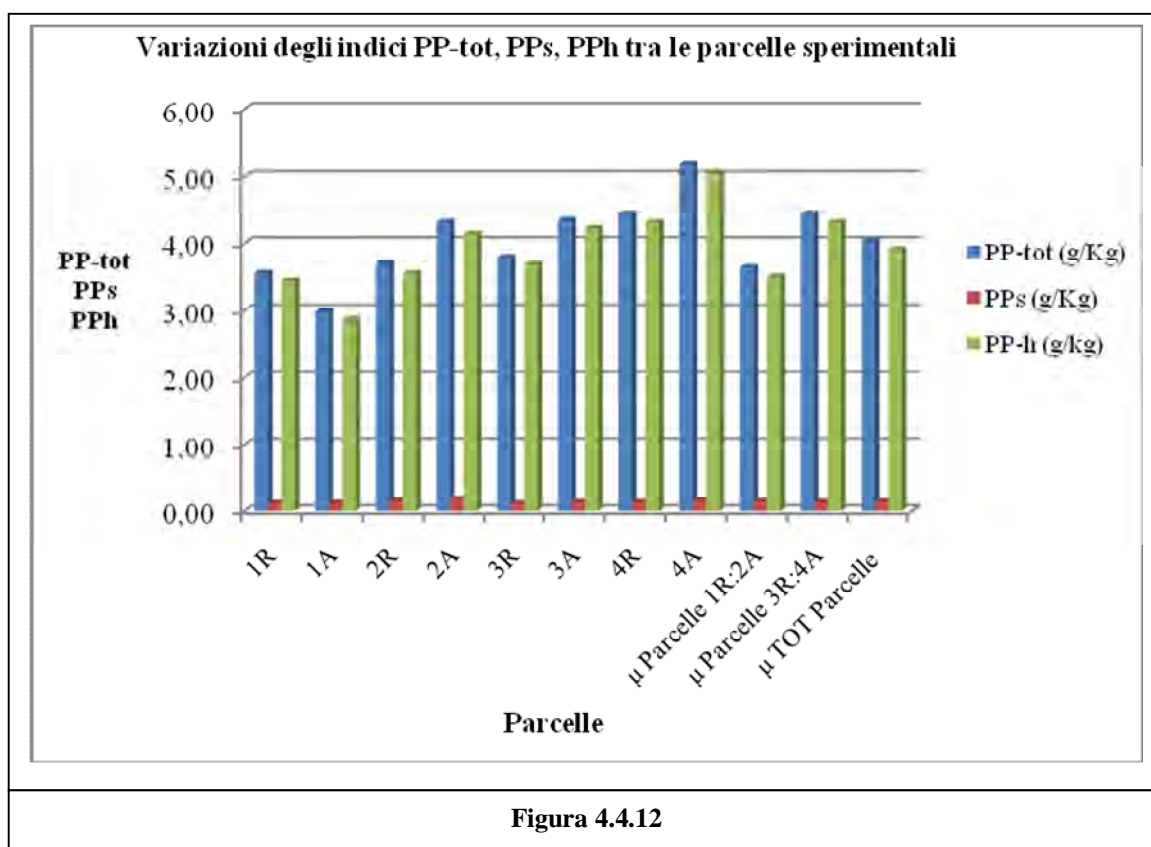
I rapporti tra PPtot, PPs e PPh (Fig. 4.4.13) rispetto al contenuto di S.O. presentano valori % che ricalcano le variazioni sopra espresse. In particolare il rapporto PPtot/S.O. presenta valori medi di poco superiori all'1,62%; molto più bassi sono i valori che contraddistinguono il rapporto PPs/S.O. che presenta valori trascurabili dell'ordine dello 0,06% e infine il rapporto PPh/S.O., con valori di circa il 1,60%.

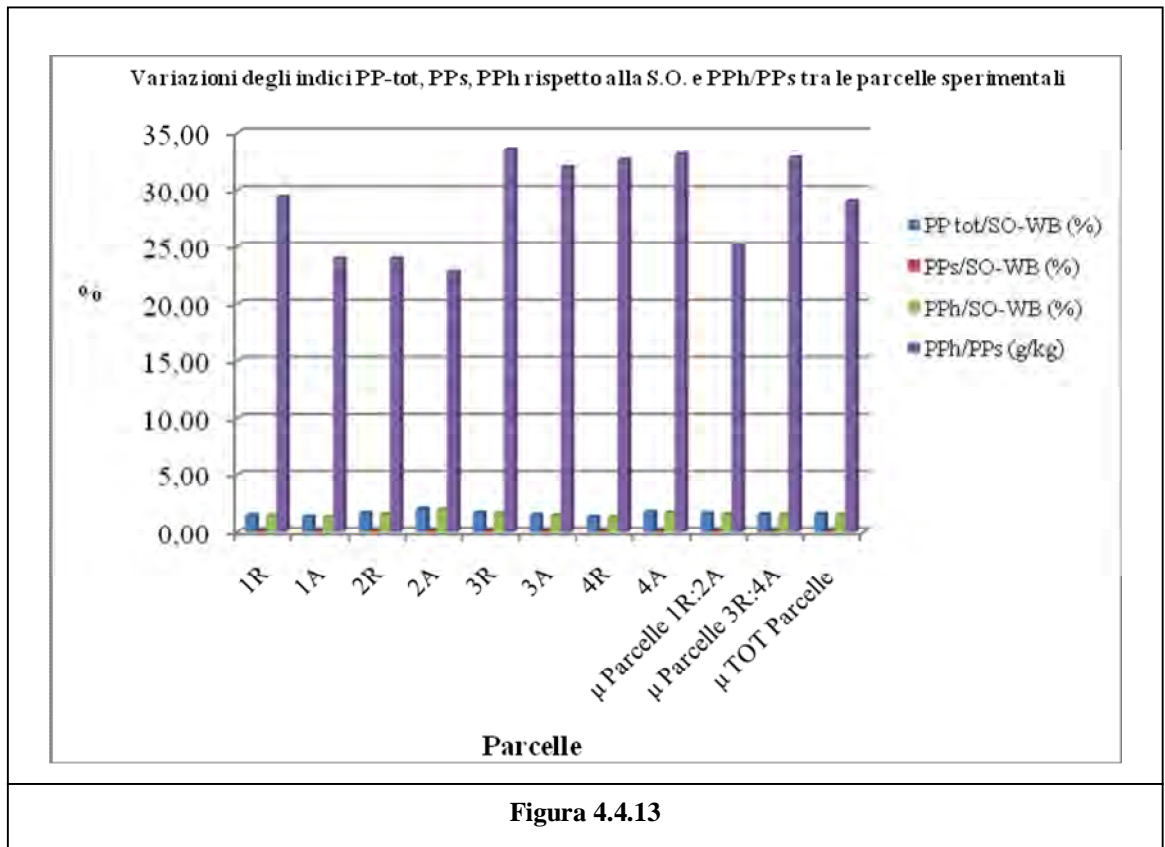
Il rapporto PPh/PPs (Fig. 4.4.13) mostra valori più elevati nelle parcelle poste a minore quota con uno scarto medio di circa 7 unità e con valori medi tra tutte le parcelle sperimentali di circa 29 unità.

Lo scarto tra il valore massimo e quello minimo è di circa 10 unità %.

**Tabella 4.4.1c** – Caratteri chimici dei Polifenoli della S.O. presenti nelle parcelle sperimentali.

Parcelle N°	PP-tot (g/Kg)	PPs (g/Kg)	PP-h (g/kg)	PP tot/SO-WB (%)	PPs/SO-WB (%)	PPh/SO-WB (%)	PPh/PPs (g/kg)
1R	3,56	0,12	3,44	1,50	0,05	1,45	29,45
1A	2,99	0,12	2,87	1,40	0,06	1,34	23,96
2R	3,70	0,15	3,55	1,67	0,07	1,60	23,98
2A	4,32	0,18	4,14	2,06	0,09	1,97	22,84
3R	3,79	0,11	3,68	1,70	0,05	1,65	33,56
3A	4,36	0,13	4,22	1,52	0,05	1,48	32,03
4R	4,45	0,13	4,32	1,36	0,04	1,32	32,68
4A	5,19	0,15	5,04	1,77	0,05	1,71	33,17
μ Parcelle 1R:2A	3,64	0,14	3,50	1,66	0,06	1,59	25,06
μ Parcelle 3R:4A	4,45	0,13	4,31	1,59	0,05	1,54	32,86
μ TOT Parcelle	4,04	0,14	3,91	1,62	0,06	1,57	28,96
Dev.standard 1R:2A	0,55	0,03	0,52	0,29	0,02	0,27	2,98
Dev.standard 3R:4A	0,58	0,02	0,56	0,18	0,00	0,18	0,66
Dev.standard	0,68	0,02	0,66	0,23	0,01	0,22	4,62
Valore Max	5,19	0,18	5,04	2,06	0,09	1,97	33,56
Valore Min	2,99	0,11	2,87	1,36	0,04	1,32	22,84





**Figura 4.4.13**

#### 4.5 Caratteristiche vegetazione parcellare

Nell'ambito delle parcelle sperimentali sono stati praticati, come descritto nel par. 3.3.2, dei rilievi trimestrali sugli strati vegetali. Nel corso del rilievo e nelle successive analisi statistiche gli strati sono stati distinti artificialmente in strato arboreo, arbustivo, erbaceo e di rinnovazione forestale.

Di seguito sono pertanto esposte singolarmente le caratteristiche dei singoli strati mentre in un secondo momento saranno presi in esame in modo congiunto tutti gli strati, relativamente agli aspetti relativi alla copertura vegetale e alla diversità biologica.

I dati rilevati si riferiscono al periodo marzo 2009 – marzo 2011 (9 rilievi).

Come visibile nella Tab. 4.5.1 (nella Tab. 4.5.2 sono invece espressi i dati relativi alla deviazione standard dei dati rilevati in bosco negli 9 rilievi) e nella Fig. 4.5.1, sono riportati i valori medi del N° di specie e di Individui dello Strato Arboreo. Il N° di specie arboree è variabile dal minimo di una sola specie a un massimo di 3 e con una media su tutte le parcelle sperimentali di 2 specie. Le 3 specie presenti sono il Leccio (*Quercus ilex* L.), il Ginepro fenicio (*Juniperus phoenicea* L.) e l'Ilatro sottile (*Phyllirea angustifolia* L.). Si evidenzia come il Leccio è la specie presente in tutte le parcelle sperimentali, il Ginepro in 3 parcelle, mentre l'Ilatro in una sola parcella. Il N° di individui è conseguente: 25 individui totali di leccio rispetto ai 2 e 1 del Ginepro e dell'Ilatro. La presenza del Leccio tra le parcelle 1R:2A (maggior quota altitudinale) e 2R:4A (minor quota altitudinale) è sostanzialmente simile (14 vs 11 individui) con 4 e 3 individui medi per parcella sperimentale mentre la media tra tutte le parcelle è di 3 individui. Il N° totale di individui arborei è legato ancora alla specie Leccio con una prevalenza (17 vs 12) di individui nelle parcelle disposte a maggior quota (1R:2A). Caratteristica simile si riscontra nel caso anche dei valori medi sia tra le parcelle sia nell'insieme degli individui.

Il numero massimo totale di individui tra le parcelle sperimentali è di 6 rispetto a un valore minimo di 3.

Infine si nota come gli individui arborei sono presenti sia all'interno sia all'esterno delle parcelle sperimentali, ma in quest'ultimo caso si evidenzia come la chioma degli stessi è presente all'interno delle stesse parcelle. Dai numeri rilevati in bosco, si evidenzia com'è maggiore il N° di individui esterni alle parcelle rispetto a quelli presenti all'interno delle stesse, com'è del resto evidente dall'analisi del solo dato medio: 21 vs 8 individui.

Nella Tab. 4.5.2 sono invece espressi i dati relativi alla deviazione standard dei dati rilevati in bosco nei 9 rilievi ed è facilmente riscontrabile come tanto il N° di specie, tanto il N° degli individui, sia nelle parcelle a maggiore sia in quelle a minore quota altitudinale, non è cambiato. Infatti, i corrispondenti valori di deviazione standard sono nulli.

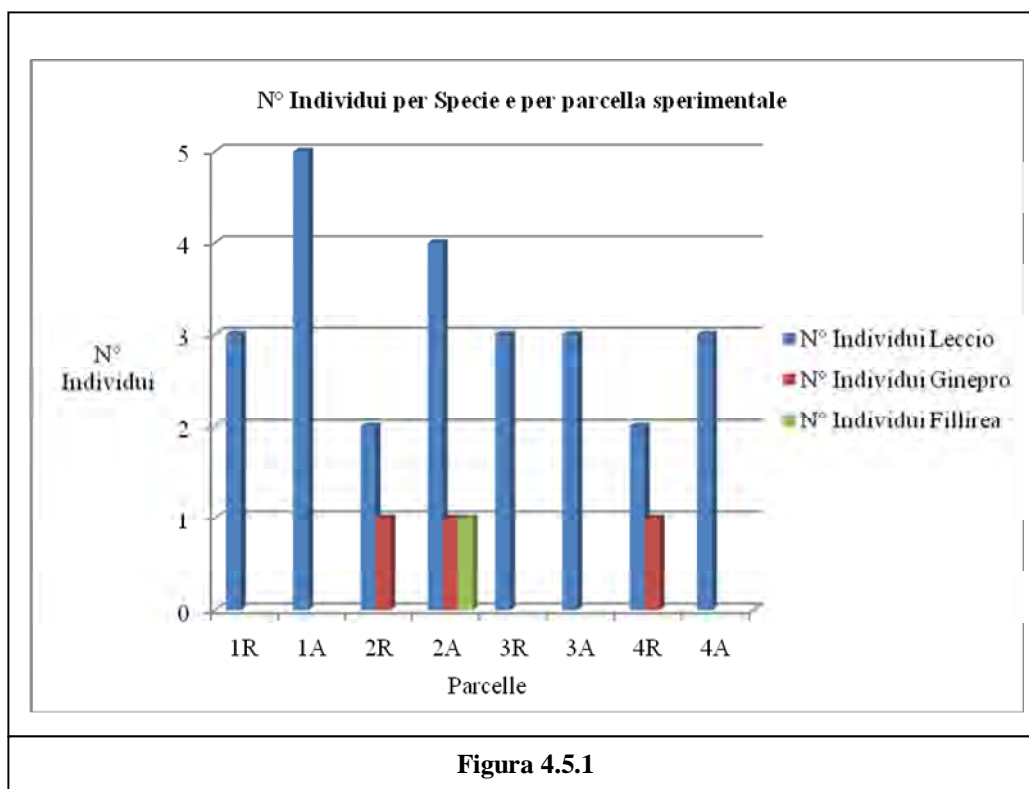


**Tabella 4.5.1** - Valori medi N° di specie e N° Individui dello Strato Arboreo (in rosso i valori approssimati).

Parcella N°	N° Specie	N° Individui Leccio	N° Individui Ginepro	N° Individui Fillirea	N° Tot Individui	N° Individui INT	N° Individui EXT
1R	1	3	/	/	3	0	3
1A	1	5	/	/	5	0	5
2R	2	2	1	/	3	2	1
2A	3	4	1	1	6	3	3
3R	1	3	/	/	3	1	2
3A	1	3	/	/	3	1	2
4R	2	2	1	/	3	1	2
4A	1	3	/	/	3	0	3
<b>TOT 1R:2A</b>		<b>14</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>17</b>	<b>5</b>	<b>12</b>
<b>TOT 3R:4A</b>	/	<b>11</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>12</b>	<b>3</b>	<b>9</b>
<b>TOT</b>		<b>25</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>29</b>	<b>8</b>	<b>21</b>
<b>μ Parcelle 1R:2A</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>3</b>
<b>μ Parcelle 3R:4A</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	/	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
<b>μ TOT</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>3</b>
<b>Dev.standard 1R:2A</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	/	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>
<b>Dev.standard 3R:4A</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	/	/	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
<b>Dev.standard</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	/	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
<b>Valore Max</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>6</b>	<b>3</b>	<b>5</b>
<b>Valore Min</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>1</b>

**Tabella 4.5.2** – Deviazione Standard N° di specie e N° Individui dello Strato Arboreo (in rosso i valori approssimati).

Parcella N°	N° Specie	N° Individui Specie 1	N° Individui Specie 2	N° Individui Specie 3	N° Tot Individui	N° Individui INT	N° Individui EXT
1R	0,00	0,00	/	/	0,00	0,00	0,00
1A	0,00	0,00	/	/	0,00	0,00	0,00
2R	0,00	0,00	0,00	/	0,00	0,00	0,00
2A	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3R	0,00	0,00	/	/	0,00	0,00	0,00
3A	0,00	0,00	/	/	0,00	0,00	0,00
4R	0,00	0,00	0,00	/	0,00	0,00	0,00
4A	0,00	0,00	/	/	0,00	0,00	0,00
$\mu$ Parcelle 1R:2A		<b>1</b>	/	/	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>
$\mu$ Parcelle 3R:4A	/	<b>1</b>	/	/	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
$\mu$ TOT		<b>1</b>	/	/	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>



Nella Tab. 4.5.3 sono invece stati presi in considerazione i dati medi relativi alle altezze dei singoli soggetti arborei. Si riconosce come le altezze rilevate sono variabili entro limiti notevoli. Ad esempio la specie Leccio si presenta con valori compresi tra 2,5 e 5,91 m. Anche il Ginepro, tra i 3 esemplari presenti mostra altezze variabili da 1,33 m fino a 3,77 m. Il N° massimo di individui arborei tra le diverse parcelle è di 6 unità mentre il numero minimo è di 3 unità. Prevale fortemente il Leccio mentre la deviazione standard delle altezze rilevate (Tab. 4.5.4) è pari a 0, segno inequivocabile che nel corso dei rilievi effettuati i valori di altezza non sono mutati.

**Tabella 4.5.3** – Valori medi Altezze individui dello Strato Arboreo (in nero è indicato il Leccio, in azzurro il Ginepro e in rosso la Fillirea mentre in grassetto è segnalata sia l'altezza massima sia quella minima della specie Leccio).

Parcelle N°	H $\mu$ Individuo n 1	H $\mu$ Individuo n 2	H $\mu$ Individuo n 3	H $\mu$ Individuo n 4	H $\mu$ Individuo n 5	H $\mu$ Individuo n 6
1R	4,52	3,13	4,2	/	/	/
1A	3,78	2,87	4	3,13	3,64	/
2R	5,89	4,63	1,33	/	/	/
2A	4,75	1,47	2,92	4,52	3,5	3,5
3R	4,93	4,51	2,5	/	/	/
3A	5,1	2,7	5,91	/	/	/
4R	3,79	3,69	5,65	/	/	/
4A	3,98	3,77	4	/	/	/

**Tabella 4.5.4** – Deviazione Standard Valori medi Altezze individui dello Strato Arboreo (in nero è indicato il Leccio, in azzurro il Ginepro e in rosso la Fillirea).

Parcelle N°	H $\mu$ Individuo n 1	H $\mu$ Individuo n 2	H $\mu$ Individuo n 3	H $\mu$ Individuo n 4	H $\mu$ Individuo n 5	H $\mu$ Individuo n 6
1R	0,00	0,01	0,00	/	/	/
1A	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	/
2R	0,00	0,02	0,00	/	/	/
2A	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
3R	0,00	0,00	0,00	/	/	/
3A	0,00	0,00	0,00	/	/	/
4R	0,01	0,00	0,02	/	/	/
4A	0,00	0,00	0,00	/	/	/

Nella Tab. 4.5.5 (nella Tab. 4.5.6 sono invece espressi i dati relativi alla deviazione standard dei dati rilevati in bosco nei 9 rilievi) e nella Fig. 4.5.2 e 4.5.3 sono presi in considerazione i valori medi di Altezza e di Copertura % per singola specie e di relativa copertura dello Strato Arboreo. Relativamente alla specie Leccio tra le diverse parcelle, si evidenziano valori di altezza compresi tra i 3,48 m e i 5,26 m con valori medi sia tra le parcelle a maggiore e a minore quota altitudinale sia tra tutte le parcelle al di sopra dei 4 m e con deviazioni standard variabili tra gli 0,4 e gli 0,8 m. Nel caso del Ginepro si riscontrano nelle singole parcelle sperimentali dei valori medi variabili tra gli 1,4 e i 3,69 m, mentre l'Ilatro, con l'unico esemplare presente ha un'altezza di 3,5 m.

Caratteristica simile si riconosce tra il valore massimo e quello minimo, con dati compresi tra gli 1,33 e i 3,69 m.

Considerando le piante arboree in un solo strato si riconosce come l'altezza media tra le parcelle è più bassa nel caso a maggiore quota altitudinale (3,71 vs 4,21 m) e con un valore medio tra tutte le parcelle di poco inferiore ai 4 m e con un range variabile dal minimo di 3,44 al massimo di 4,57 m. La relativa deviazione standard è contenuta su valori di 0,3-0,4 m.

La copertura % del suolo (par. 3.3.2) è stata determinata dal rapporto tra i punti rilevati nella griglia 20 x 20 cm in relazione all'eventuale presenza/assenza dell'esemplare arboreo (rapporto Totale Punti Rilevati/N° Totale Punti Griglia).

Considerando i valori di Copertura %, si evidenzia la presenza di valori mediamente elevati, con dati medi sempre superiori al 60% e con una leggera prevalenza (circa il 7%) nelle parcelle poste a maggiore quota e con deviazioni standard tra le parcelle sperimentali poco più del 10 e il 22% e con una variazione tra il valore massimo e quello minimo delle parcelle sperimentali compreso tra 41,8 e 90,8%.

La deviazione standard tra i diversi rilievi, come peraltro visibile nella Tab. 4.5.6, mostra valori sia delle altezze sia delle coperture % molto ridotte con valori sostanzialmente trascurabili.

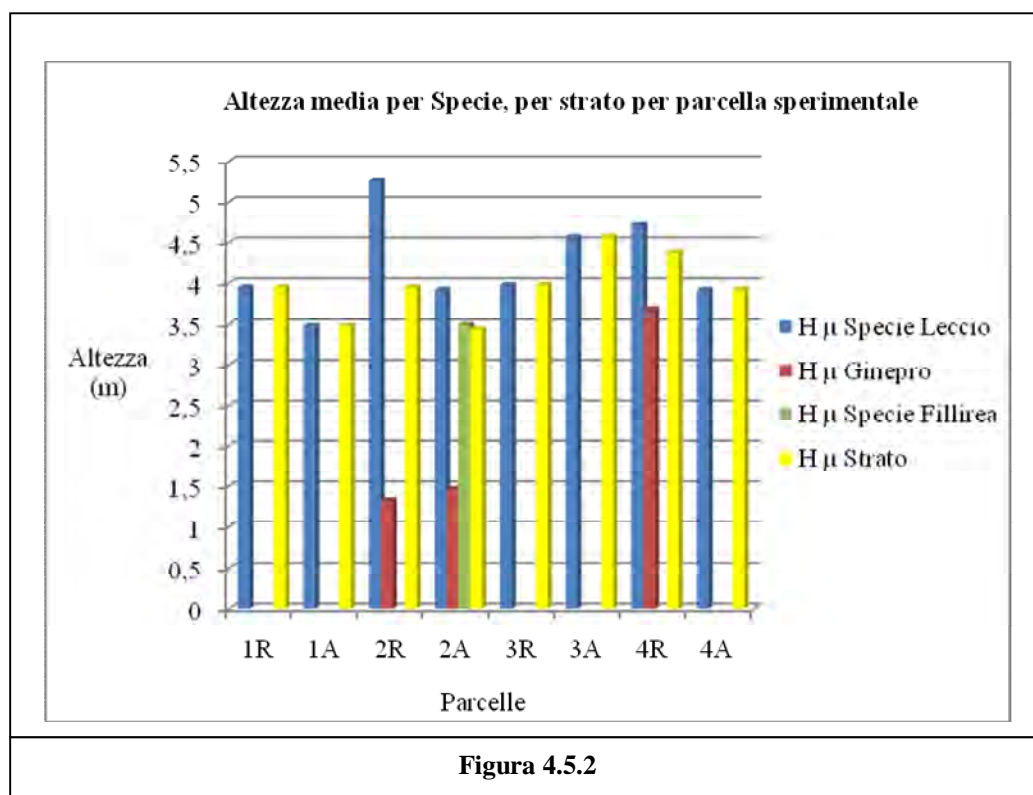
**Tabella 4.5.5** – Valori medi di Altezza per Specie e di Copertura dello Strato Arboreo (in rosso i valori approssimati).

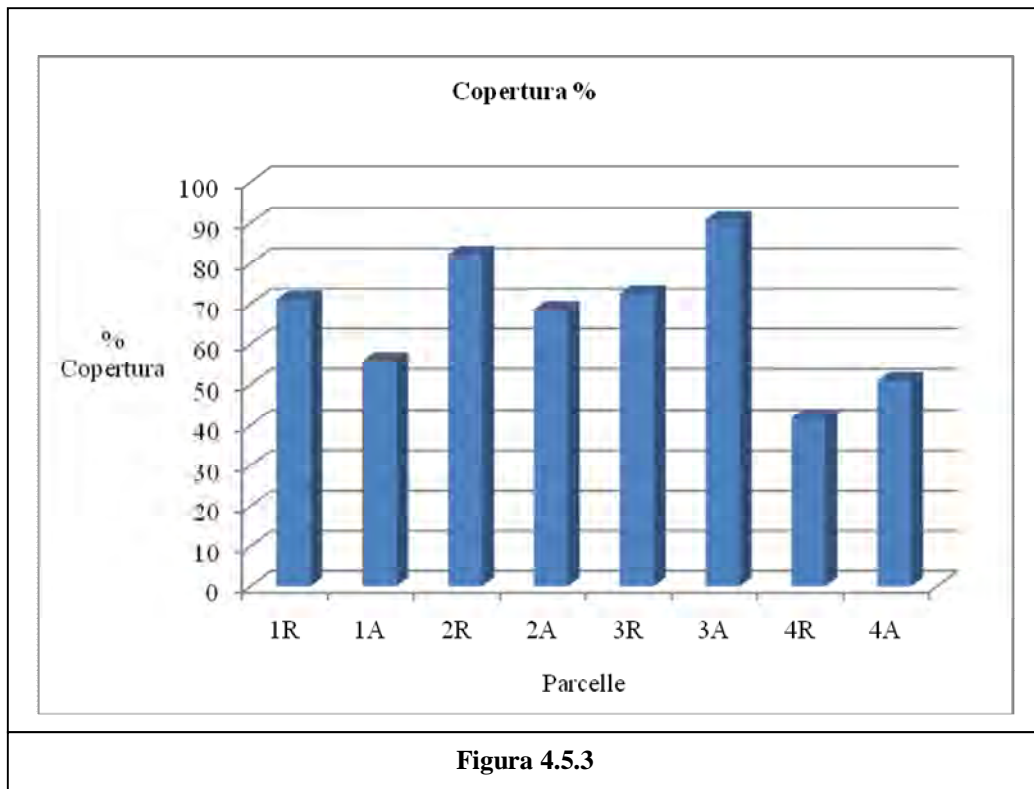
Parcelle N°	H $\mu$ Leccio	H $\mu$ Ginepro	H $\mu$ Fillirea	H $\mu$ Strato	N° Totale Punti Griglia	Totale Punti Rilevati	Copertura %
1R	3,95	/	/	3,95	676	480	71,12
1A	3,48	/	/	3,48	625	349	55,79
2R	5,26	1,33	/	3,95	676	594	82,26
2A	3,92	1,47	3,5	3,44	676	463	68,54
3R	3,98	/	/	3,98	676	490	72,49
3A	4,57	/	/	4,57	676	614	90,8
4R	4,72	3,69	/	4,38	676	283	41,8
4A	3,92	/	/	3,92	676	344	50,86
$\mu$ Parcelle 1R:2A	4,15	1,4	3,5	3,71	663	472	69,43
$\mu$ Parcelle 3R:4A	4,3	3,69	/	4,21	676	433	63,98
$\mu$ TOT	4,22	2,16	3,5	3,96	670	452	66,71
Dev.standard 1R:2A	0,8	0,1	/	0,3	26	100	10,87
Dev.standard 3R:4A	0,4	/	/	0,3	0	149	22,03
Dev.standard	0,6	1,3	/	0,4	18	119	16,34
Valore Max	5,26	3,69	3,5	4,57	676	614	90,8
Valore Min	3,48	1,33	3,5	3,44	625	283	41,8

**Tabella 4.5.6** – Deviazione Standard di Altezza per Specie e di Copertura dello Strato Arboreo (in rosso i valori approssimati).

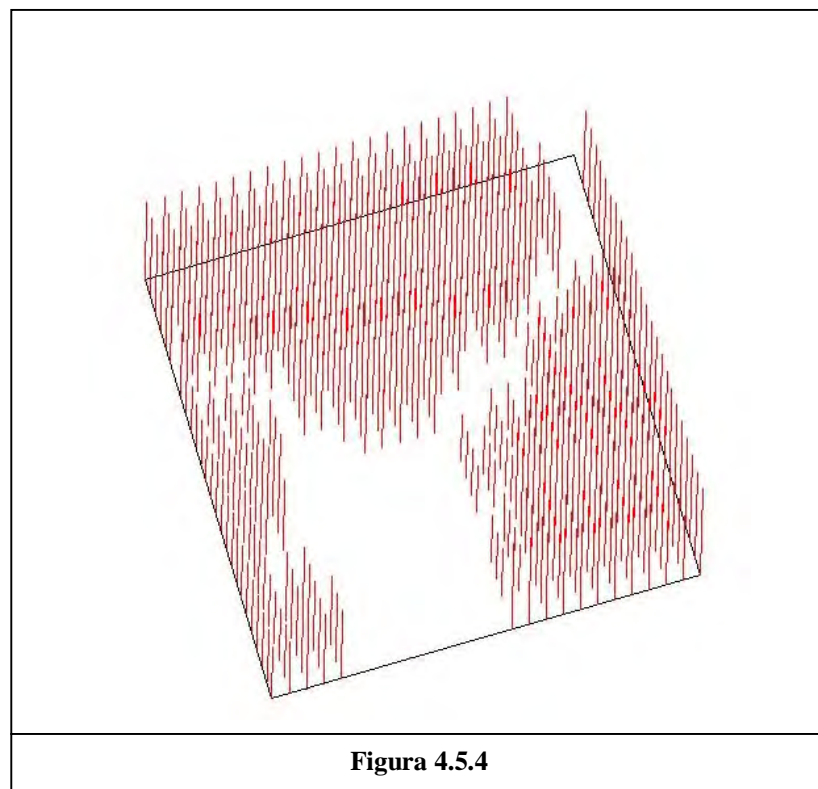
Parcella N°	H $\mu$ Leccio	H $\mu$ Ginepro	H $\mu$ Fillirea	H $\mu$ Strato	N° Totale Punti Griglia	Totale Punti Rilevati	Copertura %
1R	0,00	/	/	0,00	0	3	0,50
1A	0,01	/	/	0,00	0	4	0,56
2R	0,01	0,00	/	0,00	0	3	2,89
2A	0,00	0,01	0,00	0,17	0	1	0,15
3R	0,00	/	/	0,22	0	0	0,00
3A	0,00	/	/	0,24	0	1	0,10
4R	0,01	0,00	/	0,24	0	7	0,97
4A	0,00	/	/	0,22	0	0	0,07
$\mu$ Parcelle 1R:2A	<b>0,77</b>	<b>0,10</b>	/	<b>0,28</b>	<b>26</b>	<b>100</b>	<b>10,87</b>
$\mu$ Parcelle 3R:4A	<b>0,41</b>	/	/	<b>0,31</b>	<b>0</b>	<b>149</b>	<b>22,03</b>
$\mu$ TOT	<b>0,57</b>	<b>1,32</b>	/	<b>0,39</b>	<b>18</b>	<b>119</b>	<b>16,34</b>

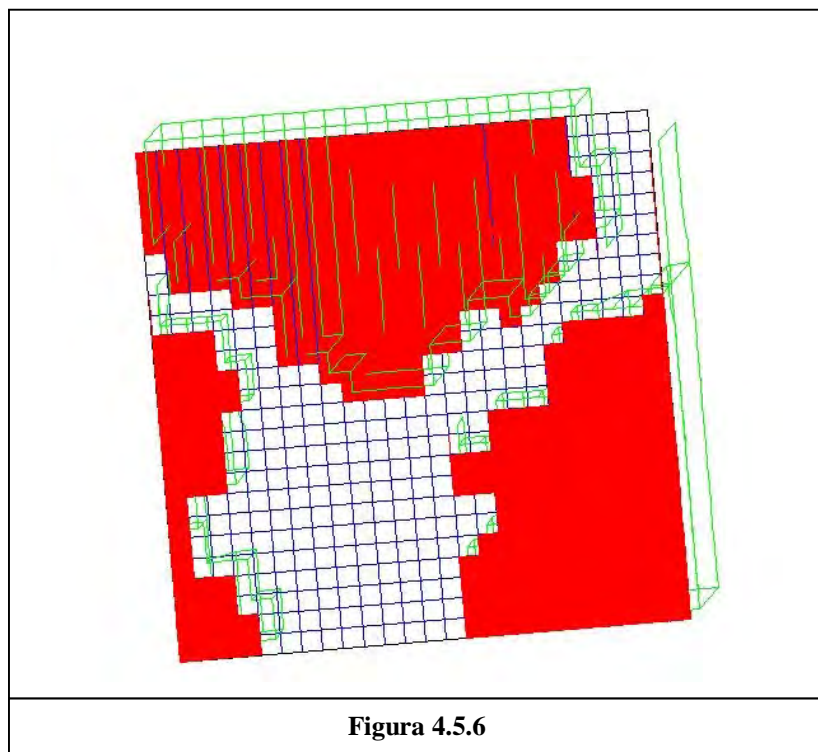
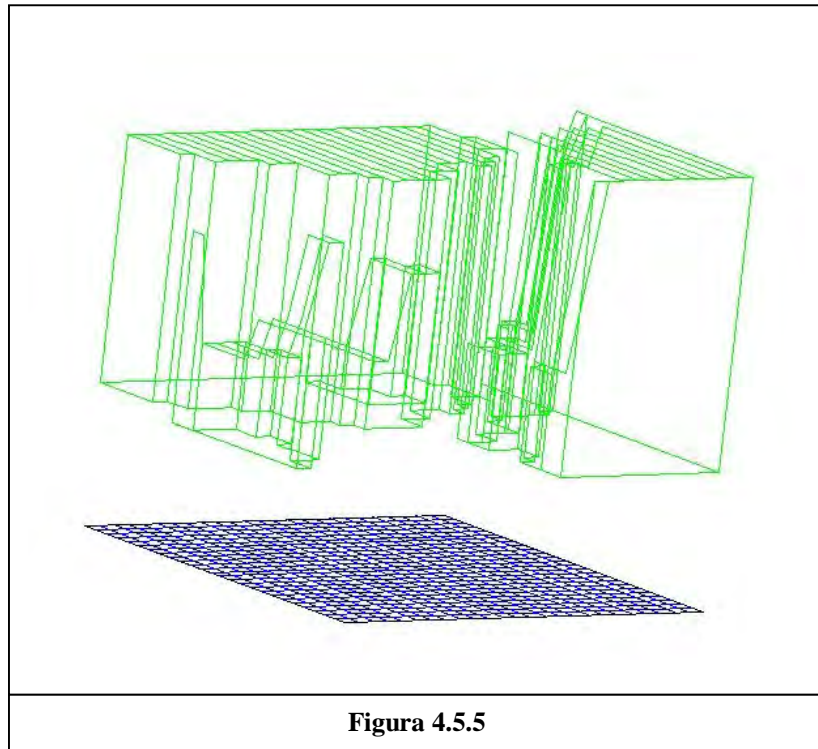
Nella Fig. 4.5.2 si può notare come l'altezza media dello strato arboreo è sostanzialmente ricalcante, dato il suo aspetto dominante, l'altezza relativa alla specie Leccio.





I dati raccolti hanno permesso di realizzare degli schemi 3D, come da Fig. 4.5.4 – 4.5.6, utili per determinare il grado di copertura del suolo tra i diversi strati e il rapporto tra essi, relativamente all'affermazione degli individui delle specie dominate degli strati arbustivo, erbaceo e di rinnovazione forestale. E' stato possibile per il caso in esame riconoscere che lo strato arboreo è dominante e di grande compattezza. Sono ridotte le superfici libere dall'area di insidenza dello strato e le stesse risultano importanti nell'affermazione della vegetazione sottostante.





Nelle Fig. 4.5.7 e 4.5.8 sono invece rappresentate alcune immagini relative allo strato arboreo. Si nota l'elevato grado di copertura del suolo tanto che gli individui degli altri strati vegetali risultano sostanzialmente assenti o posti prevalentemente in posizioni marginali o ai bordi del bosco in zone di chiarezza interne allo stesso.



**Figura 4.5.7**



**Figura 4.5.8**



Come visibile nella Tab. 4.5.7 (nella Tab. 4.5.8 sono invece espressi i dati relativi alla deviazione standard dei dati rilevati in bosco negli 9 rilievi) e nella Fig. 4.5.9, sono riportati i valori medi del Numero di specie e di Individui dello Strato Arbustivo.

Si nota come la media dei valori del N° di specie delle parcelle poste a quota maggiore (1R-2A) è di 2 unità mentre quello delle altre parcelle è di 3 unità. Il valore medio tra tutte le parcelle sperimentali è di 4 unità. Le relative deviazioni standard sono ridotte a 1 sola unità mentre il N° di specie fra tutte le parcelle varia da un minimo di 1 a 4 specie.

Le specie rinvenute sono 5, e dai dati appena analizzati, non sono tutte presenti all'interno delle singole parcelle ma al massimo con un N° di 4 specie. Si tratta del Rosmarino (*Rosmarinus officinalis* L.), del Lentisco (*Pistacia Lentiscus* L.), del Timo (*Thymus herba-barona* Loisel) e da 2 specie di Cisto (*Cistus creticum* L. e *Cistus monspeliensis* L.).

Le specie più frequentemente riscontrabili nelle parcelle sperimentali sono il Rosmarino (6/8 parcelle) e il Lentisco (7/8 parcelle). In modo particolare il Rosmarino è presente con il maggior N° di individui sul totale e prevalentemente presenti nelle parcelle a più bassa quota altitudinale (16 vs 5 individui); inoltre il N° medio di individui tra le parcelle è allo stesso modo variabile, da 2 a 5 per zona mentre il valore medio tra le parcelle è di 3 piante. Anche la variazione assoluta fra tutte le parcelle è notevole: si passa da un minimo di 1 sola pianta fino a un massimo di 7 per parcella.

Il Lentisco appare distribuito in modo più equo rispetto al Rosmarino perché tra le 2 diverse zone la differenza è di 3 individui su un totale tra tutte le parcelle di 19 individui.

La media tra le 2 diverse zone e fra tutte le parcelle sperimentali è la stessa e pari a 3 individui. Resta elevata la variazione del N° totale di individui per parcella: si passa da un minimo di 1 una sola pianta fino ad un massimo di 6 piante.

Il Timo è presente con solo 2 esemplari talaltro all'interno della stessa parcella sperimentale mentre è più consistente e diffusa la presenza delle 2 specie di Cisto.

In modo particolare la specie *Cistus creticum* L., talaltro segnalato solo nella località di Cala Gonone (Brotzu, 1998) si presenta con un totale di 14 individui concentrati in sole 3 parcelle sperimentali e in quelle situate a minore quota. La media fra le parcelle è di 5 unità mentre la variazione fra il N° massimo e quello minimo è di 8 unità (1-9 unità).

La specie *Cistus monspeliensis* L. è meno rappresentata rispetto alla precedente con solo 4 unità e con un N° medio fra le parcelle di 2 unità ma distribuito in entrambe le zone analizzate.

Il N° totale di individui dello strato arbustivo assomma a 57 unità, prevalentemente presenti nelle parcelle 3R:4A con 44 individui mentre nelle altre parcelle assommano a solo 13 individui.

Le rispettive medie sono conseguenti al relativo N° di individui tanto che nelle parcelle a minore quota il valore medio, è di 11 unità rispetto alle 3 unità delle altre parcelle; la media totale è invece di 7 unità.

La variabilità tra tutte le parcelle sperimentali è elevata: si passa da un minimo di 1 sola unità fino a un massimo di 15 unità.

Diversamente dallo strato arboreo si è verificato come le piante sono prevalentemente presenti all'interno dei confini parcellari tanto che sono solo 4 individui a essere situati all'esterno.

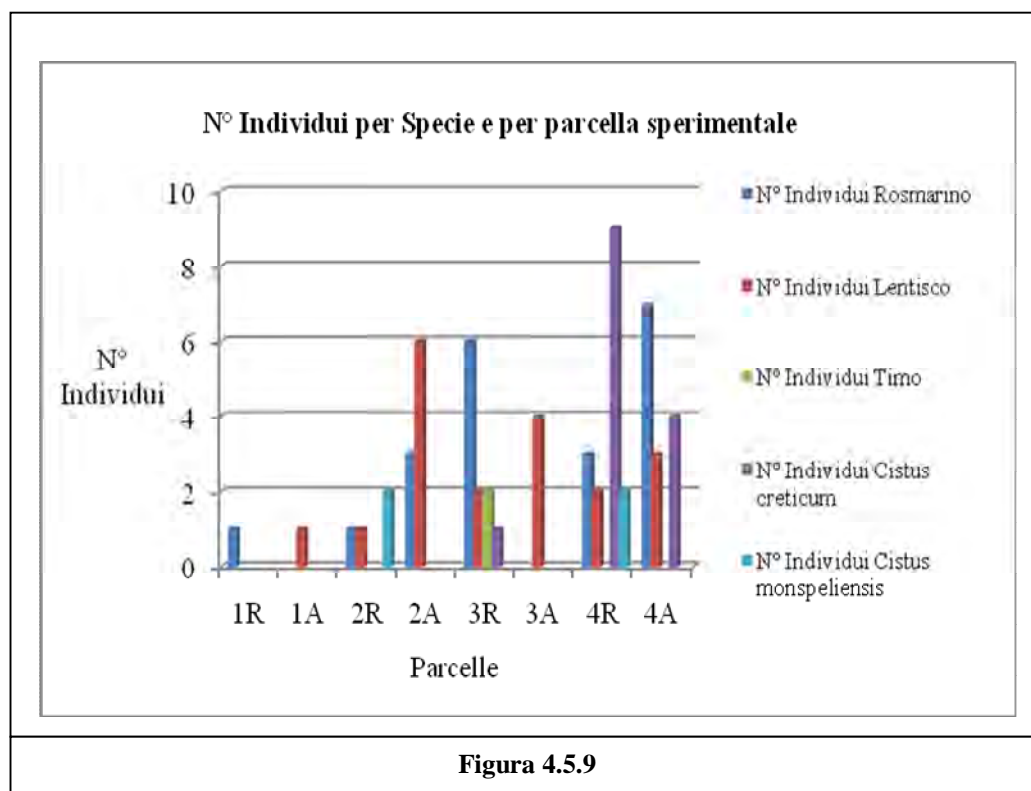
Nella Tab. 4.5.8 è considerata la deviazione Standard dei valori medi del N° delle Specie e del N° degli individui presenti nello Strato Arbustivo rispetto ai 9 rilievi effettuati. E' abbastanza evidente che i valori sono molto bassi o prossimi allo 0.

**Tabella 4.5.7** – Valori medi N° di Specie e del N° individui dello Strato Arbustivo (in rosso i valori approssimati).

Parcella N°	N°Specie	N° Ind Rosmarino	N° Ind. Lentisco	N° Ind. Timo	N° Ind. Cistus creticum	N° Ind. Cistus monspeliensis	N° Tot IND	N° Ind INT	N° Ind EXT
1R	1	1	/	/	/	/	1	1	0
1A	1	/	1	/	/	/	1	1	0
2R	2	1	1	/	/	2	2	2	0
2A	2	3	6	/	/	/	9	9	0
3R	4	6	2	2	1	/	11	10	1
3A	1	/	4	/	/	/	4	4	0
4R	4	3	2	/	9	2	15	14	2
4A	3	7	3	/	4	/	14	14	1
TOT 1R:2A		5	8	0	0	2	13	13	0
TOT 3R:4A	/	16	11	2	14	2	44	41	4
TOT		21	19	2	14	4	57	54	4
μ Parcella 1R:2A	2	2	3	/	/	/	3	3	0
μ Parcella 3R:4A	3	5	3	2	5	2	11	10	1
μ TOT	4	3	3	2	5	2	7	7	0
Dev.standard 1R:2A	1	1	3	/	/	/	4	4	0
Dev.standard 3R:4A	1	2	1	/	4	/	5	5	1
Dev.standard	1	3	2	/	4	0	6	6	1
Valore Max	4	7	6	2	9	2	15	14	2
Valore Min	1	1	1	2	1	2	1	1	0

**Tabella 4.5.8** – Deviazione Standard Valori medi N° di Specie e del N° individui dello Strato Arbustivo  
(in rosso i valori approssimati).

Parcelle N°	N° Specie	N° Ind Rosmarino	N° Ind. Lentisco	N° Ind. Timo	N° Ind. Cistus creticum	N° Ind. Cistus monspeliensis	N° Tot Ind	N° Ind INT	N° Ind EXT
1R	0	0	/	/	/	/	0	0	0
1A	0	/	0	/	/	/	0	0	0
2R	0	0	0	/	/	/	0	1	0
2A	0	0	0	/	/	/	0	0	0
3R	1	0	0	0	0	/	1	1	0
3A	0	/	0	/	/	/	0	0	0
4R	0	1	0	/	0	1	1	1	1
4A	0	0	0	/	1	/	1	1	0
$\mu$ Parcelle 1R:2A	0	1	/	/	/	/	4	4	0
$\mu$ Parcelle 3R:4A	0	2	1	/	4	/	5	5	1
$\mu$ TOT	0	3	2	/	4	/	6	6	1



Nella Tab. 4.5.9 (nella Tab. 4.5.10 sono invece espressi i dati relativi alla deviazione standard dei dati rilevati in bosco nei 9 rilievi) e nella Fig. 4.5.10 e 4.5.11 sono presi in considerazione i valori medi di Altezza e di Copertura % per singola specie e di relativa copertura dello Strato Arbustivo.

Relativamente al valore di altezza del Rosmarino i valori medi sono più elevati nelle parcelle poste a maggiore quota e supera di poco i 0,50 m, mentre nelle parcelle a minore quota il valore è di poco inferiore ai 40 cm; il valore medio di altezza tra tutte le parcelle è di 0,44 m con un'elevata variabilità parcellare dato che si passa dal valore minimo di 0,25 m al valore massimo di 0,67 m.

Il Lentisco presenta altezze medie superiori ai 40 cm, più elevate, ma di pochi cm nel caso delle parcelle poste a più bassa quota, mentre il valore medio fra tutte le parcelle sperimentali è di poco inferiore ai 50 cm. La variabilità tra le parcelle sperimentali è elevata: si passa da dati medi di altezza pari a 0,25 cm fino a 0,65 cm.

Il Timo è presente solo in una parcella sperimentale e con un'altezza media di 30 cm.

Le altezze degli individui della specie *Cistus creticum* L. sono superiori ai 20 cm e con una forbice di valori elevata: da 9 cm fino a 33 mentre la specie *Cistus monspeliensis* si presenta con dati medi di 21 cm. L'altezza media dello strato arbustivo presenta dati medi tra le 2 zone e fra tutte le parcelle sperimentali attorno al valore dei 40 cm con una maggiore altezza media nelle parcelle a maggiore quota e la stessa variazione fra tutte le parcelle sperimentali presenta un'ampia forbice: si passa dal valore minimo di 25 cm fino a un massimo di circa 60 cm.

La copertura % del suolo (par. 3.3.2) è stata determinata, come già detto per lo strato arboreo, dal rapporto tra i punti rilevati nella griglia 20 x 20 cm in relazione all'eventuale presenza/assenza dell'esemplare arboreo (rapporto Totale Punti Rilevati / N° Totale Punti Griglia).

Considerando i valori medi di Copertura %, si nota la presenza di una copertura arbustiva circoscritta attorno al valore del 20%, con i valori maggiori nelle parcelle poste a maggiore quota mentre si evidenzia una notevole variabilità parcellare dato che il range tra valore massimo e minimo di copertura % è di circa il 50 %.

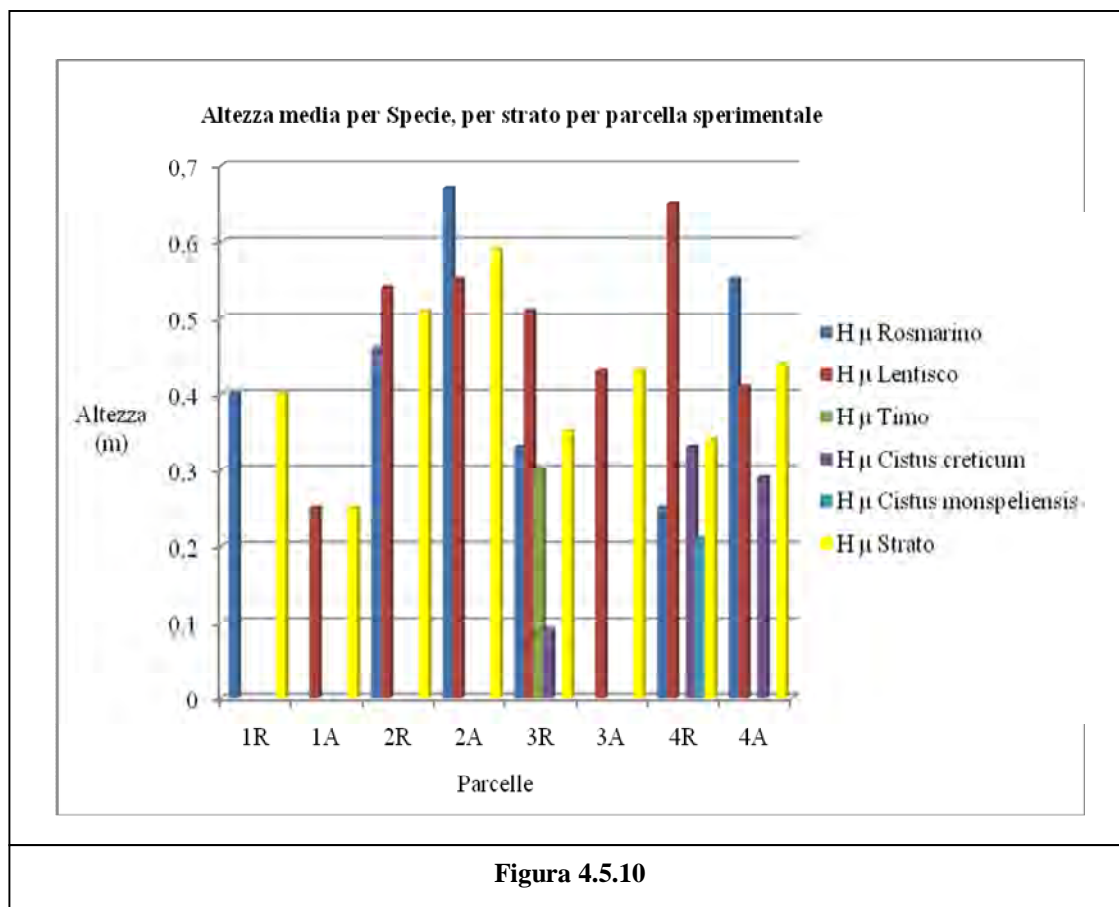
Come nel caso del N° di specie e di individui la Deviazione Standard di Altezza per Specie e di Copertura dello Strato Arbustivo è bassa o prossima a 0 (Tab. 4.5.10).

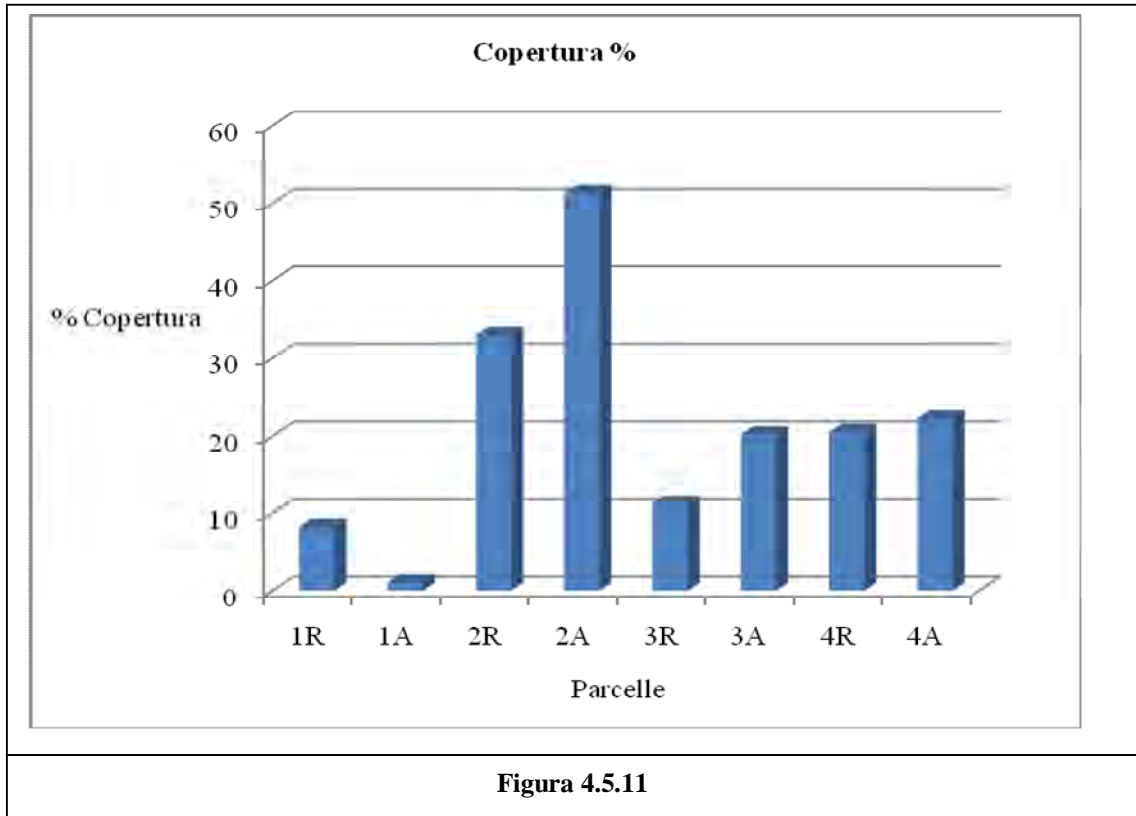
**Tabella 4.5.9** – Valori medi di Altezza per Specie e di Copertura dello Strato Arbustivo (in rosso i valori approssimati).

Parcella N°	H $\mu$ Rosmarino	H $\mu$ Lentisco	H $\mu$ Timo	H $\mu$ Cistus creticum	H $\mu$ Cistus monspeliensis	H $\mu$ Strato	N° Totale Punti Griglia	Totale Punti Rilevati	Copertura %
1R	0,4	/	/	/	/	0,4	676	56	8,27
1A	/	0,25	/	/	/	0,25	625	7	1,08
2R	0,46	0,54	/	/	/	0,51	676	223	32,97
2A	0,67	0,55	/	/	/	0,59	676	347	51,35
3R	0,33	0,51	0,3	0,09	/	0,35	676	76	11,26
3A	/	0,43	/	/	/	0,43	676	137	20,2
4R	0,25	0,65	/	0,33	0,21	0,34	676	139	20,51
4A	0,55	0,41	/	0,29	/	0,44	676	150	22,26
$\mu$ Parcelle 1R:2A	<b>0,51</b>	<b>0,44</b>	/	/	/	<b>0,44</b>	<b>663</b>	<b>158</b>	<b>23,42</b>
$\mu$ Parcelle 3R:4A	<b>0,38</b>	<b>0,5</b>	/	<b>0,23</b>	<b>0,21</b>	<b>0,39</b>	<b>676</b>	<b>125</b>	<b>18,56</b>
$\mu$ TOT	<b>0,44</b>	<b>0,47</b>	/	<b>0,23</b>	<b>0,21</b>	<b>0,41</b>	<b>670</b>	<b>142</b>	<b>20,99</b>
Dev.standard 1R:2A	<b>0,14</b>	<b>0,17</b>	/	/	/	<b>0,15</b>	<b>26</b>	<b>156</b>	<b>23</b>
Dev.standard 3R:4A	<b>0,16</b>	<b>0,11</b>	/	<b>0,13</b>	/	<b>0,05</b>	<b>0</b>	<b>33</b>	<b>5</b>
Dev.standard	<b>0,15</b>	<b>0,13</b>	/	<b>0,13</b>	/	<b>0,11</b>	<b>18</b>	<b>106</b>	<b>16</b>
Valore Max	<b>0,67</b>	<b>0,65</b>	/	<b>0,33</b>	<b>0,21</b>	<b>0,59</b>	<b>676</b>	<b>347</b>	<b>51,35</b>
Valore Min	<b>0,25</b>	<b>0,25</b>	/	<b>0,09</b>	<b>0,21</b>	<b>0,25</b>	<b>625</b>	<b>7</b>	<b>1,08</b>

**Tabella 4.5.10** – Deviazione Standard di Altezza per Specie e di Copertura dello Strato Arbustivo (in rosso i valori approssimati).

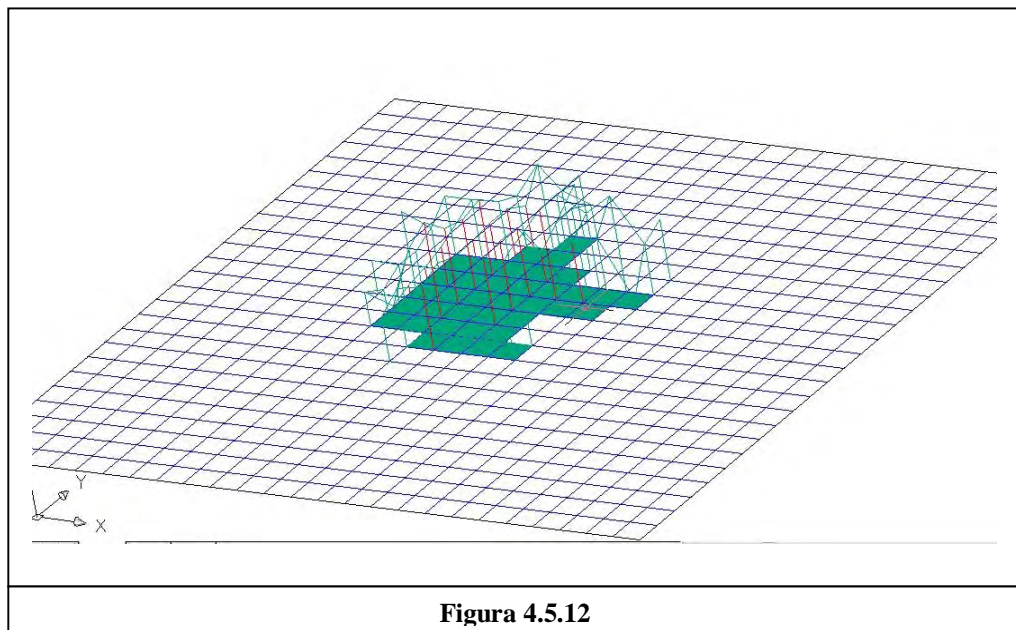
Parcella N°	H $\mu$ Rosmarino	H $\mu$ Lentisco	H $\mu$ Timo	H $\mu$ Cistus creticum	H $\mu$ Cistus monspeliensis	H $\mu$ Strato	N° Totale Punti Griglia	Totale Punti Rilevati	Copertura %
1R	0,01	/	/	/	/	0,01	0	4,28	0,63
1A	/	0,01	/	/	/	0,01	0	1,12	0,19
2R	0,01	0,01	/	/	/	0,01	0	4,60	0,70
2A	0,00	0,01	/	/	/	0,00	0	2,93	0,43
3R	0,02	0,01	0,01	0,01	/	0,02	0	2,03	0,30
3A	/	0,01	/	/	/	0,01	0	2,24	0,33
4R	0,04	0,01	/	0,00	0,02	0,02	0	4,45	0,67
4A	0,02	0,02	/	0,02	/	0,02	0	1,88	0,28
$\mu$ Parcelle 1R:2A	<b>0,14</b>	<b>0,14</b>	/	/	/	<b>0,13</b>	<b>23</b>	<b>140</b>	<b>20,72</b>
$\mu$ Parcelle 3R:4A	<b>0,16</b>	<b>0,11</b>	/	<b>0,13</b>	/	<b>0,05</b>	<b>0</b>	<b>33</b>	<b>4,95</b>
$\mu$ TOT	<b>0,15</b>	<b>0,13</b>	/	<b>0,13</b>	/	<b>0,11</b>	<b>18</b>	<b>106</b>	<b>15,68</b>
Valore Max	<b>0,04</b>	<b>0,02</b>	<b>0,01</b>	<b>0,02</b>	<b>0,02</b>	<b>0,02</b>	<b>0</b>	<b>5</b>	<b>0,70</b>
Valore Min	<b>0,00</b>	<b>0,01</b>	<b>0,01</b>	<b>0,00</b>	<b>0,02</b>	<b>0,00</b>	<b>0</b>	<b>0,00</b>	<b>0,19</b>





**Figura 4.5.11**

Come nel caso dello strato arboreo anche per lo strato arbustivo è stata effettuata una rappresentazione 3D (Fig. 4.5.12) che ha permesso di verificare, anche solo visivamente, l'effettiva diffusione areale delle specie dello strato, evidenziando la presenza delle piante arbustive sia in zone di chiara sia sotto la dominanza dello strato arboreo.



**Figura 4.5.12**

Nelle Fig. 4.5.13 e 4.5.14 sono rappresentate rispettivamente alcune immagini delle 2 specie più rappresentative: il Rosmarino e il Lentisco. Si tratta di specie presenti prevalentemente con fronti poco compatti e situati sia sotto la copertura dello strato arboreo, caso più frequente, sia in zone di chiara.



**Figura 4.5.13**



**Figura 4.5.14**



Come visibile nella Tab. 4.5.11 (nella Tab. 4.5.12 sono invece espressi i dati relativi alla deviazione standard dei dati rilevati in bosco negli 9 rilievi), sono riportati i valori medi del N° di specie dello Strato Erbaceo e si nota come i dati medi sono pari, sia nelle 2 zone sia tra tutte le parcelle, a 2 unità, mentre la variazione tra il valore massimo e il minimo è di 3 unità.

La deviazione standard tra le parcelle è compresa tra 1 e 2 unità.

**Tabella 4.5.11** – Valori medi N° di specie dello Strato Erbaceo (in rosso i valori approssimati).

<b>Parcelle N°</b>	<b>N°Specie</b>
1R	2
1A	2
2R	4
2A	1
3R	2
3A	2
4R	2
4A	2
$\mu$ Parcelle 1R:2A	2
$\mu$ Parcelle 3R:4A	2
$\mu$ TOT	2
Dev.standard 1R:2A	1
Dev.standard 3R:4A	0
Dev.standard	1
Valore Max	4
Valore Min	1

**Tabella 4.5.12** – Deviazione Standard N° di specie dello Strato Erbaceo (in rosso i valori approssimati).

<b>Parcella N°</b>	<b>N° Specie</b>
1R	1
1A	2
2R	2
2A	1
3R	2
3A	2
4R	2
4A	1
<b>Valore Max</b>	<b>2</b>
<b>Valore Min</b>	<b>1</b>

Come visibile nella Tab. 4.5.13 (nella Tab. 4.5.14 sono invece espressi i dati relativi alla deviazione standard dei dati rilevati in bosco nei 9 rilievi) sono riportati i valori medi del N° di Individui dello Strato Erbaceo.

Sono presenti 14 specie erbacee, ma le stesse non sono tutte presenti all'interno delle singole parcelle. Talaltro le stesse, diversamente rispetto agli strati arboreo e arbustivo, non sono presenti in tutti i mesi dell'anno data la presenza di un ciclo vitale di tipo prevalentemente annuale.

Le specie maggiormente rappresentate sono la N° 23 (*Carex* spp., visibile anche nella Fig. 4.5.19), N° 25 (*Rubia* spp.), la N° 26 (*Asphodelus* spp., visibile anche nella Fig. 4.5.20) e la N° 27 (*Geranium* spp.).

In modo particolare si evidenzia come le 4 specie sono presenti in tutte le parcelle sperimentali. In modo particolare la N° 23 è la seconda specie a essere maggiormente rappresentata data il N° di individui: 31 e preceduta solo dalla specie N° 27.

La specie 23 si presenta con un N° di individui totali tra le 2 diverse zone sostanzialmente simile (13 vs 18) mentre la media tra le parcelle è compresa tra le 3 e le 5 unità con un valore medio tra tutte le 8 parcelle di 4 unità. La variazione fra le parcelle tra il N° minimo e il massimo è di 5 unità.

La specie N° 25 è presente in modo equi ripartito fra le 2 zone e con un valore totale di 25 unità mentre la media per singola parcella è di 3 unità. La forbice dei valori max-min è compreso tra 1 e 5 unità.

La specie N° 26 presenta caratteri relativi simili alla precedente: equi ripartita fra le parcelle ma con un N° totale più basso: 13 unità mentre i dati medi sia per zona sia nel totale delle parcelle è eguale pari a 2 unità. La variazione tra le parcelle è minima da 1 a 2 unità.

La specie N° 27 è quella maggiormente rappresentata con un N° totale di 36 individui e presenti con leggera prevalenza nelle parcelle poste a quota minore mentre i dati medi di presenza tra le parcelle delle diverse zone e tra tutte le parcelle è sostanzialmente eguale e pari a 4-5 unità.

Nello strato erbaceo sono presenti altre specie (N° 29, 30, 21, 24, 22, 28, 32, 33, 34 e 37, con esemplari appartenenti a varie famiglie tra cui le Graminaceae) ma solo per limitati periodi dell'anno che paiono circoscritti nei mesi di marzo-maggio e la cui incidenza è molto più trascurabile sia in termini di N° di individui sia di influenza rispetto alle caratteristiche della copertura vegetale totale e rispetto agli altri strati.

Le deviazioni standard tra i 9 rilievi effettuati (Tab. 4.5.14) mostrano una notevole variabilità dovuta essenzialmente alla maggiore presenza/assenza in alcuni mesi dell'anno degli esemplari di alcune specie dato il loro limitato ciclo vitale. Ne consegue una variabilità interparcellare elevata.

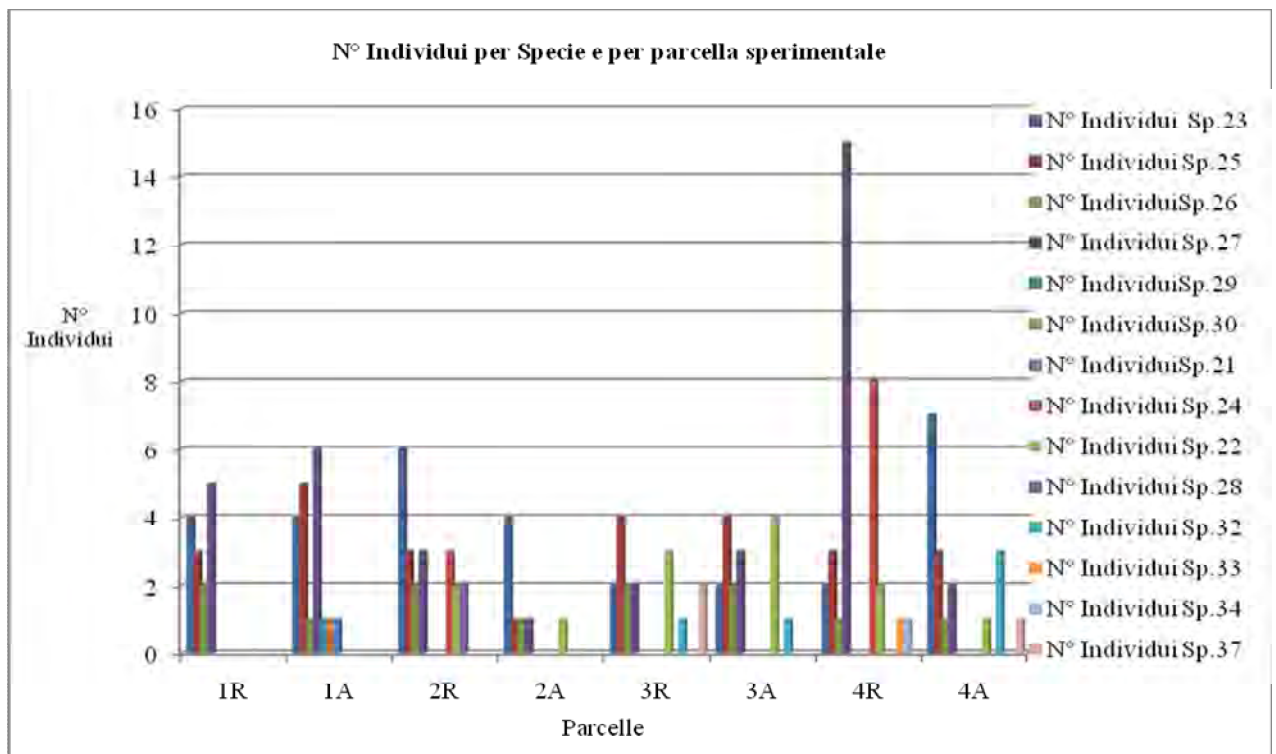
La Fig. 4.5.15 mostra la distribuzione parcellare del N° di individui presenti e distinti per singola specie.

**Tabella 4.5.13** – Valori medi N° individui dello Strato Erbaceo (in rosso i valori approssimati).

Parcella N°	N° Ind. Sp.23	N° Ind. Sp.25	N° Ind. Sp.26	N° Ind. Sp.27	N° Ind. Sp.29	N° Ind. Sp.30	N° Ind. Sp.21	N° Ind. Sp.24	N° Ind. Sp.22	N° Ind. Sp.28	N° Ind. Sp.32	N° Ind. Sp.33	N° Ind. Sp.34	N° Ind. Sp.37
1R	4	3	2	5	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
1A	4	5	1	6	1	1	1	/	/	/	/	/	/	/
2R	6	3	2	3	/	/	/	3	2	2	/	/	/	/
2A	4	1	1	1	/	/	/	/	1	/	/	/	/	/
3R	2	4	2	2	/	/	/	/	3	/	1	/	/	2
3A	2	4	2	3	/	/	/	/	4	/	1	/	/	/
4R	2	3	1	15	/	/	/	8	2	/	/	1	1	/
4A	7	3	1	2	/	/	/	/	1	/	3	/	/	1
<b>TOT 1R:2A</b>	<b>18</b>	<b>12</b>	<b>7</b>	<b>15</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>TOT 3R:4A</b>	<b>13</b>	<b>13</b>	<b>6</b>	<b>21</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>8</b>	<b>10</b>	<b>0</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>3</b>
<b>TOT</b>	<b>31</b>	<b>25</b>	<b>13</b>	<b>36</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>11</b>	<b>13</b>	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>3</b>
<b>μ Parcelle 1R:2A</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	/	/	/	/
<b>μ Parcelle 3R:4A</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>5</b>	/	/	/	/	<b>3</b>	/	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
<b>μ TOT</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>6</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
<b>Dev.standard 1R:2A</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	/	/	/	/	<b>1</b>	/	/	/	/	/
<b>Dev.standard 3R:4A</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>6</b>	/	/	/	/	<b>1</b>	/	<b>1</b>	/	/	<b>1</b>
<b>Dev.standard</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>5</b>	/	/	/	<b>4</b>	<b>1</b>	/	<b>1</b>	/	/	<b>1</b>
<b>Valore Max</b>	<b>7</b>	<b>5</b>	<b>2</b>	<b>15</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>8</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
<b>Valore Min</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>

**Tabella 4.5.14** – Deviazione Standard N° individui dello Strato Erbaceo (in rosso i valori approssimati).

Parcel la N°	N° Ind. Sp.2 3	N° Ind. Sp.2 5	N° Ind Sp.2 6	N° Ind Sp.2 7	N° Ind Sp.2 9	N° Ind Sp.3 0	N° Ind Sp.2 1	N° Ind Sp.2 4	N° Ind Sp.2 2	N° Ind Sp.2 8	N° Ind Sp.3 2	N° Ind Sp.3 3	N° Ind Sp.3 4	N° Ind Sp.3 7
1R	3	3	2	3	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
1A	1	4	0	4	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
2R	4	1	1	1	/	/	/	/	1	/	/	/	/	/
2A	1	/	/	0	/	/	/	/	0	/	/	/	/	/
3R	2	2	1	1	/	/	/	/	3	/	/	/	/	/
3A	2	1	1	4	/	/	/	/	1	/	/	/	/	/
4R	2	/	0	/	/	/	/	/	1	/	/	/	/	/
4A	3	/	/	1	/	/	/	/	0	/	/	/	/	/
μ Parcel le 1R:2A	1	1	1	2	/	/	/	/	0	/	/	/	/	/
μ Parcel le 3R:4A	2	/	1	7	/	/	/	/	1	/	1	/	/	/
μ TOT	2	1	1	5	/	/	/	/	1	/	1	/	/	/
Valore Max	4	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Valore Min	1	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/



**Figura 4.5.15**

Come visibile nella Tab. 4.5.15 (nella Tab. 4.5.16 sono invece espressi i dati relativi alla deviazione standard dei dati rilevati in bosco nei 9 rilievi) sono riportati i valori medi del N° di Individui interni ed esterni erbacei presenti nello strato.

Si evidenzia come la presenza di individui esterni allo strato mostra valori medi prevalentemente nulli. La presenza interna degli individui è costituita da un totale di 55 individui sostanzialmente equi ripartiti fra le 2 zone parcellari e, la corrispondente media è compresa tra le 6 e le 8 unità.

La variazione tra il valore minimo e quello massimo è di 4 unità.

La deviazione standard, espressa nella Tab. 4.5.16, mostra elevate variazioni spiegabili come è stato effettuato nell'analisi dei valori del N° di individui presenti per singola specie.

**Tabella 4.5.15**– Valori medi N° individui Interni ed Esterni delle parcelle sperimentali dello Strato Erbaceo (in rosso i valori approssimati).

Parcelle N°	N° Individui INT	N° Individui EXT
1R	8	0
1A	8	0
2R	9	0
2A	5	0
3R	4	0
3A	6	0
4R	5	0
4A	8	0
<b>TOT Parcelle 1R:2A</b>	<b>30</b>	<b>0</b>
<b>TOT Parcelle 3R:4A</b>	<b>25</b>	<b>0</b>
<b>TOT</b>	<b>55</b>	<b>0</b>
<b>μ Parcelle 1R:2A</b>	<b>8</b>	<b>0</b>
<b>μ Parcelle 3R:4A</b>	<b>6</b>	<b>0</b>
<b>μ TOT</b>	<b>7</b>	<b>0</b>
<b>Dev.standard 1R:2A</b>	<b>2</b>	<b>0</b>
<b>Dev.standard 3R:4A</b>	<b>1</b>	<b>0</b>
<b>Dev.standard</b>	<b>2</b>	<b>0</b>
<b>Valore Max</b>	<b>9</b>	<b>0</b>
<b>Valore Min</b>	<b>5</b>	<b>0</b>

**Tabella 4.5.16** – Deviazione Standard N° individui Interni ed Esterni delle parcelle sperimentali dello Strato Erbaceo (in rosso i valori approssimati).

Parcelle N°	N° Individui INT	N° Individui EXT
1R	7	0
1A	6	0
2R	7	0
2A	1	0
3R	6	0
3A	8	0
4R	8	0
4A	5	0
<b>μ Parcelle 1R:2A</b>	<b>2</b>	<b>0</b>
<b>μ Parcelle 3R:4A</b>	<b>1</b>	<b>0</b>
<b>μ TOT</b>	<b>2</b>	<b>0</b>
<b>Valore Max</b>	<b>8</b>	<b>0</b>
<b>Valore Min</b>	<b>1</b>	<b>0</b>

Nella Tab. 4.5.17 (nella Tab. 4.5.18 sono invece espressi i dati relativi alla deviazione standard dei dati rilevati in bosco nei 9 rilievi) e nella Fig. 4.5.16 e 4.5.17 sono presi in considerazione i valori medi di Altezza e di Copertura % per singola specie e di relativa copertura dello Strato Erbaceo.

I valori di altezza media dello strato erbaceo sono molto limitati dato il portamento insito nelle specie di questo strato. La sola specie che supera i valori medi è la sp. N° 26 (Asfodelo) che raggiunge anche i 30 cm di altezza. I valori medi dello strato sono pari a 6 cm con valori sostanzialmente simili tra le 2 zone parcellari e la stessa forbice tra valore massimo e minimo è ridotta e pari a 0,05 cm.

La copertura % del suolo (par. 3.3.2) è stata determinata, come già detto per lo strato arboreo e arbustivo, dal rapporto tra i punti rilevati nella griglia 20 x 20 cm in relazione all'eventuale presenza/assenza dell'esemplare arboreo (rapporto Totale Punti Rilevati/N° Totale Punti Griglia).

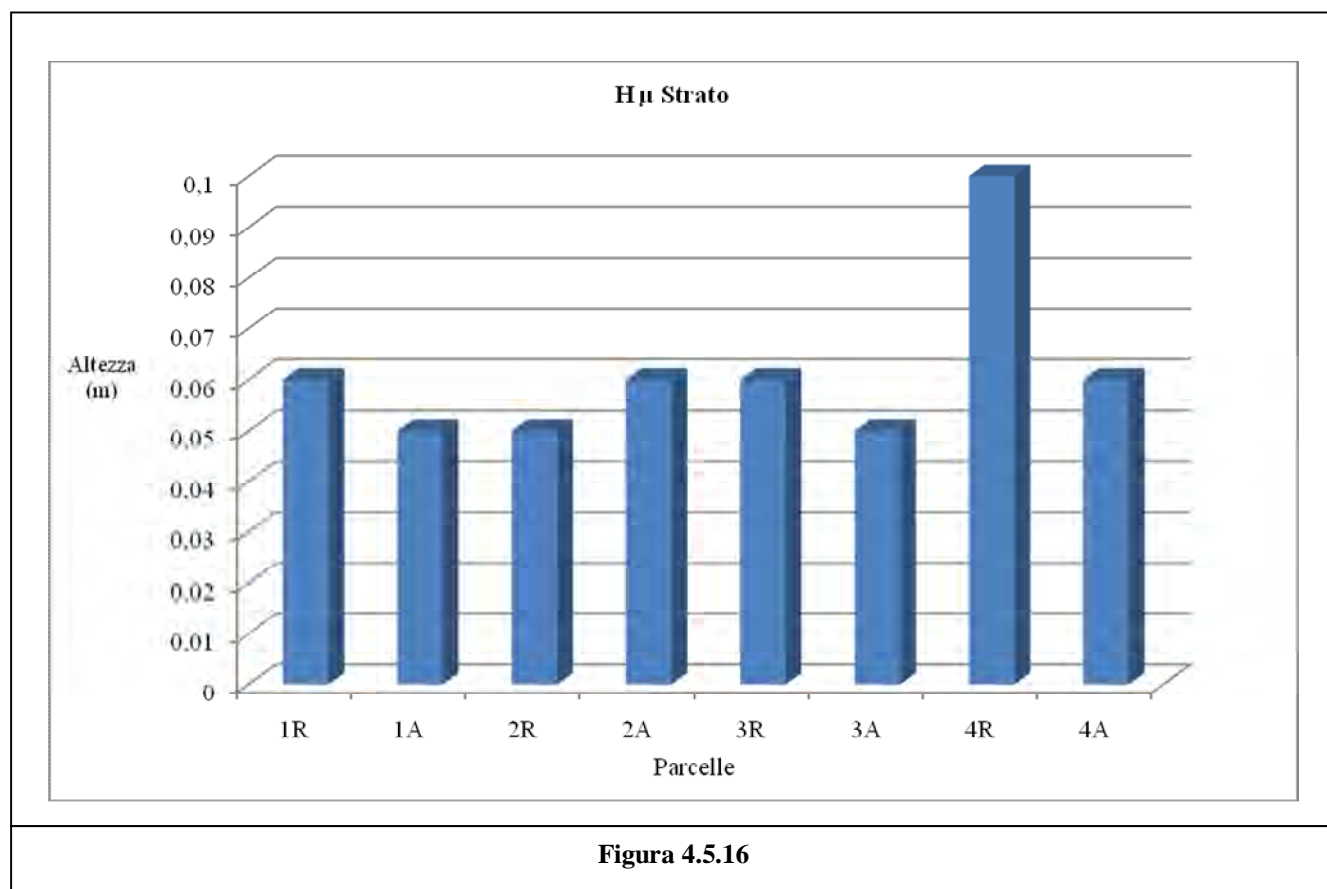
I valori di Copertura % media descrivono la presenza di uno strato limitato i cui valori medi sono di poco superiori al punto % e la stessa forbice tra max-min è compresa tra lo 0,76 e 1,46%, valori sicuramente trascurabili rispetto a quelli insiti nella molto più elevata copertura arbustiva e arborea. I valori della deviazione standard rispetto ai 9 rilievi effettuati (Tab. 4.5.18) sono elevati sia nel caso delle altezze sia nel caso della copertura %.

**Tabella 4.5.17** – Valori medi di Altezza media e di Copertura dello Strato Erbaceo (in rosso i valori approssimati).

Parcella N°	H $\mu$ Strato	N° Totale Punti Griglia	Totale Punti Rilevati	Copertura %
1R	0,06	676	8	1,2
1A	0,05	625	9	1,46
2R	0,05	676	9	1,4
2A	0,06	676	5	0,76
3R	0,06	676	6	0,94
3A	0,05	676	7	1,05
4R	0,1	676	7	0,99
4A	0,06	676	9	1,38
$\mu$ Parcelle 1R:2A	<b>0,05</b>	<b>663</b>	<b>8</b>	<b>1,2</b>
$\mu$ Parcelle 3R:4A	<b>0,07</b>	<b>676</b>	<b>7</b>	<b>1,09</b>
$\mu$ TOT	<b>0,06</b>	<b>670</b>	<b>8</b>	<b>1,15</b>
Dev.standard 1R:2A	<b>0,01</b>	<b>26</b>	<b>2</b>	<b>0</b>
Dev.standard 3R:4A	<b>0,02</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>
Dev.standard	<b>0,02</b>	<b>18</b>	<b>2</b>	<b>0</b>
Valore Max	<b>0,1</b>	<b>676</b>	<b>9</b>	<b>1,46</b>
Valore Min	<b>0,05</b>	<b>625</b>	<b>5</b>	<b>0,76</b>

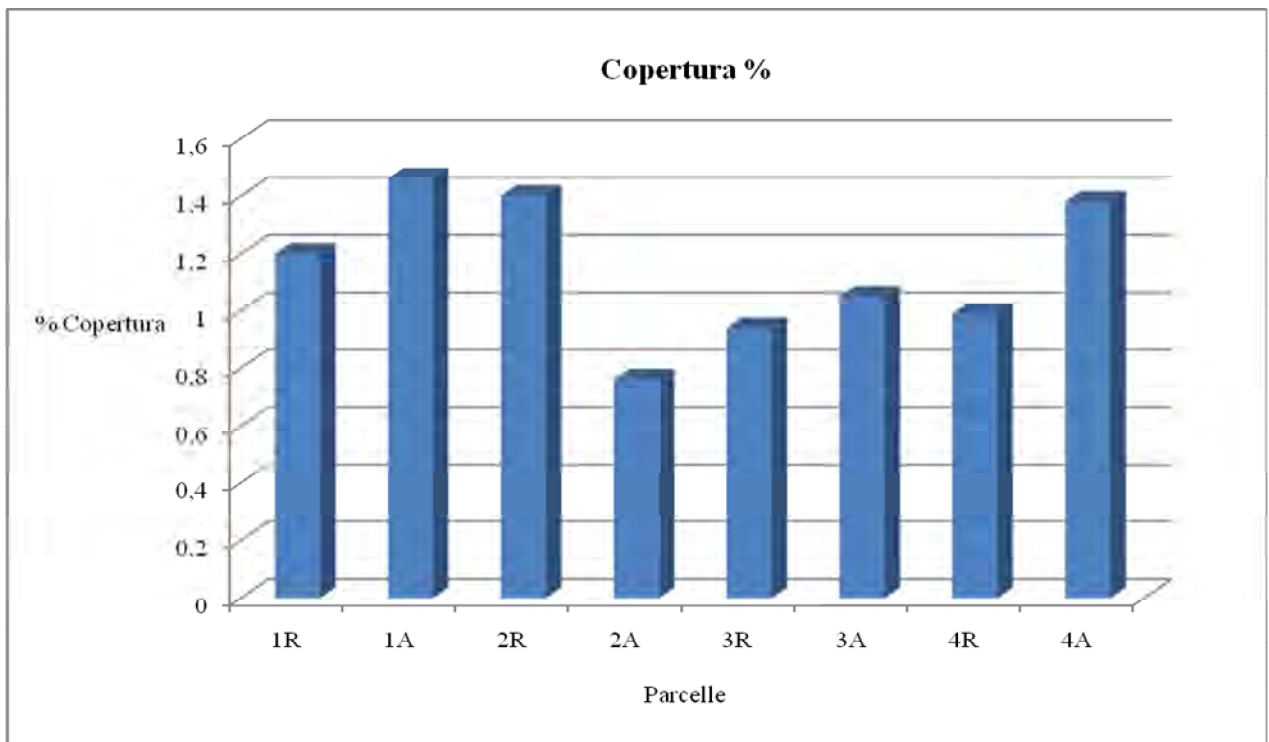
**Tabella 4.5.18** – Deviazione Standard di Altezza media e di Copertura dello Strato Erbaceo (in rosso i valori approssimati).

Parcella N°	H $\mu$ Strato	N° Totale Punti Griglia	Totale Punti Rilevati	Copertura %
1R	0,03	0,00	8	1,20
1A	0,02	0,00	8	1,23
2R	0,01	0,00	7	1,05
2A	0,01	0,00	1	0,19
3R	0,04	0,00	9	1,34
3A	0,02	0,00	9	1,32
4R	0,08	0,00	10	1,44
4A	0,03	0,00	11	1,57
$\mu$ Parcelle 1R:2A	0,01	26	2	0,32
$\mu$ Parcelle 3R:4A	0,02	0,00	1	0,20
$\mu$ TOT	0,02	18	2	0,25
Valore Max	0,08	0,00	11	1,57
Valore Min	0,01	0,00	1	0,19



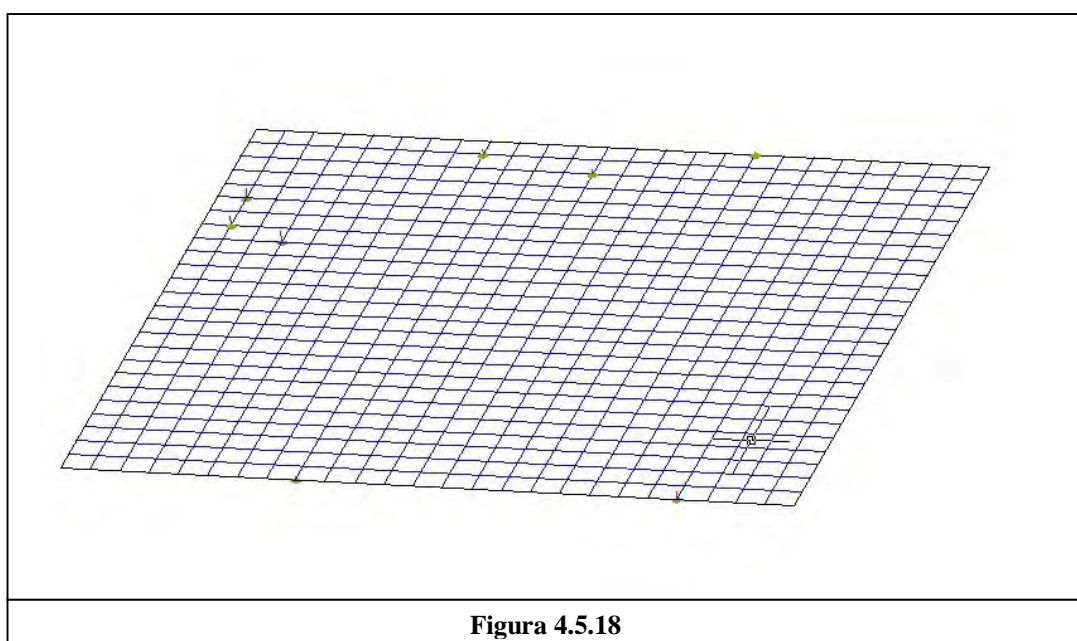
**Figura 4.5.16**





**Figura 4.5.17**

Come nel caso dello strato arboreo e arbustivo, anche per lo strato erbaceo è stata effettuata una rappresentazione 3D (Fig. 4.5.18) che ha permesso di verificare, anche solo dal punto di vista visivo, l'effettiva diffusione areale delle specie dello strato. Si è riconosciuta la presenza di piante erbacee disposte prevalentemente in zone di chiaria mentre la sola specie N° 23 è quella situata anche sotto la dominanza dello strato arboreo e arbustivo.



**Figura 4.5.18**

Nella Fig. 4.5.19 e 4.5.20 sono rappresentate le specie più rappresentative in relazione alla copertura del suolo da essi offerta: si tratta della specie N° 23 e della specie N° 26 che, come anche visibile dalle stesse fotografie, è riferita a esemplari posti prevalentemente sotto la copertura (ombra) degli altri strati vegetali.



**Figura 4.5.19**



**Figura 4.5.20**

Come visibile nella Tab. 4.5.19 (nella Tab. 4.5.20) sono invece espressi i dati relativi alla deviazione standard dei dati rilevati in bosco nei 9 rilievi) e nella Fig. 4.5.21, sono riportati i valori medi del N° di specie, di Individui e del tipo di rinnovazione dello Strato della Rinnovazione Forestale.

Tra le 2 zone parcellari la rinnovazione si presenta o con 1 o con 2 specie per parcella sperimentale e con variazioni tra il max e il min di 2 unità. La variazione del N° totale di individui tra le parcelle sperimentali e nei valori totali è più trasparente e assomma a 52 individui totali distribuiti prevalentemente (36 unità) nelle parcelle a minore quota mentre è più trascurabile (16 unità) la presenza nelle parcelle situate a maggiore quota.

La rinnovazione è distinta in piante nate da seme (PI), polloni (PO) da ceppaia e dai semi-frutti (S).

Considerando i valori medi per zona e per parcella si nota come nel caso delle piante nate da seme PI, il loro N° assoluto è maggiore di 3 volte nel caso delle parcelle poste a maggiore quota (30 vs 10 unità) mentre il valore medio è variabile da 2 a 7 individui per parcella e il valore medio tra le parcelle è di 5 unità. La variazione tra il valore massimo e quello minimo è elevato e corrisponde a valori di scarto di 13 unità.

Il N° di polloni è equi ripartito, sostanzialmente simile nei 2 casi considerati, e assommanti a un totale medio di 11 unità e con valori medi per parcella variabili da 1 a 2 unità e con scarti tra il valore massimo e quello minimo di 3 unità.

Più elevato il N° dei semi-frutti, costituiti nel caso in esame dal solo achenio (frutto secco indeiscente con un unico seme) della specie Leccio che assomma a 94 unità prevalentemente presenti nelle parcelle poste a quota inferiore (65 unità).

I valori medi del N° dei semi-frutti è abbastanza variabile tra le diverse zone e superiore nelle zone a minore quota con valori superiori al doppio di quelli presenti nelle altre parcelle.

Gli scarti tra i valori max e min sono notevoli e assommanti a 19 unità.

Nella Tab. 4.5.20 sono presi in considerazione la deviazione standard rispetto ai diversi rilievi e si nota, similmente a quanto verificato nello strato erbaceo, la presenza di una elevata variabilità, soprattutto nel caso dei semi-frutti, imputabile al fatto che sono state contate unicamente le ghiande aventi un aspetto esterno integro, privo di forature dovute ad agenti esterni (patogeni, fauna terricola e volatile, pascolo caprino) mentre l'elevata variazione del N° delle piante è da imputare a cause ancora da accertare.

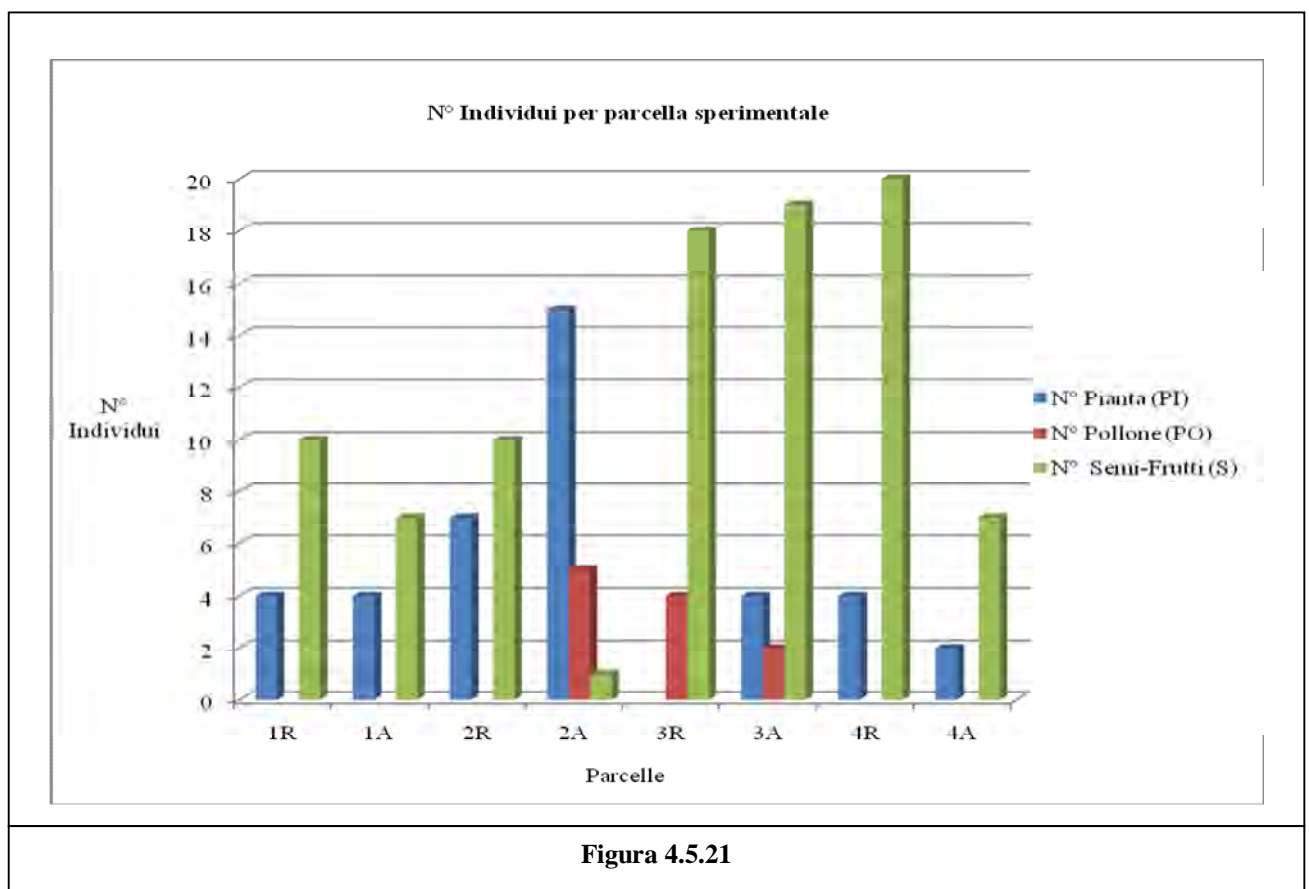
Nella Fig. 4.5.21 è rappresentata la distribuzione per singola parcella delle piante PI, dei polloni PO e dei semi-frutti S. E' evidente la presenza elevata dei semi-frutti e su tutte le parcelle sperimentali; è elevata la presenza anche delle piante nate da seme tranne il solo caso della parcella 3R mentre i polloni sono presenti in solo 3 parcelle sperimentali.

**Tabella 4.5.19** – Valori medi N° individui dello Strato Rinnovazione (in rosso i valori approssimati).

Parcella N°	N° Specie	N° Tot Individui	N° Pianta (PI)	N° Pollone (PO)	N° Semi-Frutti (S)
1R	1	5	4	0	10
1A	1	4	4	0	7
2R	2	7	7	0	10
2A	3	20	15	5	1
3R	1	4	0	4	18
3A	1	6	4	2	19
4R	1	4	4	0	20
4A	2	2	2	0	7
<b>TOT 1R:2A</b>	/	<b>36</b>	<b>30</b>	<b>5</b>	<b>29</b>
<b>TOT 3R:4A</b>		<b>16</b>	<b>10</b>	<b>6</b>	<b>65</b>
<b>TOT</b>		<b>52</b>	<b>39</b>	<b>11</b>	<b>94</b>
<b>μ Parcelle 1R:2A</b>	<b>2</b>	<b>9</b>	<b>7</b>	<b>1</b>	<b>7</b>
<b>μ Parcelle 3R:4A</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>16</b>
<b>μ TOT</b>	<b>2</b>	<b>7</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>12</b>
<b>Dev.standard 1R:2A</b>	<b>1</b>	<b>7</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
<b>Dev.standard 3R:4A</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>6</b>
<b>Dev.standard</b>	<b>1</b>	<b>6</b>	<b>5</b>	<b>2</b>	<b>7</b>
<b>Valore Max</b>	<b>3</b>	<b>20</b>	<b>15</b>	<b>5</b>	<b>20</b>
<b>Valore Min</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>1</b>

**Tabella 4.5.20** – Deviazione Standard N° individui dello Strato Rinnovazione (in rosso i valori approssimati).

Parcella N°	N° Pianta (PI)	N° Pollone (PO)	N° Semi-Frutti (S)
1R	5	0	15
1A	1	0	7
2R	4	0	10
2A	4	2	4
3R	1	2	41
3A	3	1	25
4R	3	1	27
4A	2	0	9
<b>μ Parcella 1R:2A</b>	<b>5</b>	<b>2</b>	<b>4</b>
<b>μ Parcella 3R:4A</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>6</b>
<b>μ TOT</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>7</b>
<b>Valore Max</b>	<b>5</b>	<b>2</b>	<b>41</b>
<b>Valore Min</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>4</b>



**Figura 4.5.21**

Nella Tab. 4.5.21 (nella Tab. 4.5.22 sono invece espressi i dati relativi alla deviazione standard dei dati rilevati in bosco nei 9 rilievi) e nella Fig. 4.5.22 sono descritti i valori medi del N° di individui presenti nello Strato della Rinnovazione distinti per tipologia, PI o PO, e per singola specie.

Nel caso della specie Leccio si riscontra la prevalenza di piante nate da seme rispetto ai polloni con un rapporto di circa 4:1. Il N° di piante è molto più elevato nelle parcelle a quota maggiore con un rapporto di circa 3:1 e con valori medi per zona variabili da 3 a 7 unità e con valori medi di 5 unità.

E' elevata anche la variazione tra il valore massimo e quello minimo con uno scarto di 13 unità.

I polloni della specie Leccio sono presenti prevalentemente nella zona a quota minore con un rapporto di 2:1 e un N° totale di 11 unità. I valori medi per parcella sono bassi e pari a 1 o 2 unità.

La differenza tra il N° max e quello minimo tra le parcelle è di 3 unità.

E' più contenuta la presenza di piante e polloni della specie Ginepro assommanti sia nel primo sia nel secondo caso a 4 unità e con chiara prevalenza di piante e polloni presenti nella zona a maggiore quota. I valori medi si attestano a basse quantità e variano da 1 a 3 unità così come lo scarto min e max tra le parcelle ridotto a 1 o a 2 unità.

La Fillirea è presente al solo stato di pollone con 2 esemplari talaltro presenti in una sola parcella sperimentale.

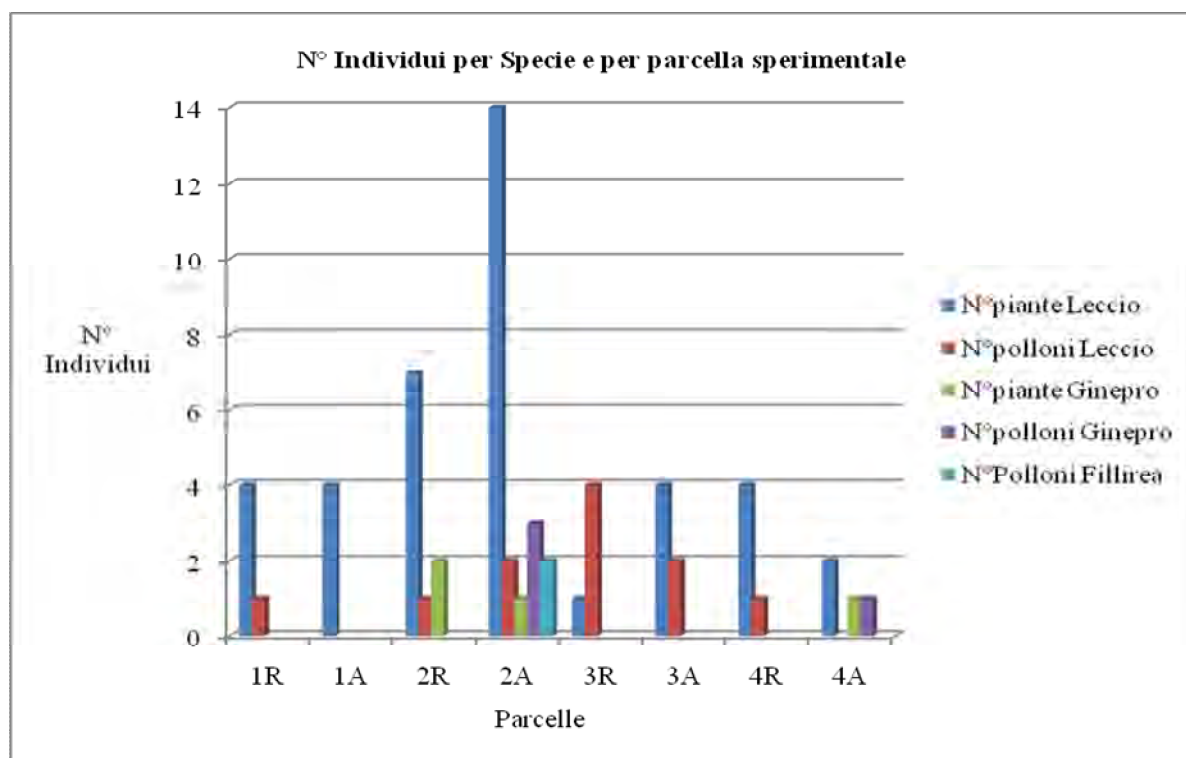
La deviazione standard indicata nella Tab. 4.5.22 mostra valori elevati, ricalcando quanto detto in precedenza in occasione della descrizione del N° totale di individui.

**Tabella 4.5.21** – Valori medi N° individui dello Strato Rinnovazione (in rosso i valori approssimati).

Parcella N°	N° piante Leccio	N° polloni Leccio	N° piante Ginepro	N° polloni Ginepro	N° piante Fillirea	N° Polloni Fillirea
1R	4	1	/	/	/	/
1A	4	0	/	/	/	/
2R	7	1	2	/	/	/
2A	14	2	1	3	/	2
3R	1	4	/	/	/	/
3A	4	2	/	/	/	/
4R	4	1	/	/	/	/
4A	2	0	1	1	/	/
<b>TOT 1R:2A</b>	<b>29</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>2</b>
<b>TOT 3R:4A</b>	<b>10</b>	<b>7</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>TOT</b>	<b>39</b>	<b>11</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>2</b>
<b>μ Parcelle 1R:2A</b>	<b>7</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>/</b>	<b>2</b>
<b>μ Parcelle 3R:4A</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>/</b>	<b>/</b>
<b>μ TOT</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>/</b>	<b>2</b>
<b>Dev.standard 1R:2A</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>/</b>	<b>/</b>	<b>/</b>
<b>Dev.standard 3R:4A</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>/</b>	<b>/</b>	<b>/</b>	<b>/</b>
<b>Dev.standard</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>/</b>	<b>/</b>	<b>/</b>
<b>Valore Max</b>	<b>14</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>2</b>
<b>Valore Min</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>2</b>

**Tabella 4.5.22** – Deviazione Standard N° individui dello Strato Rinnovazione (in rosso i valori approssimati).

Parcella N°	N°piante Leccio	N°polloni Leccio	N°piante Ginepro	N°polloni Ginepro	N°piante Fillirea	N°Polloni Fillirea
1R	5	1	/	/	/	/
1A	1	/	/	/	/	/
2R	4	1	/	/	/	/
2A	4	1	0	/	/	1
3R	1	2	/	/	/	/
3A	3	1	/	/	/	/
4R	3	1	/	/	/	/
4A	1	/	/	/	/	/
$\mu$ Parcelle 1R:2A	5	1	1	/	/	/
$\mu$ Parcelle 3R:4A	2	2	/	/	/	/
$\mu$ TOT	4	1	1	1	/	/
Valore Max	5	2	0	0	0	1
Valore Min	1	1	0	0	0	1



**Figura 4.5.22**



Come visibile nella Tab. 4.5.23 (nella Tab. 4.5.24 sono invece espressi i dati relativi alla deviazione standard dei dati rilevati in bosco nei 9 rilievi) e nella Fig. 4.5.23, sono riportati i valori medi % delle piante nate da seme, da polloni e dai semi-frutti e la presenza per singola specie relativamente allo Strato della Rinnovazione.

Relativamente alla % delle piante si nota come in tutte le parcelle sperimentali è seconda rispetto a quella dei semi frutti, mentre la stessa precede sempre, tranne il caso della parcella 3R, la % dei polloni.

I dati medi della % delle piante mostra come le stesse siano prevalenti nella zona a quota maggiore con valori praticamente doppi (28,92 vs 55,12), mentre il dato medio fra le singole parcelle sperimentali è di poco superiore al 42%. La variazione tra il dato min e quello max è elevata con circa 70 punti %.

Nel caso dei polloni le % sono decisamente a favore delle parcelle a quota inferiore, con dati medi tra le parcelle di poco superiori all'11% mentre lo scarto tra i dati medi max e minimi è ancora elevato (scarto % di circa il 52%).

I dati % relativi a semi-frutti sono maggiormente equi ripartiti fra le parcelle delle 2 zone e con valori medi di poco superiori al 46% mentre è ancora elevata la variazione tra i massimi e i minimi pari a circa il 59%.

In 5 parcelle su 8 il Leccio è l'unica specie in rinnovazione e comunque nelle restanti 3 la % della specie è sempre la più elevata con valori minimi di poco inferiori al 79%.

Il Ginepro si presenta con % variabili da circa il 15% fino al 18%. Più trascurabile in contributo della Fillirea che si trova con % di poco superiori al 5%.

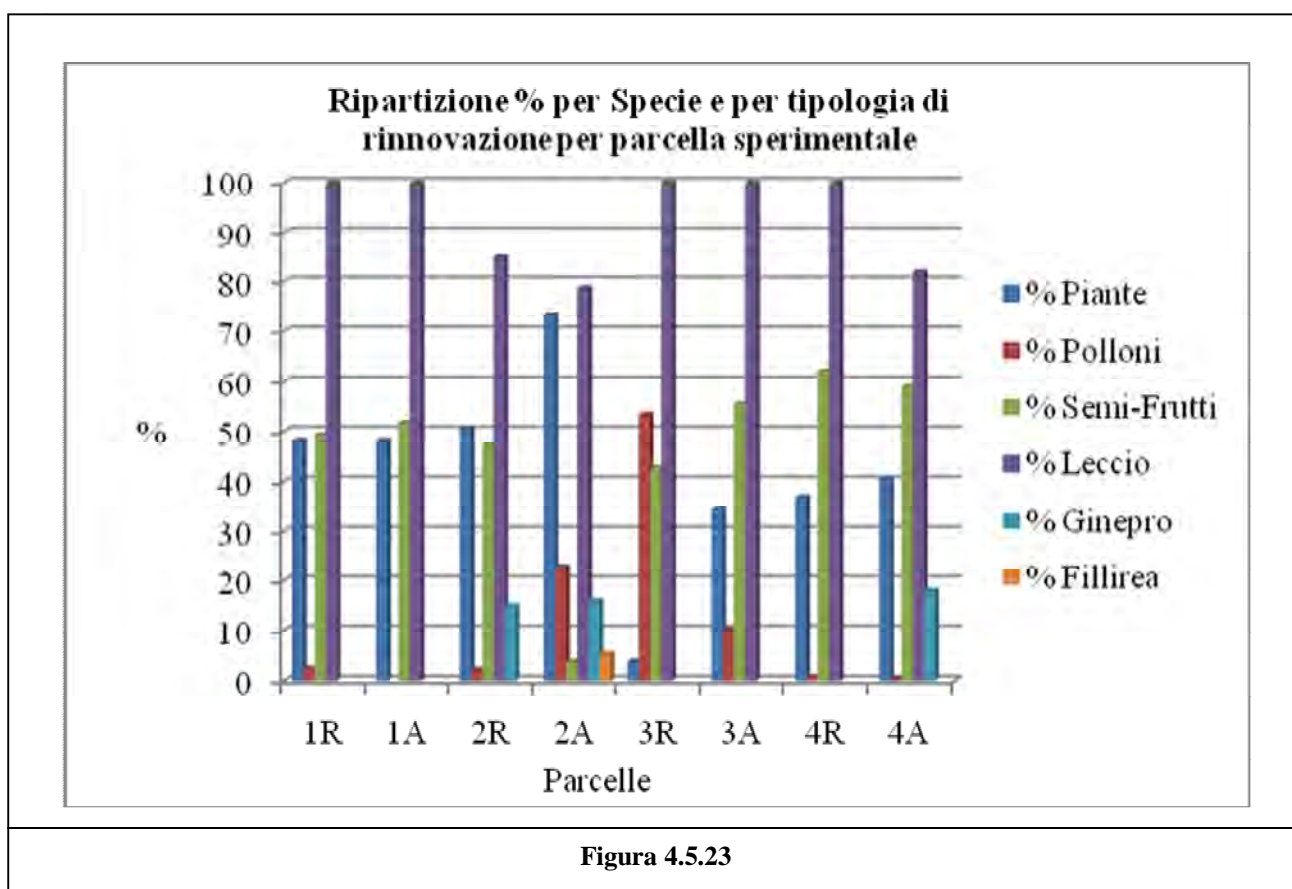
Le deviazioni standard (Tab. 4.5.24) tra i rilievi effettuati sono elevate nel caso della tipologia di rinnovazione mentre sono più contenute nella distribuzione tra le diverse specie.

**Tabella 4.5.23 – Valori medi Ripartizione % dello Strato Rinnovazione.**

Parcelle N°	% Piante	% Polloni	% Semi - Frutti	Totale	% Leccio	% Ginepro	% Fillirea	Totale
1R	48,25	2,42	49,33	100	100	/	/	100
1A	48,19	/	51,81	100	100	/	/	100
2R	50,6	2,18	47,21	100	85,07	14,93	/	100
2A	73,43	22,86	3,7	100	78,82	15,88	5,29	100
3R	3,8	53,46	42,75	100	100	/	/	100
3A	34,38	10,07	55,55	100	100	/	/	100
4R	36,93	0,84	62,22	100	100	/	/	100
4A	40,56	0,38	59,06	100	81,99	18,01	/	100
<b>μ Parcelle 1R:2A</b>	<b>55,12</b>	<b>6,87</b>	<b>38,01</b>	<b>/</b>	<b>90,97</b>	<b>15,41</b>	<b>5,29</b>	<b>/</b>
<b>μ Parcelle 3R:4A</b>	<b>28,92</b>	<b>16,19</b>	<b>54,9</b>		<b>95,5</b>	<b>18,01</b>	<b>/</b>	
<b>μ TOT</b>	<b>42,02</b>	<b>11,53</b>	<b>46,45</b>		<b>93,23</b>	<b>16,28</b>	<b>5,29</b>	
<b>Dev.standard 1R:2A</b>	<b>12,26</b>	<b>10,72</b>	<b>22,95</b>		<b>10,73</b>	<b>0,67</b>	<b>/</b>	
<b>Dev.standard 3R:4A</b>	<b>16,94</b>	<b>25,25</b>	<b>8,54</b>		<b>9,00</b>	<b>/</b>	<b>/</b>	
<b>Dev.standard</b>	<b>19,58</b>	<b>18,63</b>	<b>18,40</b>		<b>9,48</b>	<b>1,58</b>	<b>/</b>	
<b>Valore Max</b>	<b>73,43</b>	<b>53,46</b>	<b>62,22</b>		<b>100</b>	<b>18,01</b>	<b>5,29</b>	
<b>Valore Min</b>	<b>3,8</b>	<b>0,38</b>	<b>3,7</b>	<b>78,82</b>	<b>14,93</b>	<b>5,29</b>		

**Tabella 4.5.24** – Deviazione Standard Ripartizione % dello Strato Rinnovazione.

Parcella N°	% Piante	% Polloni	% Semi-Frutti	% Leccio	% Ginepro	% Fillirea
1R	37,84	6,62	40,24	0	/	/
1A	32,65	0	32,65	0	/	/
2R	32,68	4,53	35,05	9,09	9,09	/
2A	13,8	5,5	11,11	6,25	4,69	1,56
3R	6,42	34,46	35,87	0	/	/
3A	31,82	8,69	39,07	0	/	/
4R	37,52	1,86	37,23	0	/	/
4A	42,78	1,15	42,39	13,69	13,69	/
<b>μ Parcella 1R:2A</b>	<b>12,26</b>	<b>10,72</b>	<b>22,95</b>	<b>10,73</b>	<b>0,67</b>	<b>/</b>
<b>μ Parcella 3R:4A</b>	<b>16,94</b>	<b>25,24</b>	<b>8,54</b>	<b>9</b>	<b>/</b>	<b>/</b>
<b>μ TOT</b>	<b>19,58</b>	<b>18,63</b>	<b>18,4</b>	<b>9,48</b>	<b>1,57</b>	<b>/</b>
<b>Valore Max</b>	<b>42,78</b>	<b>34,46</b>	<b>42,39</b>	<b>13,69</b>	<b>13,69</b>	<b>1,56</b>
<b>Valore Min</b>	<b>6,42</b>	<b>0</b>	<b>11,11</b>	<b>0</b>	<b>4,69</b>	<b>1,56</b>



Relativamente alle altezze dello strato degli individui in rinnovazione, come visibile in Tab. 4.2.25, si nota come nel caso delle piante di Leccio, le piante mostrano tra le 2 distinte zone, valori medi pari a 8,24 e i 11,17 cm e con dati medi fra le parcelle sperimentali di 9,7 cm mentre è elevata la variazione tra dato massimo e quello minimo pari a circa 10 cm.

L'altezza media dei polloni di Leccio è più elevata rispetto a quella delle piante e sempre superiore ai 20 cm con una leggera prevalenza per i polloni presenti nelle parcelle sperimentali poste a quota maggiore e con dati medi fra le parcelle di circa 24 cm. E' elevata la variazione fra le altezze medie dei polloni in quanto risultano variabili tra circa 8 cm e 55 cm.

I valori delle piante e dei polloni di Ginepro sono molto simili a quelle delle piante di leccio. Si riscontrano valori di altezza medi di poco superiori ai 10 cm e con scarti rispettivamente di circa 15 e di circa 5 cm tra i dati max e min.

I polloni di Fillirea si presentano in una sola parcelle sperimentale con valori tra i più elevati e pari a circa 30 cm.

L'altezza media tra le piante nate da seme ricalca sostanzialmente i valori della specie Leccio con un dato medio fra le parcelle sperimentali di circa 10 cm, mentre il dato medio relativo ai polloni è di circa 19 cm con scarti tra dati medi massimi e minimi di circa 20 cm.

L'altezza media totale tra piante e polloni, rivela la presenza di uno strato in rinnovazione avente valori medi di circa 13 cm e con 15 cm di scarto tra i valori massimi e minimi.

Le deviazioni standard (Tab. 4.2.26) non sono trascurabili e sono presenti in tutti i casi: piante, polloni e per tutte le specie esaminate.

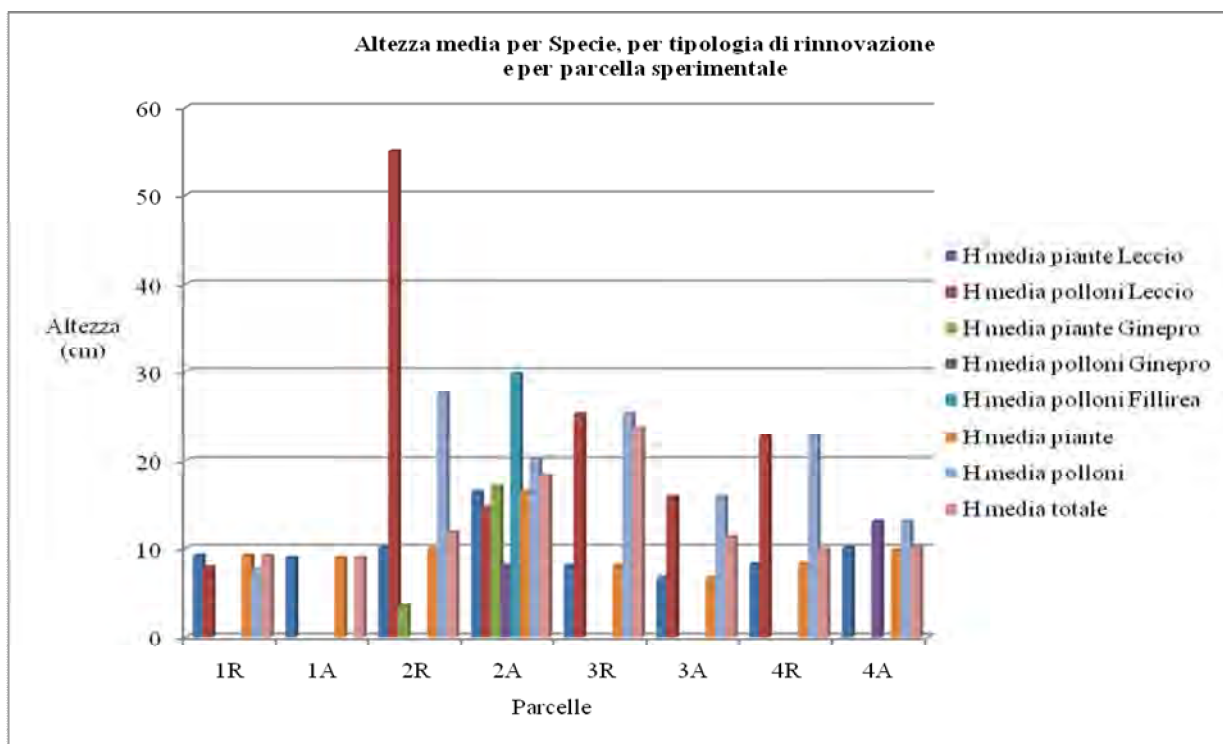
Nella Fig. 4.5.24 sono stati presi in esame i dati medi delle altezze per singola parcelle sperimentale e per singola specie. Si riconosce la prevalenza del leccio sia allo stato di pianta nata da seme sia da pollone.

**Tabella 4.5.25** – Valori medi Altezze dello Strato Rinnovazione (valori in cm).

<b>Parcella N°</b>	<b>H media piante Leccio</b>	<b>H media polloni Leccio</b>	<b>H media piante Ginepro</b>	<b>H media polloni Ginepro</b>	<b>H media piante Fillirea</b>	<b>H media polloni Fillirea</b>	<b>H media piante</b>	<b>H media polloni</b>	<b>H media totale</b>
1R	9,23	7,83	/	/	/	/	9,23	7,5	9,19
1A	8,98	/	/	/	/	/	8,98		8,98
2R	10,06	55	3,5	/	/	/	9,92	27,5	11,84
2A	16,42	14,6	17,06	8	/	29,78	16,43	20,15	18,29
3R	8	25,24	/	/	/	/	8	25,24	23,67
3A	6,66	15,89	/	/	/	/	6,66	15,89	11,28
4R	8,19	22,75	/	/	/	/	8,19	22,75	9,93
4A	10,09		/	13	/	/	9,83	13	10,18
<b>μ Parcelle 1R:2A</b>	<b>11,17</b>	<b>25,81</b>	<b>10,28</b>	<b>8</b>	<b>/</b>	<b>29,78</b>	<b>11,14</b>	<b>18,38</b>	<b>12,08</b>
<b>μ Parcelle 3R:4A</b>	<b>8,24</b>	<b>21,29</b>	<b>/</b>	<b>13</b>	<b>/</b>	<b>/</b>	<b>8,17</b>	<b>19,22</b>	<b>13,76</b>
<b>μ TOT</b>	<b>9,7</b>	<b>23,55</b>	<b>10,28</b>	<b>10,5</b>	<b>/</b>	<b>29,78</b>	<b>9,65</b>	<b>18,86</b>	<b>12,92</b>
<b>Dev.standard 1R:2A</b>	<b>3,53</b>	<b>25,50</b>	<b>9,59</b>	<b>/</b>	<b>/</b>	<b>/</b>	<b>3,55</b>	<b>10,12</b>	<b>4,34</b>
<b>Dev.standard 3R:4A</b>	<b>1,41</b>	<b>4,84</b>	<b>/</b>	<b>/</b>	<b>/</b>	<b>/</b>	<b>1,30</b>	<b>5,73</b>	<b>6,63</b>
<b>Dev.standard</b>	<b>2,94</b>	<b>16,60</b>	<b>9,59</b>	<b>3,54</b>	<b>/</b>	<b>/</b>	<b>2,94</b>	<b>7,12</b>	<b>5,27</b>
<b>Valore Max</b>	<b>16,42</b>	<b>55</b>	<b>17,06</b>	<b>13</b>	<b>0</b>	<b>29,78</b>	<b>16,43</b>	<b>27,5</b>	<b>23,67</b>
<b>Valore Min</b>	<b>6,66</b>	<b>7,83</b>	<b>3,5</b>	<b>8</b>	<b>0</b>	<b>29,78</b>	<b>6,66</b>	<b>7,5</b>	<b>8,98</b>

**Tabella 4.4.26** – Deviazione Standard Altezze dello Strato Rinnovazione (valori in cm).

Parcella N°	H media piante Leccio	H media polloni Leccio	H media piante Ginepro	H media polloni Ginepro	H media piante Fillirea	H media polloni Fillirea	H media piante	H media polloni	H media totale
1R	3,25	0,41	/	/	/	/	3,25	0,71	3,23
1A	2,29	/	/	/	/	/	2,29		2,29
2R	2,36	/	/	/	/	/	2,06	38,89	8,25
2A	1,50	1,37	0,42	/	/	11,21	1,48	3,81	2,43
3R		12,03	/	/	/	/		12,03	11,91
3A	3,20	3,86	/	/	/	/	3,20	3,86	2,61
4R	2,49	4,60	/	/	/	/	2,49	4,60	3,83
4A	0,84	/	/	/	/	/	0,94		1,38
$\mu$ Parcelle 1R:2A	<b>3,53</b>	<b>25,50</b>	<b>9,59</b>	/	/	/	<b>3,55</b>	<b>10,12</b>	<b>4,34</b>
$\mu$ Parcelle 3R:4A	<b>1,41</b>	<b>4,84</b>	/	/	/	/	<b>1,30</b>	<b>5,73</b>	<b>6,63</b>
$\mu$ TOT	<b>2,94</b>	<b>16,60</b>	<b>9,59</b>	<b>3,54</b>	/	/	<b>2,94</b>	<b>7,12</b>	<b>5,27</b>
Valore Max	<b>3,25</b>	<b>12,03</b>	<b>0,42</b>	/	/	<b>11,21</b>	<b>3,25</b>	<b>38,89</b>	<b>11,91</b>
Valore Min	<b>0,84</b>	<b>0,41</b>	<b>0,42</b>	/	/	<b>11,21</b>	<b>0,94</b>	<b>0,71</b>	<b>1,38</b>



**Figura 4.5.24**

Nella Tab. 4.5.27 e nella Fig. 4.5.25 sono stati presi in esame i dati medi della densità degli individui in rinnovazione piante, polloni e semi-frutti, espressa come Riferimento ad ha, rispetto alla densità insita nel corrispondente strato arboreo.

Il N° di piante nate da seme ad ha è, tranne il caso di 2 parcelle sperimentali, sempre superiore al corrispondente valore dello Strato Arboreo, e comunque più elevato in 7 casi su 8 rispetto alla densità dei polloni, ad ha.

Nel caso della densità delle piante nate da seme, i dati medi evidenziano un dato notevolmente superiore nelle parcelle sperimentali poste a maggiore quota con un rapporto di circa 3:1 con le restanti, mentre il dato medio fra tutte le parcelle è di poco superiore a 2.000 piante/ha.

La variazione tra il dato massimo e quello minimo è notevole e superiore alle 5.600 piante.

La densità dei polloni ad ha è sempre inferiore alle 700 unità, equi ripartita fra le 2 zone mentre la variazione fra i valori massimo e minimo è notevole e pari a circa 1.800 unità.

La densità dei semi-frutti presenta valori medi più elevati nel caso delle parcelle poste a quota inferiore, con un rapporto di circa 3:1 mentre il dato medio riferito a tutte le parcelle sperimentali è di poco superiore alle 4.700 unità. Anche la variazione tra il dato medio e quello minimo delle parcelle sperimentali è elevata, con uno scarto di circa 7.400 unità.

La densità dello strato arboreo è pari o superiore alle 1.200 unità/ha con valori massimi di 2.000-2.400 piante.

La densità è più elevata nel caso delle parcelle poste a quota maggiore, con 500 unità/ha di scarto mentre il dato medio è di 1.450 piante/ha mentre la variazione massima tra il dato minimo e quello massimo è di 1.200 piante.

Il confronto tra i dati medi di densità della rinnovazione rispetto a quelli presenti nello strato arboreo, evidenziano come da un N° iniziale di semi-frutti, quindi in condizioni ideali, da considerarsi come potenziali piante nate da seme, si originano e permangono nella sola prima fase vegetale della crescita del bosco, il novelleto (Cappelli, 1991), un N° di piante certamente più ridotto ma con valori sensibilmente più bassi e da considerarsi insufficienti rispetto alla fase vegetale in oggetto.

Prescindendo da aspetti relativi alla facoltà germinativa della specie Leccio, nel caso in analisi si è cercato di comprendere la scarsa entità degli individui in rinnovazione, considerando che l'attuale strato arboreo presenta valori di densità sostanzialmente simile a quello delle piante nate da seme in attuale rinnovazione. Se nella fase attuale, la rinnovazione si presenta unicamente allo stato di novelleto, priva di tutti gli stadi successivi utili a sostituire gradualmente lo strato arboreo oggi presente, è auspicabile l'esistenza di un problema di rinnovazione legato sia a un'insufficiente quantità di ghianda, che è particolarmente appetita sia dai volatili, sia dai capi caprini pascolanti nel bacino idrografico in analisi e a una corrispondente insufficiente quantità di piante sia nella fase di novelleto sia e soprattutto nelle successive fasi vegetali, completamente assenti nel caso in analisi.

Studi simili (Susmel et al 1976) hanno rivelato in una vicina e particolarmente simile realtà, quale quella della Foresta Montes sita nel Supramonte di Orgosolo, la presenza di una simile problematica.

Certamente la riduzione del pascolo caprino e il controllo costante della rinnovazione con modalità puntuali, affinché la stessa superi, la fase del novelleto, quindi la fase oltre la quale il morso del bestiame non incide significativamente nella crescita della rinnovazione, relativamente al contesto in analisi sono

attività importanti rispetto al contenimento della rottura della copertura del suolo con l'esposizione dello stesso ai fenomeni erosivi.

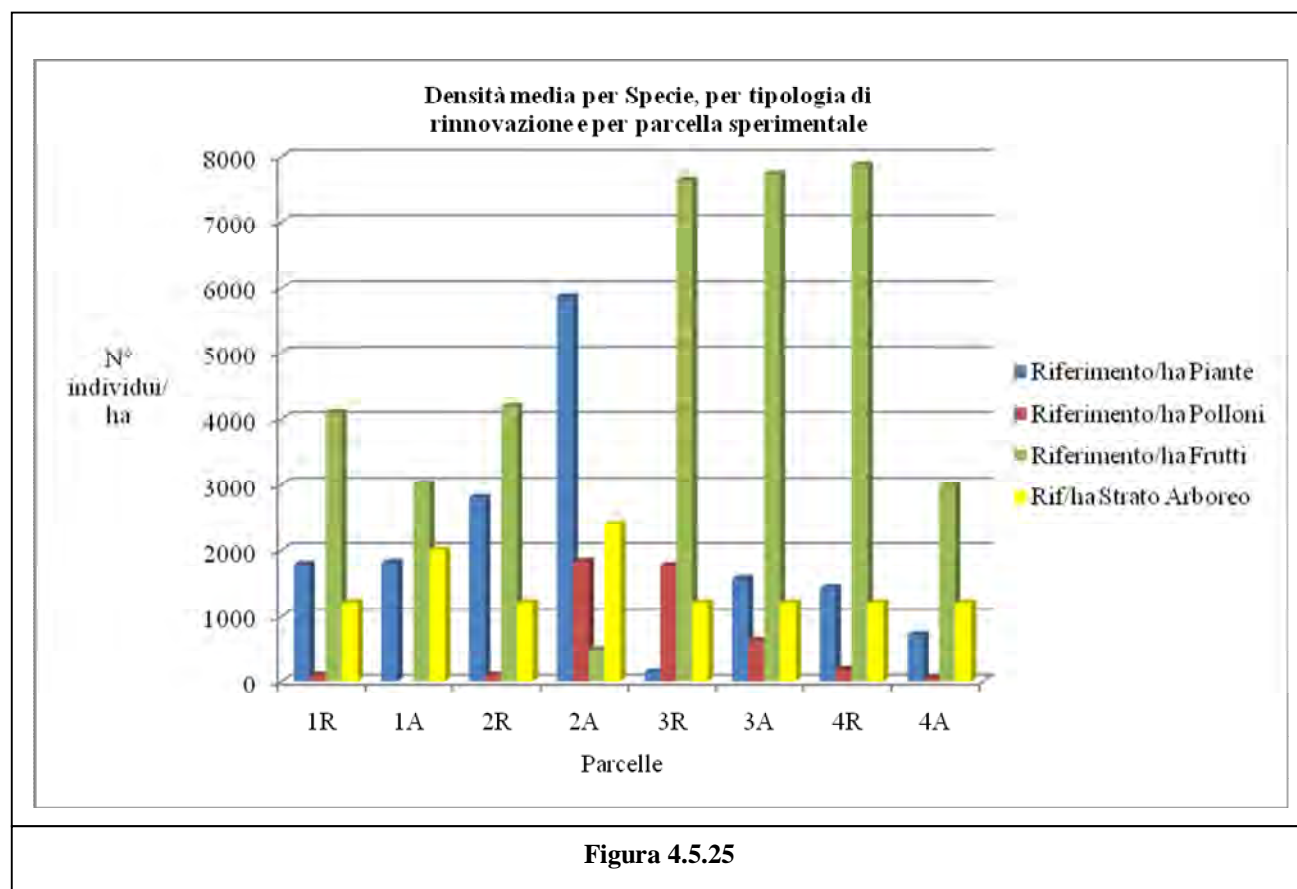
La variabilità riscontrata nel corso dei rilievi è rappresentata nella Tab. 4.5.28, dove considerando anche i soli dati medi, si evidenzia un'elevata variabilità nella rinnovazione e specialmente nel quantitativo di semi-frutti. Tra le varie cause della variabilità si riconosce, soprattutto nel caso dei frutti, ma anche delle piante nate da seme di minore mole, un'incidenza non trascurabile del pascolo caprino.

**Tabella 4.5.27** – Valori medi di riferimento/ha dello Strato Rinnovazione (in rosso i valori approssimati).

Parcella N°	Riferimento/Ha PI	Riferimento/Ha PO	Riferimento/Ha S	Densità Strato Arboreo (N°/ha)
1R	1778	89	4089	1200
1A	1806	/	3009	2000
2R	2800	89	4178	1200
2A	5867	1822	489	2400
3R	139	1759	7639	1200
3A	1556	622	7733	1200
4R	1422	178	7867	1200
4A	711	44	2978	1200
<b>μ Parcelle 1R:2A</b>	<b>3063</b>	<b>667</b>	<b>2941</b>	<b>1700</b>
<b>μ Parcelle 3R:4A</b>	<b>957</b>	<b>651</b>	<b>6554</b>	<b>1200</b>
<b>μ TOT</b>	<b>2010</b>	<b>658</b>	<b>4748</b>	<b>1450</b>
<b>Dev.standard 1R:2A</b>	<b>1929</b>	<b>1001</b>	<b>1719</b>	<b>600</b>
<b>Dev.standard 3R:4A</b>	<b>659</b>	<b>779</b>	<b>2386</b>	<b>0</b>
<b>Dev.standard</b>	<b>1746</b>	<b>798</b>	<b>2727</b>	<b>475</b>
<b>Valore Max</b>	<b>5867</b>	<b>1822</b>	<b>7867</b>	<b>2400</b>
<b>Valore Min</b>	<b>139</b>	<b>44</b>	<b>489</b>	<b>1200</b>

**Tabella 4.5.28** – Deviazione Standard dei valori medi di riferimento/ha dello Strato Rinnovazione (in rosso i valori approssimati).

Parcella N°	Riferimento/Ha PI	Riferimento/Ha PO	Riferimento/Ha S	Densità Strato Arboreo (N°/ha)
1R	1940	176	6131	0
1A	466	/	3089	0
2R	1778	176	3945	0
2A	1685	667	1467	0
3R	208	745	17287	0
3A	1048	533	10147	0
4R	1313	353	10822	0
4A	715	133	3639	0
$\mu$ Parcelle 1R:2A	1929	1001	1719	0
$\mu$ Parcelle 3R:4A	659	779	2386	0
$\mu$ TOT	1746	798	2727	0
Valore Max	1940	745	17287	0
Valore Min	208	133	1467	0





Nella Tab. 4.5.29 sono state prese in considerazione le caratteristiche fitosanitarie (par. 3.3.2) della rinnovazione forestale delle parcelle sperimentali e distinte in Piante nate da seme e da polloni.

Le condizioni fitosanitarie sono, in tutte le parcelle sperimentali, al di sopra della sufficienza, con valori medi superiori nel caso delle piante nate da seme. Nel caso delle parcelle poste a quota minore sono state riscontrate differenze non elevate mentre il dato medio tra le parcelle è di poco superiore al valore 7/10 e, la variazione tra il dato parcellare più basso rispetto a quello più elevato è di 3 punti.

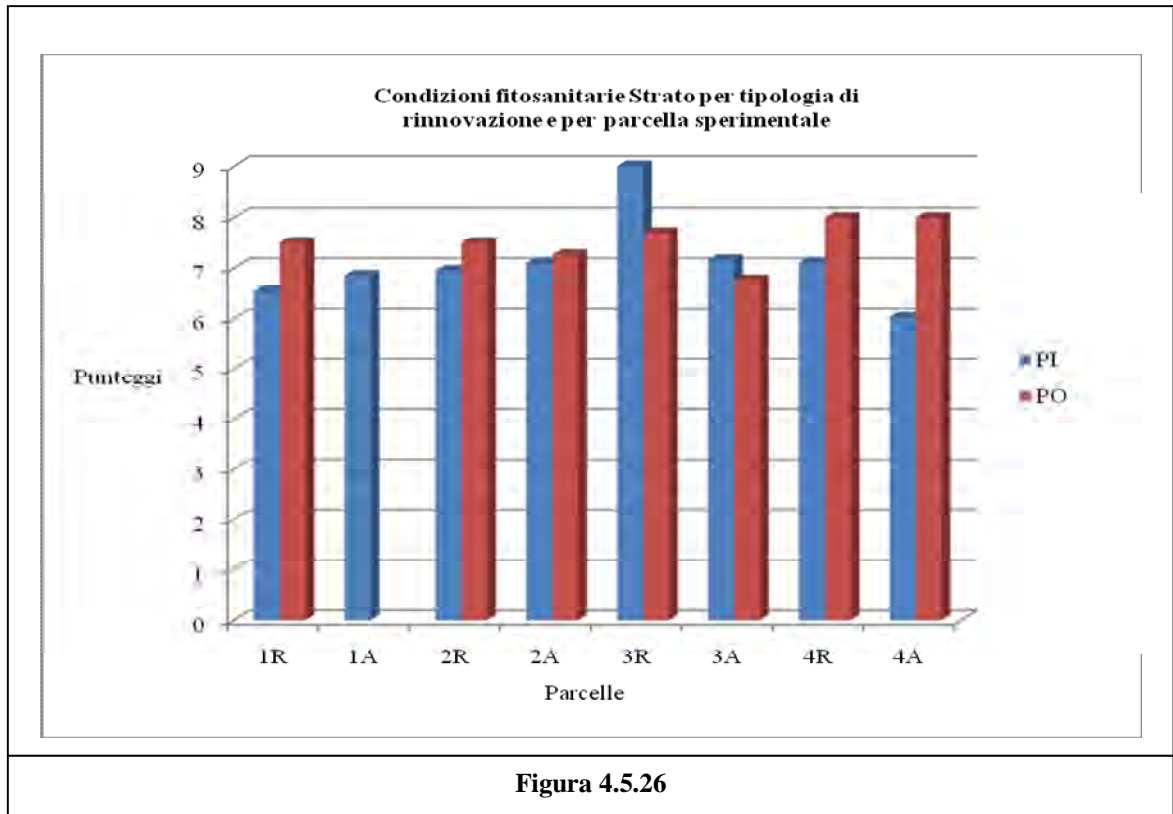
I polloni si presentano nei 2 casi a quota diversa e tra tutte le parcelle con valori sempre superiori al 7/10 e con valori medi di poco superiore al 7,5/10.

Lo scarto tra il valore massimo e quello minimo è più basso e pari a poco meno di 1,3 unità.

In Fig. 4.5.26 sono invece rappresentate le condizioni fitosanitarie rispetto alle diverse parcelle sperimentali, dove si evidenzia che mediamente le condizioni visive sanitarie sono buone o molto buone e che in un notevole N° di casi, le condizioni dei polloni sono superiori a quelle delle piante.

**Tabella 4.5.29 – Condizioni fitosanitarie Strato Rinnovazione.**

<b>Parcelle N°</b>	<b>PI</b>	<b>PO</b>
1R	6,53	7,5
1A	6,85	/
2R	6,95	7,5
2A	7,1	7,26
3R	9	7,7
3A	7,16	6,76
4R	7,11	8
4A	6,02	8
<b>μ Parcelle 1R:2A</b>	<b>6,86</b>	<b>7,42</b>
<b>μ Parcelle 3R:4A</b>	<b>7,32</b>	<b>7,61</b>
<b>μ TOT</b>	<b>7,09</b>	<b>7,53</b>
<b>Dev.St. μ Parc. 1R:2A</b>	<b>0,24</b>	<b>0,14</b>
<b>Dev.St. μ Parc. 3R:4A</b>	<b>1,24</b>	<b>0,59</b>
<b>Dev.St. μ TOT</b>	<b>0,86</b>	<b>0,44</b>
<b>Valore Max</b>	<b>9</b>	<b>8</b>
<b>Valore Min</b>	<b>6,02</b>	<b>6,76</b>



Nelle successive Fig. 4.5.27 e 4.5.28, sono raffigurati alcuni esemplari di piante nate da seme e che si trovano attualmente nella fase di novelleto, quindi ancora facili prede, per via di tessuti scarsamente lignificati e non ancora spessi, del morso animale.





**Figura 4.5.28**

Nel presente lavoro ha assunto particolare importanza lo studio delle rinnovazione forestale poiché la stessa costituisce un vero problema di Difesa del Suolo. In mancanza di un'adeguata copertura vegetale, causato dalla mancata presenza di piante che possono sostituire quelle oggi mature, attualmente presenti, il problema erosivo potrebbe essere o accentuato o anche avviato alle sue fasi iniziali.

Pertanto abbiamo stabilito un'ipotesi di studio considerando i parametri che influiscono sulla quantità e sulla qualità della rinnovazione forestale?:

I possibili responsabili sono stati identificati con la seguente lista:

- Pascolo (valutazione implicita);
- Agenti patogeni;
- Caratteristiche del suolo (S.O.) (valutazione indiretta);
- Copertura vegetale Arborea e Arbustiva;
- Pendenza.

Sulla base dei dati rilevati abbiamo osservato che:

- Pascolo: dall'analisi visiva non si evidenziano segni del morso animale;
- La quantità di rinnovazione (a diversi stadi di sviluppo, non solo plantule), e con riferimento anche ad aree esterne a quelle analizzate nelle parcelle sperimentali, è variabile: segno di una possibile ciclicità o random dei percorsi del pascolo;
- Agenti patogeni: non si presentano evidenti problemi fitosanitari.

Abbiamo operato un'analisi statistica volta a comprendere quali sono gli eventuali rapporti tra l'entità della rinnovazione e i parametri della vegetazione maggiormente influente dal punto di considerazione ecologico, quindi la vegetazione arborea e quella arbustiva. In modo particolare sono state prese in considerazione le relazioni esistenti fra la Copertura vegetale Arborea e Arbustiva e i parametri di densità della rinnovazione come da Tab. 4.5.30, tuttavia non trovando alcuna relazione avente significatività statistica. Si deduce che tale comportamento è legato alla presenza prevalente del Leccio nella rinnovazione che presenta caratteristiche di ombrofilia.

Le stesse relazioni sono state verificate anche sulla vegetazione erbacea che è presente prevalentemente su chiarie, dimostrando che, data l'inesistenza di alcuna relazione avente significatività statistica, la copertura arborea e arbustiva non incide nella crescita delle piante erbacee nella misura in cui le stesse non si trovano al di sotto della rispettiva area di insidenza.

Anche il fattore topografico, in particolar modo la Pendenza, non ha rivelato nessuna relazione avente significatività statistica rispetto all'entità sia della rinnovazione sia delle piante erbacee.

**Tabella 4.5.30** – Quadro sinottico per la determinazione delle eventuali relazioni fra la copertura arborea e gli strati vegetali di rinnovazione ed erbaceo.

<b>Variabile indipendente</b>	<b>Variabile dipendente Rinnovazione</b>
Copertura Arborea %	N° Tot Individui
Cop_Media_Arborea_Arbustiva%	Pianta (PI)
Pendenza (%)	Pollone (PO)
	Copertura %
	Semi-Frutti (S)
	<b>Variabile dipendente Strato Erbaceo</b>
	N° Tot Individui Erbaceo
	Copertura % Erbaceo

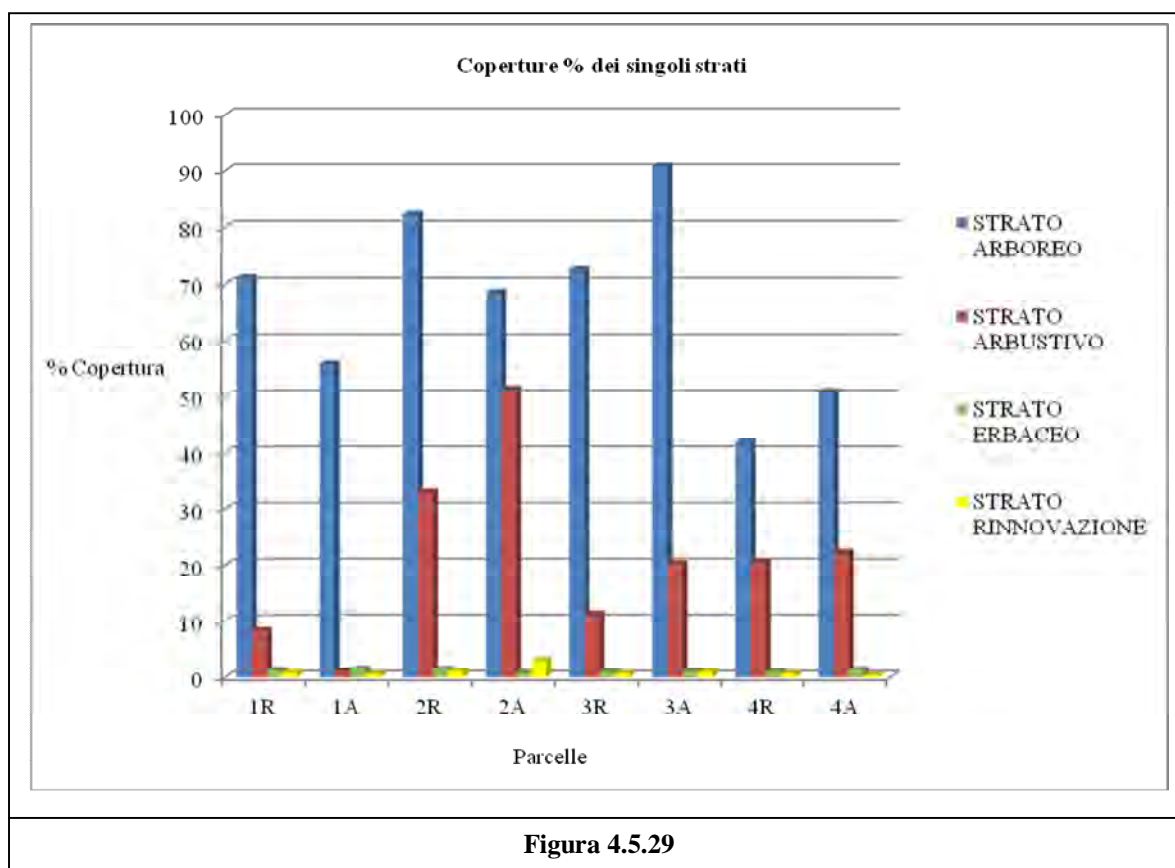
Nella Tab. 4.5.31 e nella Fig. 4.5.29 sono presi in esame i gradi di copertura dei singoli strati vegetali e anche sulla base di quanto già verificato in precedenza, si può certamente considerare che lo strato arboreo è quello prevalente su tutti gli altri strati. In tutte le parcelle sperimentali lo stesso si presenta con valori medi sempre superiori al 60% e con un valore medio fra le parcelle sperimentali superiore al 66% mentre è di circa il 50%, lo scarto tra i 2 valori max e min.

Lo strato arbustivo si presenta con dati medi prossimi al 20% mentre quello erbaceo con valori molto bassi ma sempre di poco superiori all'1%.

Certamente laddove i valori di copertura arborea sono più bassi, il valore della copertura arbustiva e soprattutto erbacea tende ad aumentare per via di una maggiore quantità di luce presente al suolo.

**Tabella 4.5.31 – Confronto Coperture % tra i singoli strati.**

Parcella N°	Strato Arboreo	Strato Arbustivo	Strato Erbaceo	Strato Rinnovazione
1R	71,12	8,27	1,2	0,77
1A	55,79	1,08	1,46	0,57
2R	82,26	32,97	1,4	1,07
2A	68,54	51,35	0,76	2,96
3R	72,49	11,26	0,94	0,59
3A	90,8	20,2	1,05	0,89
4R	41,8	20,51	0,99	0,59
4A	50,86	22,26	1,38	0,28
<b>μ Parcelle 1R:2A</b>	<b>69,43</b>	<b>23,42</b>	<b>1,2</b>	<b>1,34</b>
<b>μ Parcelle 3R:4A</b>	<b>63,98</b>	<b>18,56</b>	<b>1,09</b>	<b>0,59</b>
<b>μ TOT</b>	<b>66,71</b>	<b>20,99</b>	<b>1,15</b>	<b>7,72</b>
<b>Dev.St. μ Parc. 1R:2A</b>	<b>10,87</b>	<b>23,09</b>	<b>0,32</b>	<b>1,10</b>
<b>Dev.St. μ Parc. 3R:4A</b>	<b>22,03</b>	<b>4,95</b>	<b>0,20</b>	<b>0,25</b>
<b>Dev.St. μ TOT</b>	<b>16,34</b>	<b>15,68</b>	<b>0,25</b>	<b>0,84</b>
<b>Valore Max</b>	<b>90,80</b>	<b>51,35</b>	<b>1,46</b>	<b>2,96</b>
<b>Valore Min</b>	<b>41,80</b>	<b>1,08</b>	<b>0,76</b>	<b>0,28</b>



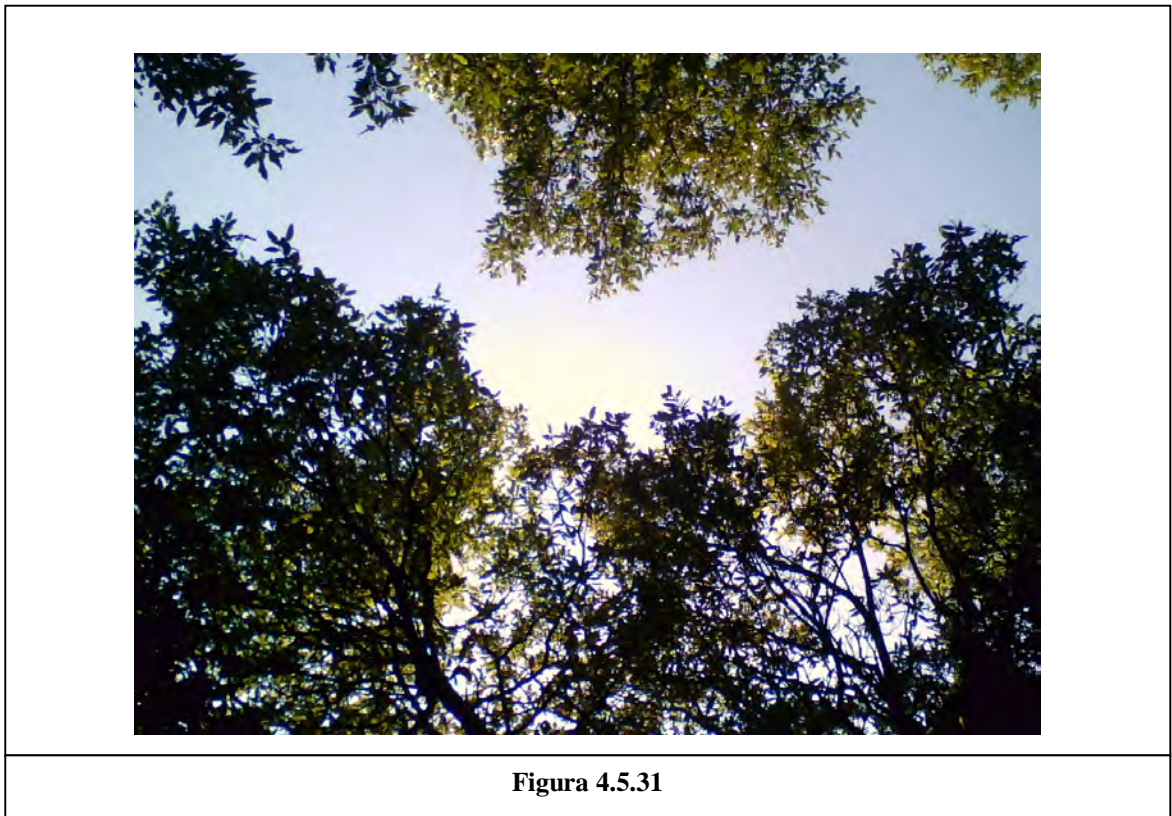
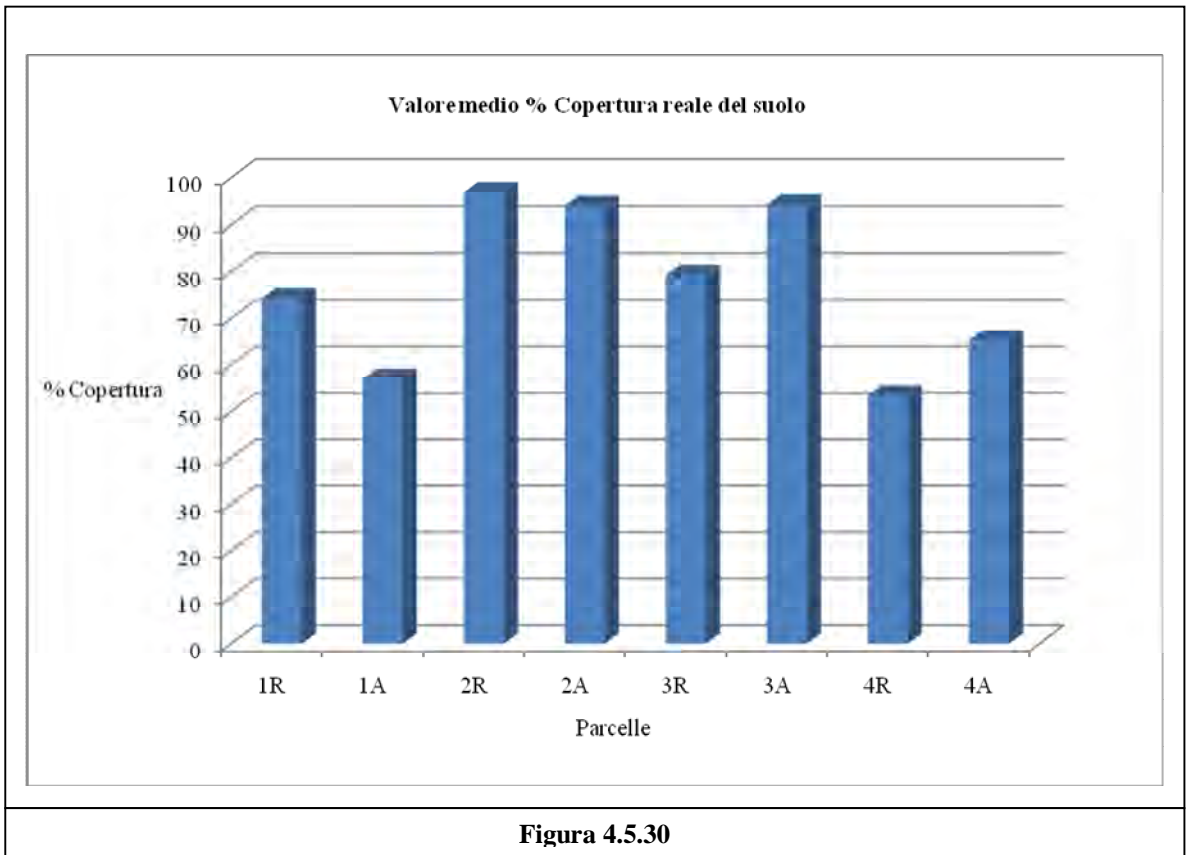
Nella Tab. 4.5.32 e la Fig. 4.5.30 è stato preso in considerazione il grado di copertura % reale del suolo, ottenuto dall'analisi congiunta degli strati vegetali tramite la modellazione 3D, che ha rivelato il grado di sovrapposibilità degli strati e quindi dei diversi individui vegetali.

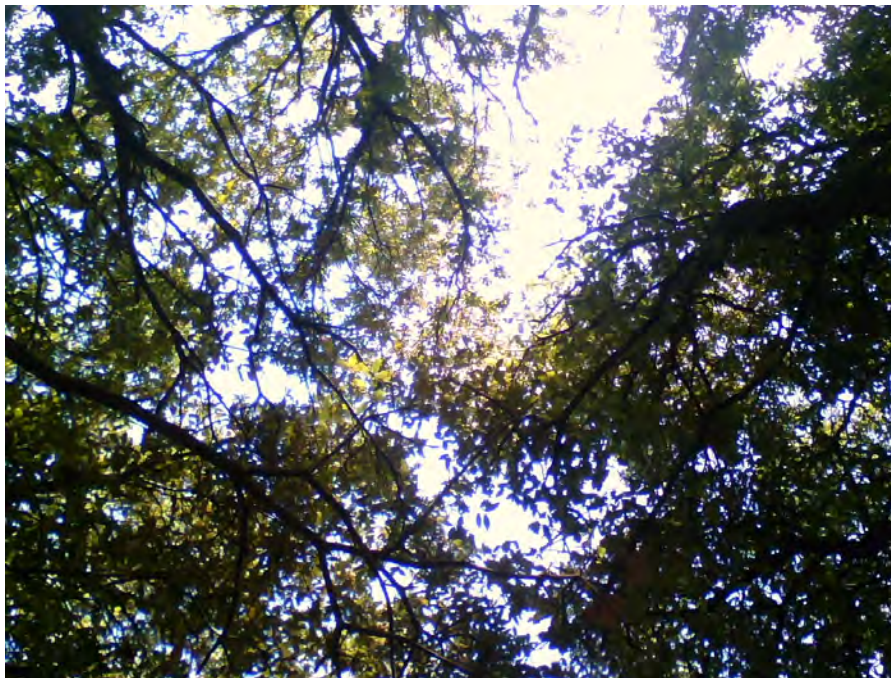
Il dato medio mostra un grado di copertura maggiore nelle parcelle poste a maggiore quota di circa l'8%, mentre il valore medio è di poco superiore al 76% e la variazione tra il valore max e quello min è di circa il 40%.

Nelle Fig. 4.5.31 e 4.5.32 sono state raffigurate alcune immagini della copertura vegetale dello strato arboreo. Le foto sono state scattate con obiettivo posto allo zenit. Si è potuto, nel caso in analisi, verificare l'elevato grado di copertura dello strato arboreo, strato fortemente dominante rispetto agli altri strati vegetali.

**Tabella 4.5.32 – Coperture % reale.**

<b>Parcelle N°</b>	<b>Valore Medio % Copertura Reale del Suolo</b>	<b>Deviazione Standard</b>
1R	74,19	0,98
1A	56,92	1,06
2R	96,79	0,84
2A	93,89	0,54
3R	79,26	0,27
3A	94,13	0,29
4R	53,27	1,59
4A	65,19	0,7
<b>μ Parcelle 1R:2A</b>	<b>80,45</b>	/
<b>μ Parcelle 3R:4A</b>	<b>72,96</b>	
<b>μ TOT</b>	<b>76,71</b>	
<b>Dev.St. μ Parc. 1R:2A</b>	<b>18,62</b>	
<b>Dev.St. μ Parc. 3R:4A</b>	<b>17,66</b>	
<b>Dev.St. μ TOT</b>	<b>17,27</b>	
<b>Valore Max</b>	<b>96,79</b>	
<b>Valore Min</b>	<b>53,27</b>	





**Figura 4.5.32**

Nella Tab. 4.5.33 è rappresentato l'Indice di Shannon (par. 3.3.2) per singola parcella e per singolo strato vegetale. L'indice totale evidenzia come, i valori medi, siano sempre maggiori e/o superiori al valore di 0,70, con il più elevato valore nelle parcelle poste a minore quota e con uno scarto tra i 2 dati massimo e minimo di circa 0,20 unità.

La proporzione dell'indice di Shannon dovuta allo strato arboreo, è più bassa rispetto a quella offerta dagli altri strati vegetali. Questa caratteristica è ben spiegabile considerando che lo strato arboreo è costituito prevalentemente da una sola specie, il Leccio e da un più ridotto N° di individui rispetto a quello presente negli altri strati vegetali.

In particolar modo si presentano dati medi di 0,14 unità con una più elevata considerazione nel caso delle parcelle sperimentali poste a maggiore quota mentre i dati medi max e min sono distanziati da un valore di sole 0,07 unità.

Nello strato arbustivo si presenta una maggiore diversità soprattutto nelle parcelle situate a minore quota, data la presenza di dati medi circa 3 volte superiori rispetto a quelli presenti nelle altre parcelle, mentre il dato medio tra tutte le parcelle si attesta a valori di 0,23 e lo scarto medio tra i dati max e min è notevole e pari a 0,36 unità.

Sul valore della diversità incide, con valori del tutto simili a quelli espressi nello strato arbustivo, anche lo strato erbaceo, con 0,21 unità, ma con un grado maggiore nelle parcelle poste a maggiore quota e infine appare più contenuto il grado di diversità tra i dati max e min con solo 0,17 unità.

Il grado di diversità, imposto dallo strato della rinnovazione forestale sul totale, è molto simile a quello insito nello strato arboreo. Infatti, si presentano valori medi pari a 0,15 e con una leggera prevalenza nelle



parcelle poste a maggiore quota mentre è ancora elevato lo scarto esistente tra il dato medio minimo e quello massimo poiché pari a 0,19 unità.

Nella Fig. 4.5.33 si evidenzia come sono soprattutto gli strati vegetali arbustivo ed erbaceo a dominare rispetto al valore totale dell'indice mentre sono di portata più trascurabile gli apporti dovuti sia allo strato arboreo sia a quello delle rinnovazione forestale.

**Tabella 4.5.33** – Indice di Shannon per singola parcella e per strato vegetale.

<b>Parcella N°</b>	<b>Indice di Shannon Totale</b>	<b>Indice di Shannon Proporzione Arboreo</b>	<b>Indice di Shannon Proporzione Arbustivo</b>	<b>Indice di Shannon Proporzione Erbaceo</b>	<b>Indice di Shannon Proporzione rinnovazione</b>
<b>1R</b>	0,64	0,14	0,08	0,28	0,13
<b>1A</b>	0,62	0,15	0,07	0,26	0,14
<b>2R</b>	0,72	0,17	0,13	0,26	0,16
<b>2A</b>	0,80	0,18	0,21	0,14	0,26
<b>3R</b>	0,80	0,12	0,37	0,18	0,14
<b>3A</b>	0,66	0,13	0,14	0,24	0,15
<b>4R</b>	0,78	0,14	0,41	0,11	0,11
<b>4A</b>	0,75	0,11	0,39	0,18	0,07
<b>μ Parcelle 1R:2A</b>	<b>0,70</b>	<b>0,16</b>	<b>0,12</b>	<b>0,24</b>	<b>0,17</b>
<b>μ Parcelle 3R:4A</b>	<b>0,75</b>	<b>0,12</b>	<b>0,33</b>	<b>0,18</b>	<b>0,12</b>
<b>μ TOT</b>	<b>0,72</b>	<b>0,14</b>	<b>0,23</b>	<b>0,21</b>	<b>0,15</b>
<b>Dev.standard 1R:2A</b>	<b>0,082</b>	<b>0,020</b>	<b>0,064</b>	<b>0,063</b>	<b>0,060</b>
<b>Dev.standard 3R:4A</b>	<b>0,063</b>	<b>0,016</b>	<b>0,125</b>	<b>0,052</b>	<b>0,033</b>
<b>Dev.standard</b>	<b>0,073</b>	<b>0,026</b>	<b>0,143</b>	<b>0,063</b>	<b>0,054</b>
<b>Valore Max</b>	<b>0,80</b>	<b>0,18</b>	<b>0,41</b>	<b>0,28</b>	<b>0,26</b>
<b>Valore Min</b>	<b>0,62</b>	<b>0,11</b>	<b>0,07</b>	<b>0,11</b>	<b>0,07</b>

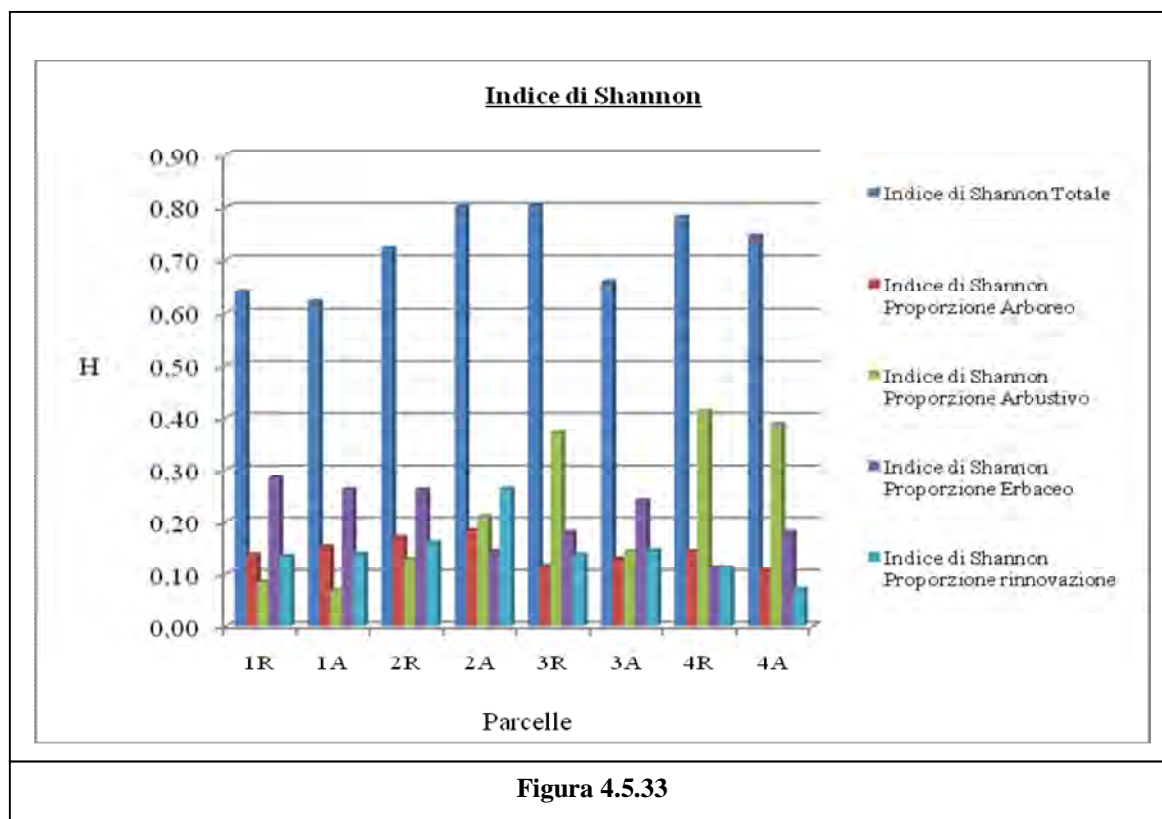


Figura 4.5.33

Nella Tab. 4.5.34 è rappresentato l'indice di Shannon medio relativo alle 2 zone di rilievo, considerando che lo strato della rinnovazione è costituito, in alcuni casi, dalle stesse specie costituenti lo strato arboreo. Nella stessa tabella è anche rappresentato il N° di specie ripartite fra i diversi strati, rivelando come tra le 2 zone il N° totale medio degli individui è sostanzialmente simile (94 vs 97 unità).

**Tabella 4.5.34** – Indice di Shannon e N° medio di specie vegetali per zona (\* = Specie presenti nello strato arboreo) (in rosso i valori approssimati).

H Zona parcelle 1R:2A	N°Specie Arboree	N°Specie Arbustive	N°Specie Erbacee	N°Specie Rinnovazione *	Totale N° Specie	Totale N°individui
0,70	3	2	3	3	8	94

H Zona parcelle 3R:4A	N°Specie Arboree	N°Specie Arbustive	N°Specie Erbacee	N°Specie Rinnovazione *	Totale N° Specie	Totale N°individui
0,75	2	5	3	1	10	97

Nella Tab. 4.5.35 è invece preso in esame il N° medio degli individui vegetali presenti ripartito nei 4 strati vegetali presenti. Mentre il N° di individui dello strato arboreo è più elevato, nel caso delle parcelle 1R:2A, si verifica il caso opposto nello strato arbustivo. Nello strato erbaceo i valori sono sostanzialmente

simili mentre si presenta un rapporto 2:1 nello strato della rinnovazione forestale a favore delle parcelle poste a maggiore quota.

**Tabella 4.5.35** – Indice di Shannon: N° medio individui vegetali (in rosso i valori approssimati).

	<b>PARCELLE</b>	<b>N°TOT INDIVIDUI</b>
<b>Strato Arboreo</b>	1R:2A	17
	3R:4A	12
	<b>PARCELLE</b>	<b>N°TOT INDIVIDUI</b>
<b>Strato Arbustivo</b>	1R:2A	13
	3R:4A	44
	<b>PARCELLE</b>	<b>N°TOT INDIVIDUI</b>
<b>Strato Erbaceo</b>	1R:2A	30
	3R:4A	25
	<b>PARCELLE</b>	<b>N°TOT INDIVIDUI</b>
<b>Rinnovazione</b>	1R:2A	35
	3R:4A	16
<b>1R:2A</b>	<b>TOTALE N° INDIVIDUI</b>	<b>94</b>
<b>3R:4A</b>	<b>TOTALE N° INDIVIDUI</b>	<b>97</b>

#### **4.6 Rapporti S.O. – Vegetazione Parcellare**

L'analisi della bibliografia nazionale ed internazionale non ha permesso di rintracciare ingenti informazioni relative alle relazioni esistenti tra vegetali e la S.O. in ambienti simili a quello indagato, per lo meno dal punto di vista quantitativo. Tale assenza è ancora più marcata in relazione all'ambiente pedo-vegetazionale mediterraneo (Meola, 2009). Perciò, in questo paragrafo sono state analizzate le relazioni esistenti tra S.O. e vegetali, tenendo presente le carenze della letteratura e quindi facendo riferimento alle scarse notizie generali esistenti in ambito ecologico-selvicolturale, per quanto riguarda le caratteristiche delle singole specie, e in ambito chimico pedologico generale, relativamente ai dati rilevati sulle parcelle sperimentali.

La S.O. del suolo, fondamentale nell'ecosistema forestale, esprime l'azione della vegetazione sul suolo e ne orienta la pedogenesi (Duchaufour, 1980; Duchaufour & Toutain, 1985). La S.O. svolge un ruolo di interfaccia obbligatoria tra il suolo minerale e la vegetazione (Duchaufour & Toutain, 1985). Si deduce che ogni modificazione della vegetazione avrà, tramite la S.O., delle ripercussioni sul suolo, con un tempo di latenza più o meno grande in funzione dell'inerzia del sistema (Duchaufour et Toutain, 1985). La S.O. del suolo, in senso lato, svolge indirettamente un ruolo biologico importante nella nutrizione delle piante grazie al processo di mineralizzazione (Satchell, 1974; Tate, 1987). Certamente tra la S.O. e i vegetali, prescindendo dal tipo e dalla fascia di vegetazione, esistono dei rapporti importantissimi e imprescindibili, data la grande importanza rivestita dalla S.O. nell'ambito del suolo e indirettamente sulla crescita vegetale, perché contribuisce alla fertilità organica del suolo e, più in generale, all'accrescimento vegetale esercitando effetti indiretti e diretti sulle proprietà fisiche, chimiche e biologiche del suolo.

Tenendo in considerazione il solo aspetto nutritivo degli stessi vegetali, i rapporti sono di tipo diretto e indiretto (Sequi, 1989). Di tipo diretto, in relazione alla mineralizzazione della S.O., quindi dalla sua decomposizione da cui provengono elementi nutritivi utili a disposizione delle radici per la crescita vegetale. I rapporti indiretti sono invece quelli relativi al fatto che la S.O. costituisce una riserva di elementi nutritivi utili alla vegetazione. La S.O. aumenta la capacità di assimilazione degli elementi nutritivi minerali, trattiene il calcio e il magnesio con un minor dilavamento, influisce sulla mobilitazione del potassio e aumenta la capacità di scambio con migliore disponibilità di elementi nutritivi per i vegetali (De Nicola, 2008).

La S.O. dal punto di vista chimico svolge diverse funzioni: apporta al suolo tutti gli elementi nutritivi, sia micro sia macro elementi in rapporti abbastanza equilibrati fra essi. E' un serbatoio di sostanze nutritive che vengono cedute in modo lento ma progressivo al suolo durante la mineralizzazione indiretta fino alla formazione di composti stabili con molti cationi bi e trivalenti. Stimola diverse attività della pianta, grazie a diversi composti in essa contenuti che svolgono funzioni simili a quelle degli ormoni vegetali (tuttavia la composizione di queste sostanze e i loro meccanismi di azione non sono ancora ben conosciuti). La stessa ha un elevato potere tampone nei confronti della reazione del suolo, difendendolo dall'azione dei fattori esterni, es. piogge acide, in grado di apportare variazioni improvvise e di notevole entità al pH originario.

Anche se a livello di specie vegetali emergono alcune correlazioni significative rispetto ai parametri della S.O., è difficile formulare ipotesi coerenti di legami tra presenza e distribuzione delle specie e della S.O. (De Nicola, 2008) in senso stretto. Uno studio simile al presente (De Nicola, 2008) è svolto in ambiente

appenninico, ha rivelato il carattere pionieristico della tipologia di analisi affrontate. Sono certamente richieste alcune variabili aggiuntive sia per il contesto appenninico, sia nel caso in analisi, per il contesto mediterraneo, ambienti ancora inesplorati per questo settore della ricerca pedologica.

Nella presente ricerca sono quindi diversi i punti in cui la spiegazione di un comportamento congiunto tra i vari fattori chimici della S.O. rispetto ai vari parametri vegetali, mostrano difficoltà interpretative. Per cui il presente studio, deve essere confermato da ulteriori ricerche, soprattutto con riferimento alla fascia vegetazionale mediterranea. Le difficoltà interpretative sono presenti anche per ragioni di tipo essenzialmente chimico. Sono, infatti, note le difficoltà presenti nella descrizione delle sostanze umiche, dovute principalmente all'eterogeneità dei materiali coinvolti, alla varietà di organismi che determinano le trasformazioni della S.O. del suolo e in ultima analisi i fattori ambientali regolanti i processi chimico-fisici caratterizzanti il suolo (Gargiulo, 2007).

La reattività della S.O. naturale del suolo e delle sostanze umiche, sia in fase solida (Kozak, 1996) sia liquida (Zsolnay, 1996) determina la qualità fisica, chimica e biologica del suolo. La reattività è funzione non solo della sua composizione chimica ma anche delle sue dimensioni molecolari che a loro volta controllano le trasformazioni biologiche e le funzioni ecologiche della S.O. Tuttavia, l'enorme complessità molecolare del materiale umico naturale, ha finora impedito che si potessero mettere in relazione le proprietà chimiche della S.O. con l'attività biologica che espleta nel sistema suolo-pianta come stimolante degli aspetti fisiologici e nutrizionali delle piante, regolatrice dell'ambiente rizosferico e della complessità microbica del suolo (Gargiulo, 2007).

Sicuramente il livello della S.O. nel suolo è un indice essenziale per definire la fertilità del suolo, e indirettamente i livelli di produzione delle piante che vi crescono. Un suolo con un alto livello di S.O. è generalmente dotato di una struttura adeguata, quindi con importanti effetti condizionanti alcuni fattori come la porosità, l'aerazione e il drenaggio, il miglioramento della facilità per le coltivazioni delle piante, una migliore circolazione di gas e di soluzioni. Altro importante aspetto è quello relativo allo sviluppo delle radici e la germinazione dei semi, attività favorite ed accompagnate a processi fisiologici e biochimici del metabolismo cellulare. La S.O. svolge inoltre la funzione di filtro, permette la riduzione degli effetti tossici di metalli pesanti e di pesticidi e non ultima la possibilità di immagazzinare elevati contenuti di carbonio atmosferico e utile all'abbattimento dei sempre più elevati contenuti di CO<sub>2</sub> nell'atmosfera (Giordano, 2005).

In ultima analisi, diversi fattori ambientali influiscono sulla fisiologia delle piante e la rizodeposizione: tra i più rilevanti si riconosce la temperatura, l'intensità della luce, la concentrazione di CO<sub>2</sub> atmosferica e infine la presenza di S.O. nel suolo (Paterson et al., 1997).

Tenendo presente i suddetti limiti interpretativi nel presente paragrafo si è cercato anzitutto di definire l'ordine e il grado di correlazioni esistenti tra S.O. e vegetali per poi effettuare nella seconda parte, l'analisi di un gruppo ristretto di correlazioni utili alla definizione di alcuni caratteri generali. Nel presente paragrafo si è quindi proceduto alla ricerca delle possibili correlazioni fra i dati pedo-vegetazionali rilevati nelle 8 parcelle sperimentali.

Il quadro generale dei parametri chimici e vegetali è raffigurato nella Tab. 4.6.1, dove è presente la lista completa dei dati indagati. Ogni dato chimico rispetto a ogni dato vegetale è stato analizzato con le funzioni di regressione multipla di un apposito software di analisi statistica. Dalle 1524 analisi a coppie

sono emerse 133 correlazioni con coefficiente di correlazione maggiore di 0,7 e aventi significatività statistica ottenuta con il test di Duncan per valori di p-level inferiori a 0,05, soglia generalmente utilizzata negli studi aventi carattere scientifico. Tutte le correlazioni sono state raccolte per ogni singolo strato vegetale nelle Tab. 4.6.2 e 4.6.3, dove rispettivamente si considera nel primo caso l'influenza del singolo fattore chimico della S.O. rispetto ai diversi fattori vegetali, mentre nel secondo caso è stata considerata l'influenza dei diversi fattori chimici rispetto allo stesso fattore vegetale.

In entrambi i casi, sono interessanti il tipo e il numero di correlazioni esistenti all'interno dei singoli strati vegetali.

Infatti dal totale delle 133 correlazioni, sottraendo quelle relative alla considerazione dei vegetali in un solo strato, 127 correlazioni sono state ripartite in:

- 14 dello strato arboreo (11,03%);
- 22 dello strato arbustivo (17,32%);
- 28 dello strato erbaceo (22,04%);
- 63 dello strato in rinnovazione (49,61%).

Dal passaggio dallo strato arboreo, a quello arbustivo a quello erbaceo e infine alla rinnovazione, si verifica un aumento del numero delle correlazioni, con un andamento sostanzialmente iperbolico.

Quanto verificato è spiegabile tenendo in considerazione la diversa risposta vegetale rispetto alla diversa lunghezza dei cicli vegetativi delle piante presenti nei vari strati e al diverso collocamento della fase vitale delle varie piante rispetto al ciclo fenologico di appartenenza.

Per questo motivo sia lo strato erbaceo sia e soprattutto la rinnovazione si presenta con il maggiore numero di correlazioni.

Nel caso dello strato erbaceo si nota come la maggior parte delle specie è presente allo stato emergente per pochi mesi nel corso dell'anno.

Nel caso della rinnovazione si nota che le piante nate da seme e i polloni presenti si trovano ancora nella prima fase vitale, data la dominanza dello stato di plantula (novelletto). Sia nel caso delle piante erbacee, sia nel caso delle plantule, il riferimento è a individui vegetali che utilizzano più prontamente rispetto agli altri tipi di individui vegetali di maggior taglia ed età, i nutrienti forniti dal suolo e in particolare dal prodotto della mineralizzazione della S.O.

**Tabella 4.6.1 – Quadro dei parametri verificati nella regressione multipla S.O. – Strati vegetali.**

<b>Parametri Chimici Orizzonte Oa</b>
pH-KCl 1 N
pH-CaCl <sub>2</sub> 0.02 N
pH-H <sub>2</sub> O
Conducibilità (μS/cm)
C (g/kg)
SO (g/kg)
SO (%)
N-Kjeldahl (g/Kg)
C/N
P Tot. (mg/Kg)
Acidi Umici (HA) (%)
Acidi Fulvici (HF) (%)
HA+HF (%)
Non umici (NH) (%)
Carbonio Organico Totale (TOC) (%)
Carbonio Organico Estraibile (TEC) (%)
Indice di Umificazione (HI = NH/(HA + HF))
Grado di Umificazione (DH% =100 * (HA + HF)/TEC)
Tasso di Umificazione HR% =100 *((HA + HF)/TOC)
Livello totale di umificazione (100*((HA+HF)+(TOC-TEC))/TOC)
PP-tot (g/Kg)
PPs (g/Kg)
PP-h (g/kg)
PP tot/SO-WB (%)
PPs/SO-WB (%)
PPh/SO-WB (%)
PPh/PPs (g/kg)

<b>Parametri vegetali</b>
<b>Strato Arboreo</b>
N° Specie
N° Individui Totali
N° Individui Specie Leccio
H μ Leccio
H μ Strato Arboreo
Copertura %
Indice di Shannon Arboreo

<b>Strato Arbustivo</b>
N° Specie
N° Individui Totali
N° Individui Specie 4
N° Individui Specie 3
H μ Specie 4
H μ Specie 3
H μ Specie 8
H μ Strato Arbustivo
Copertura %
Indice di Shannon Arbustivo

<b>Strato Erbaceo</b>
N° Specie
N° Individui Totali
N° Individui Specie 23
N° Individui Specie 27
N° Individui Specie 25
N° Individui Specie 22
N° Individui Specie 26
H μ Specie 23
H μ Specie 27
H μ Specie 25
H μ Specie 22
H μ Specie 26
H μ Strato Erbaceo
Copertura %
Indice di Shannon Erbaceo

<b>Strato Rinnovazione</b>
N° Specie
N° Individui Totali
Pianta (PI)
Pollone (PO)
N° piante Leccio
N° polloni Leccio
% Piante
% Polloni
% Semi-Frutti
% Leccio
H media piante Leccio
H media polloni Leccio
H μ Piante
H μ Polloni
H μ Strato Rinnovazione
Riferimento/Ha PI
Riferimento/Ha PO
Riferimento/Ha S
Copertura %
Indice di Shannon rinnovazione

<b>Tutti gli strati</b>
N° Individui Totali
Valore Medio % Copertura Reale del Suolo
Indice Shannon Totale
Indice di Shannon Proporzione Arboreo
Indice di Shannon Proporzione Arbustivo

Indice di Shannon Proporzione Erbaceo
Indice di Shannon Proporzione rinnovazione



**Tabella 4.6.2** – Quadro riassuntivo dell’Influenza dei singoli fattori chimici della S.O. rispetto ai diversi fattori Vegetali.

Strato Arboreo		Strato Arbustivo		Strato Erbaceo		Strato rinnovazione		Tutti gli strati		
fattore chimico	fattore vegetale	fattore chimico	fattore vegetale	fattore chimico	fattore vegetale	fattore chimico	fattore vegetale	fattore chimico	fattore vegetale	
pH-H <sub>2</sub> O	N°Specie	pH-H <sub>2</sub> O	H μ Specie 8	pH-H <sub>2</sub> O	N°Specie	pH-H <sub>2</sub> O	N°Specie	pH-H <sub>2</sub> O	Indice di Shannon Proporzione rinnovazione	
			Copertura %		N° Individui Specie 25		N° Individui Totali			
C/S.O./S.O.%	H μ Strato						Pianta (PI)	Conducibilità (μS/cm)	Indice di Shannon Proporzione rinnovazione	
		C/N	H μ Specie 4		N° Individui Specie 23		N°piante Leccio			
C/N	N° Individui Totali			C/S.O./S.O.%	H μ Specie 25		H media piante Leccio		P Tot. (mg/Kg)	Indice di Shannon Proporzione Arbustivo
	H μ Strato	P Tot. (mg/Kg)	N° Individui Totali				H μ Piante			
							Riferimento/Ha PI			
				N-Kjeldahl (g/Kg)	N° Individui Specie 23					Indice di Shannon Proporzione Arboreo
Acidi Fulvici (HF) (%)	H μ Strato	Acidi Umici (HA) (%)	N° Individui Totali		H μ Specie 25	Copertura %			Indice di Shannon Proporzione rinnovazione	
						Indice di Shannon				

PPs (g/Kg)	N°Specie
	Indice di Shannon

Acidi Fulvici (HF) (%)	H μ Specie 4
------------------------	--------------

Acidi Umici (HA) (%)	N° Individui Specie 23
	H μ Specie 25

PPh/PPs (g/kg)	Indice di Shannon Proporzione Arboreo
----------------	--

HA+HF (%)	N° Individui Totali
-----------	---------------------

PPs/SO-WB (%)	N°Specie
	N° Individui Totali
	H μ Strato

Tasso di Umificazione HR% =100 *((HA + HF)/TOC)	N° Individui Specie 4
---	-----------------------

HA+HF (%)	N° Individui Specie 23
	H μ Specie 25

Conducibilità (μS/cm)	N° Individui Totali
	Pianta (PI)
	N°piante Leccio
	Riferimento/Ha PI
Copertura %	

PP-tot (g/Kg)	N° Individui Totali
---------------	---------------------

Non umici (NH) (%)	H μ Specie 25
--------------------	---------------

PPh/PPs (g/kg)	N° Individui Totali
	H μ Strato

PPs (g/Kg)	H μ Specie 4
	H μ Strato
	Copertura %

Carbonio Organico Estraiabile (TEC) (%)	H μ Specie 25
---	---------------

C/S.O./S.O.%	Pollone (PO)
--------------	--------------

C/N	Riferimento/Ha S
-----	------------------

Tasso di Umificazione HR% =100 *((HA + HF)/TOC)	H μ Specie 25
---	---------------

PP-h (g/kg)	N° Individui Totali
-------------	---------------------

PPs (g/Kg)	N°Specie
------------	----------

Acidi Umici (HA) (%)	Pollone (PO)
----------------------	--------------

PP tot/SO-WB (%)	H μ Specie 4	PP tot/SO-WB (%)	N° Individui Specie 25	Acidi Fulvici (HF) (%)	Riferimento/Ha S	
	H μ Strato		N°Specie	HA+HF (%)	Pollone (PO)	
	Copertura %		N° Individui Specie 27	Tasso di Umificazione HR% =100 *((HA + HF)/TOC)	Pollone (PO)	
PPh/SO-WB (%)	H μ Specie 4	PPh/SO-WB (%)	N°Specie			PPs (g/Kg)
	H μ Strato		PPs/SO-WB (%)	N° Individui Specie 23	N° Individui Totali	
	Copertura %		PPh/SO-WB (%)	N° Individui Specie 27	N°piante Leccio	
PPs/SO-WB (%)	H μ Specie 4	N° Individui Specie 25		% Piante		
	H μ Strato	PPh/PPs (g/kg)		N° Individui Specie 23	% Leccio	
	Copertura %		H media piante Leccio			
PP tot/SO-WB (%)	H μ Specie 4		N° Individui Specie 25	H μ Piante		
	H μ Strato	N° Individui Specie 27	Riferimento/Ha PI			
Copertura %	PP tot/SO-WB (%)	N° Individui Specie 25	Copertura %			
PPs/SO-WB (%)		H μ Specie 4	N° Individui Specie 27	Indice di Shannon		
	H μ Strato	N° Individui Specie 23	N°Specie			
	Copertura %	N° Individui Specie 25	N° Individui Totali			
	PP tot/SO-WB (%)	H μ Specie 4	N° Individui Specie 27	% Semi-Frutti		
H μ Strato		N° Individui Specie 25	% Leccio			
Copertura %	PP tot/SO-WB (%)	N° Individui Specie 23	H media piante Leccio			

	H $\mu$ Piante
	Copertura %
	Indice di Shannon

PPs/SO-WB (%)	N° Specie
	N° Individui Totali
	Pianta (PI)
	N° piante Leccio
	% Piante
	% Semi-Frutti
	% Leccio
	H media piante Leccio
	H $\mu$ Piante
	Riferimento/Ha PI
	Riferimento/Ha S
	Copertura %
Indice di Shannon	

PPh/SO-WB (%)	N° Specie
	% Semi-Frutti
	% Leccio
	H media piante Leccio
	H $\mu$ Piante
Indice di Shannon	

PPh/PPs (g/kg)	N° piante Leccio
	% Piante
	Riferimento/Ha PI
	Riferimento/Ha S

**Tabella 4.6.3** – Quadro riassuntivo dell’Influenza dei diversi fattori chimici rispetto allo stesso fattore Vegetale.

Strato Arboreo		Strato Arbustivo		Strato Erbaceo		Strato rinnovazione		Tutti gli strati		
fattore chimico	fattore vegetale	fattore chimico	fattore vegetale	fattore chimico	fattore vegetale	fattore chimico	fattore vegetale	fattore chimico	fattore vegetale	
pH-H <sub>2</sub> O	N° Specie	P Tot. (mg/Kg)	N° Individui Totali	pH-H <sub>2</sub> O	N° Specie	pH-H <sub>2</sub> O	N° Specie	PPs/SO-WB (%)	Indice di Shannon Proporzione Arboreo	
PPs (g/Kg)		Acidi Umici (HA) (%)		PPs (g/Kg)		PPs (g/Kg)		PPs/SO-WB (%)		
PPs/SO-WB (%)		HA+HF (%)		PP tot/SO-WB (%)		PP tot/SO-WB (%)		PPh/SO-WB (%)		
	PP-tot (g/Kg)	PPs/SO-WB (%)		PPs/SO-WB (%)		PPh/SO-WB (%)		Indice di Shannon Proporzione Arbustivo		
	PP-h (g/kg)	PPh/SO-WB (%)		PPh/SO-WB (%)		PPh/SO-WB (%)				
C/N	N° Individui Totali	Tasso di Umificazione HR% =100 *((HA + HF)/TOC)	N° Individui Specie 4	pH-H <sub>2</sub> O	N° Individui Specie 25		N° Individui Totali		Indice di Shannon Proporzione rinnovazione	
PPs/SO-WB (%)				PPs (g/Kg)		pH-H <sub>2</sub> O		Conducibilità (μS/cm)		
PPh/PPs (g/kg)				PPh/SO-WB (%)		Conducibilità (μS/cm)		PPs (g/Kg)		
				PP tot/SO-WB (%)	PPs (g/Kg)	PP tot/SO-WB (%)				
C/S.O./S.O.%	H μ Strato	C/N	H μ Specie 4			PPs/SO-WB (%)				
C/N		Acidi Fulvici (HF) (%)				PP tot/SO-WB (%)				
Acidi Fulvici (HF) (%)		PPs (g/Kg)				PPs (g/Kg)				

PPh/PPs (g/kg)	
PPs/SO-WB (%)	

PPs (g/Kg)	Indice di Shannon
------------	-------------------

PP tot/SO-WB (%)	
PPs/SO-WB (%)	
PPh/SO-WB (%)	

pH-H <sub>2</sub> O	H μ Specie 8
---------------------	--------------

PPs (g/Kg)	H μ Strato
PP tot/SO-WB (%)	
PPs/SO-WB (%)	
PPh/SO-WB (%)	

pH-H <sub>2</sub> O	Copertura %
PPs (g/Kg)	
PP tot/SO-WB (%)	
PPh/SO-WB (%)	
PPs/SO-WB (%)	

C/S.O./S.O.%	N° Individui Specie 23
N-Kjeldahl (g/Kg)	
PPs/SO-WB (%)	
Acidi Umici (HA) (%)	
HA+HF (%)	
PPh/PPs (g/kg)	

PP tot/SO-WB (%)	N° Individui Specie 27
PPh/SO-WB (%)	

C/S.O./S.O.%	H μ Specie 25
N-Kjeldahl (g/Kg)	
Acidi Umici (HA) (%)	
HA+HF (%)	
Non umici (NH) (%)	
Carbonio Organico Estraiabile (TEC) (%)	
Tasso di Umificazione HR% =100 *((HA + HF)/TOC)	

pH-H <sub>2</sub> O	N° piante Leccio
Conducibilità (μS/cm)	
PPs (g/Kg)	
PPs/SO-WB (%)	
PPh/PPs (g/kg)	

pH-H <sub>2</sub> O	Pianta (PI)
Conducibilità (μS/cm)	
PPs/SO-WB (%)	

Acidi Umici (HA) (%)	Pollone (PO)
HA+HF (%)	
Tasso di Umificazione HR% =100 *((HA + HF)/TOC)	
C/S.O./S.O.%	

PPs (g/Kg)	% Leccio
PP tot/SO-WB (%)	
PPs/SO-WB (%)	

PPh/SO-WB (%)	
PPs (g/Kg)	% Piante
PPs/SO-WB (%)	
PPh/PPs (g/kg)	
PP tot/SO-WB (%)	% Semi-Frutti
PPs/SO-WB (%)	
PPh/SO-WB (%)	
pH-H <sub>2</sub> O	Riferimento/Ha PI
Conducibilità (μS/cm)	
PPs (g/Kg)	
PPs/SO-WB (%)	
PPh/PPs (g/kg)	
C/N	Riferimento/Ha S
Acidi Fulvici (HF) (%)	
PPs/SO-WB (%)	
PPh/PPs (g/kg)	
pH-H <sub>2</sub> O	H media piante Leccio
PPs (g/Kg)	
PP tot/SO-WB (%)	
PPs/SO-WB (%)	
PPh/SO-WB (%)	
pH-H <sub>2</sub> O	H μ Piante
PPs (g/Kg)	
PP tot/SO-WB (%)	
PPs/SO-WB (%)	

PPh/SO-WB (%)	
---------------	--

pH-H <sub>2</sub> O	Copertura %
Conducibilità (μS/cm)	
PPs (g/Kg)	
PP tot/SO-WB (%)	
PPs/SO-WB (%)	

pH-H <sub>2</sub> O	Indice di Shannon
PPs (g/Kg)	
PP tot/SO-WB (%)	
PPs/SO-WB (%)	
PPh/SO-WB (%)	

**Tabella 4.6.4** – Quadro riassuntivo delle relazioni tra la Densità vegetale e la S.O.

Strato Arboreo	
fattore chimico	fattore vegetale

pH-H <sub>2</sub> O	N° Individui Specie 38/ha
PPs (g/Kg)	
PP tot/SO-WB (%)	
PPs/SO-WB (%)	
PPh/SO-WB (%)	

Strato Arbustivo	
fattore chimico	fattore vegetale

Tasso di Umificazione HR% =100 *((HA + HF)/TOC)	N° Individui Specie 4/ha
--	-----------------------------

PPs (g/Kg)	N° Individui Specie 3/ha
------------	-----------------------------

Strato Erbaceo	
fattore chimico	fattore vegetale

PPs/SO-WB (%)	N° Individui Specie 23/ha
---------------	------------------------------

PP tot/SO-WB (%)	N° Individui Specie 27/ha
PPh/SO-WB (%)	

pH-H <sub>2</sub> O	N° Individui Specie 25/ha
PPs (g/Kg)	

Strato rinnovazione	
fattore chimico	fattore vegetale

pH-H <sub>2</sub> O	Riferimento/Ha PI
Conducibilità (μS/cm)	
PPs (g/Kg)	
PPs/SO-WB (%)	
PPh/PPs (g/kg)	

C/N	Riferimento/Ha S
Acidi Fulvici (HF)	



(%)	
PPs/SO-WB (%)	
PPh/PPs (g/kg)	

L'influenza dello stesso fattore chimico su uno o più fattori vegetali, rappresentato in Tab. 4.6.2, cresce con il passaggio dallo strato arboreo allo strato arbustivo allo strato erbaceo fino alla rinnovazione forestale.

In particolar modo il **pH**, influenza prevalentemente negativamente il N° di specie (S. arboreo, erbaceo, rinnovazione), l'altezza media e la % di copertura (S. arbustivo, rinnovazione), e il N° d'individui e la densità (S. erbaceo, rinnovazione) e infine la diversità floristica (S. rinnovazione).

La **Conducibilità elettrica** influenza prevalentemente, con correlazione positiva, nel solo strato della rinnovazione, parametri legati alla densità, quindi il N° totale di individui, il N° di piante nate da seme (PI), il N° delle piante di Leccio, la densità delle piante nate da seme e infine la % di copertura.

Il contenuto di **C**, e quindi di **S.O. e di S.O.%**, influenza con correlazione positiva l'altezza media (S. arboreo, erbaceo con la Sp. N° 25) e in senso negativo il N° di individui (S. erbaceo Sp. N° 23) e dei polloni (S. Rinnovazione).

L'**Ntot** influenza unicamente 2 parametri nello strato erbaceo e talaltro in senso opposto: con correlazione negativa nel caso del N° degli individui (Sp. N° 23) e positiva nell'altezza media (Sp. N° 25).

Il rapporto **C/N** influenza vari strati vegetali: l'arboreo con correlazione negativa sul N° di individui e positiva sull'altezza media dello strato; l'arbustivo con correlazione negativa l'altezza media (Sp. N° 4 e la Rinnovazione relativamente in senso positivo alla densità dei semi-frutti).

Il contenuto di **Ptot** influenza unicamente lo strato arbustivo con correlazione negativa il N° totale di individui.

Gli **HA** influenzano con correlazione positiva il N° totale degli individui nello strato arbustivo e nello strato erbaceo, negativamente il N° totale di individui (Sp. N° 23) e positivamente l'altezza media (Sp. N° 25) mentre nello strato di rinnovazione, l'influenza è negativa relativamente al N° di polloni.

Gli **HF** influenzano positivamente l'altezza media dello S. arboreo e negativamente l'altezza media dello strato arbustivo (Sp. N°4) mentre è ancora positiva la correlazione della densità dei semi-frutti nella rinnovazione.

La somma tra **HA** e **HF** influenza positivamente nello strato arbustivo il N° totale di individui, negativamente il N° di individui della Sp. N° 23 e nello strato erbaceo, positivamente l'altezza media (Sp. N° 25) e negativamente il N° di polloni nella rinnovazione.

Le sostanze **NH** influenzano unicamente e positivamente l'altezza media della Sp. N° 25 dello Strato erbaceo.

Il **TEC** influenza unicamente e positivamente l'altezza media nello strato erbaceo (Sp. N° 25).

Il **HR%** influenza positivamente il N° di individui nello strato arbustivo (Sp. N° 4), l'altezza media dello strato erbaceo (Sp. N° 25) e negativamente il N° di polloni (rinnovazione).

Il **PPtot** influenza positivamente il N° totale di individui dello strato arbustivo.

Il **PPs** influenza tutti gli strati e prevalentemente in modo positivo. Nello strato arboreo influenza positivamente il N° totale delle specie e la diversità (Shannon); nello strato arbustivo l'altezza media (strato e Sp. N° 4) e la % di copertura. Nello strato erbaceo influenza negativamente il N° di specie e il N° di individui (Sp. N° 25).

Nella Rinnovazione il PPs influenza positivamente diversi parametri: il N° delle specie, il N° di individui, il N° delle piante della specie Leccio, la % e la densità di piante nate da seme, così come l'altezza media delle piante nate da seme e quelle di leccio, la % di copertura e infine la diversità (Shannon). L'unico fattore ad avere variazione negativa è la % di Leccio.

Il **PPh** influenza positivamente il N° totale di individui dello Strato arbustivo.

Il rapporto **PPtot/S.O.** influenza alcuni fattori vegetali di tutti gli strati tranne lo strato arboreo. In modo particolare l'influenza è di tipo positiva nello strato arbustivo sull'altezza media (Sp. N° 4, Strato) e la % di copertura. Nello strato erbaceo l'influenza è di tipo negativo sul N° delle specie e degli individui (Sp. N° 27 e 25).

Nella rinnovazione la correlazione è positiva relativamente al N° di specie, di individui nonché l'altezza media (Leccio e piante nate da seme), la % di copertura e la diversità mentre l'influenza è negativa sulle % di semi-frutti e la % di Leccio.

Il **PPs/S.O.** influenza tutti gli strati e in vario modo. Nello strato arboreo la correlazione è positiva sul N° delle specie e il N° totale degli individui mentre è negativa sull'altezza media dello strato.

Nello strato arbustivo la correlazione è positiva sull'altezza media (Sp. N° 4 e strato) e la % di copertura.

Nello strato erbaceo la correlazione è negativa sul N° di specie e di individui (Sp. N° 23).

Nella rinnovazione, la correlazione è di tipo positivo sul N° delle specie, di individui, il N° delle piante nate da seme, del Leccio, la % delle piante e l'altezza media (Leccio e piante nate da seme) e infine la densità delle piante nate da seme così come la % di copertura e la diversità (Shannon).

L'influenza è di tipo negativa sulla % di semi-frutti, sulla % del Leccio e sulla densità dei semi-frutti.

Il **PPh/S.O.** influenza lo strato arbustivo positivamente sull'altezza media (Sp. N° 4 e strato) e sulla % di copertura. Nello strato erbaceo esercita influenza negativa sul N° di specie e di individui (Sp. N° 27 e 25); lo strato della rinnovazione, positivamente sul N° delle specie, l'altezza media (leccio nato da seme, tutte le piante nate da seme) e la diversità mentre influenza negativamente la % di semi-frutti e la % del Leccio.

Il rapporto **PPh/PPs** svolge un comportamento sullo strato arboreo di tipo negativo sul N° totale di individui e positivamente sull'altezza media dello strato. L'influenza è negativa sullo strato erbaceo nel N° di individui (Sp. N° 23) mentre nella rinnovazione la correlazione è negativa sul N° di piante di Leccio e la densità delle piante nate da seme; positiva sulla % di piante e la densità dei semi-frutti.

Relativamente alla considerazione di alcuni parametri vegetali sintetici, per tutti gli strati abbiamo rilevato la prevalente influenza di alcuni parametri chimici generali (pH, conducibilità e Ptot) e quella dovuta ai polifenoli (PPs/S.O. e PPh/PPs). L'influenza è espressa a vario titolo e incide unicamente sulla diversità biologica espressa, nel caso in analisi dalla proporzione della diversità biologica (Shannon) di alcuni strati in particolare della rinnovazione (3 su 6 correlazioni) e l'arboreo (2 correlazioni su 6).

Rispetto alle analisi appena svolte sulla Tab. 4.6.2, si evidenzia che la stessa analisi compiuta sulla Tab. 4.6.3 rivela la presenza, a parità di correlazioni statisticamente significative, un maggiore numero di correlazioni tra i fattori chimici e i fattori vegetali. E', infatti, presenti un maggior numero di relazioni dei fattori chimici rispetto allo stesso fattore vegetale.

Sul **N° delle Specie** le influenze dei fattori della S.O. sono varie ma almeno 3 di essi sono comuni rispetto ai 3 strati arboreo, erbaceo e rinnovazione e si tratta del pH, PPs e del PPs/S.O.

Il pH agisce sia positivamente sia e prevalentemente (2 su 3 correlazioni) in senso negativo.

Sia il PPs sia il PPs/S.O. agiscono prevalentemente e in modo positivo (2 su 3 casi).

Altri fattori sono il PPtot/S.O. e il PPh che agiscono in vario modo.

Sul **N° totale di individui** le influenze dei fattori chimici, peraltro presenti su tutti gli strati, sono numerose e di vario tipo. Sicuramente prevalgono le relazioni ove sono coinvolti i parametri relativi ai polifenoli e alle sostanze umiche e ad alcuni indici relativi all'umificazione. Sono più limitate le influenze relative ai

parametri chimici di ordine generale. Risultato simile è quello relativo all'altezza media ove sono presenti relazioni di vario tipo e relative ai polifenoli e altrettante alle sostanze umiche.

Relativamente al loro N°, sono certamente ridotte le influenze relative ai caratteri chimici di ordine generale. Relativamente alla **% di copertura** si nota come le influenze sono presenti solo sugli strati arbustivo e di rinnovazione. I parametri coinvolti sono simili, il pH (correlazione negativa) e soprattutto i polifenoli con correlazioni positive (PPs, PPtot/S.O., PPs/S.O.).

Le influenze relative alla **Diversità** (Shannon) sono presenti nello strato arboreo e nella rinnovazione. Si tratta di relazioni prevalentemente di tipo positivo e dove ancora prevalgono i parametri legati ai polifenoli.

Per quanto riguarda la considerazione dei vegetali in un solo strato, si nota come sulla proporzione dell'**indice di Shannon arboreo** incidono unicamente i polifenoli, sull'arbustivo il Ptot, mentre sulla proporzione della rinnovazione incidono sia i polifenoli sia e soprattutto 2 indici chimici di carattere generale: pH e conducibilità elettrica.

Nella Tab. 4.6.4 sono riassunte le relazioni per singolo strato vegetale, tra i fattori chimici e le loro influenze rispetto alla densità di alcune specie.

Come evidente, nello strato arboreo prevalgono le relazioni relative ai polifenoli, nello strato arbustivo sia le sostanze umiche sia i polifenoli e talaltro in entrambi i casi in senso positivo.

Nello strato erbaceo prevalgono ancora le influenze dei polifenoli, mentre nella rinnovazione coesistono sia i fattori chimici di ordine generale sia i polifenoli.

#### **Analisi delle correlazioni con $R \geq 0,85$**

Dal totale delle 133 correlazioni iniziali abbiamo preso in esame un gruppo più ristretto, considerando unicamente le correlazioni aventi un coefficiente di correlazione  $R \geq 0,85$ . In questo modo abbiamo preso in esame le correlazioni più importanti e aventi il maggiore grado di utilità nella spiegazione dei comportamenti congiunti esistenti tra la S.O. e gli strati vegetali.

Le correlazioni aventi  $R \geq 0,85$  sono in totale 33 e sono distinte in:

- Strato arboreo: 1 correlazione;
- Strato arbustivo: 5 correlazioni;
- Strato erbaceo: 3 correlazioni;
- Strato rinnovazione: 22 correlazioni;
- Tutti gli strati: 2 correlazioni.

Le correlazioni mostrano l'influenza di più fattori chimici ed è rilevante negli strati arboreo, arbustivo e nella rinnovazione.

Nella fattispecie si nota come **l'altezza media** sia dei singoli strati (arboreo, piante nate da seme vedi Tab. 4.6.5 e Fig. 4.6.1), sia di singole specie (N° 4, 8 e leccio in rinnovazione, vedi Tab. 4.6.6 e Fig. 4.6.2; Tab. 4.6.7 e Fig. 4.6.3, Tab. 4.6.8 e Fig. 4.6.4 e Tab. 4.6.9 e Fig. 4.6.5), è influenzata da alcuni parametri della S.O.. In modo particolare le influenze sono dovute ai parametri degli HA, dai polifenoli (PPh e PPs) e dei rapporti C/N, PPtot/S.O. e PPh/S.O. Prevalgono le correlazioni positive (5 vs 2) e sono quelle relative ai fattori dell'umificazione e dei polifenoli.

La **% di Copertura** è influenzata prevalentemente dal contenuto dei polifenoli; in modo particolare la % di copertura dello strato arbustivo è influenzata positivamente dal contenuto di PPs, così com'è influenzata,

sempre positivamente, la copertura della rinnovazione dal rapporto PPs/S.O. ma allo stesso tempo negativamente dal valore del pH (vedi Tab. 4.6.10 e Fig. 466, Tab. 4.6.32 e Fig. 4.6.28; Tab. 4.6.33 e Fig. 4.6.29).

Sui restanti parametri vegetali l'influenza è relativa unicamente agli strati erbaceo e della rinnovazione forestale.

Sul **N° delle specie** (vedi Tab.4.6.11 e Fig. 4.6.7; Tab. 4.6.14 e Fig. 4610; Tab. 4.6.15 e Fig. 4.6.11; Tab. 4.6.16 e Fig. 4.6.12; Tab. 4.6.17 e Fig. 4.6.13) si riconosce l'influenza positiva nello strato erbaceo del pH e nella rinnovazione di alcuni parametri dei polifenoli (PPs, P<sub>Tot</sub>/S.O., PPs/S.O., PPh/S.O.).

Sul **N° totale di piante di Leccio** (Tab. 4.6.20 e Fig. 4.6.16, Tab. 4.6.21 e Fig. 4.6.27) dello strato rinnovazione incide negativamente il pH e positivamente il PPs.

Sul **N° totale di individui** così come sull'**indice di Shannon** (Tab. 4.6.34 e Fig. 4.6.30) l'influenza è dovuta negativamente nello strato erbaceo sia al contenuto del C, quindi alla S.O. e al suo valore % (Tab. 4.6.12 e Fig. 4.6.8), sia al rapporto PPs/S.O (Tab. 4.6.13 e Fig. 4.6.9).

Nella rinnovazione, sia sul **N° totale di individui** (Tab. 4.6.18 e Fig. 4.6.14, Tab. 4.6.19 e Fig. 4.6.15) sia sul **N° totale di piante nate da seme** (Tab. 4.6.22 e Fig. 4.6.18, Tab. 4.6.23 e Fig. 4.6.19) quindi anche della relativa **densità**, si nota come in entrambi i casi il valore del pH svolge influenza negativa mentre il valore di PPs e del PPs/S.O. di tipo opposto.

Sul **N° totale di polloni** (Tab. 4.6.24 e Fig. 4.6.20 e Tab. 4.6.25 e Fig. 4.6.21) è più decisa l'influenza, peraltro tutta di tipo negativo, svolta dalle componenti umiche (HA e HF) e dal contenuto totale di S.O.

La situazione è analoga per i casi relativi alla % del leccio (Tab. 4.6.26 e Fig. 4.6.22) e dei semi-frutti (Tab. 4.6.27 e Fig. 4.6.23) dove sussiste l'influenza negativa del PPs e del PPs/S.O..

Raggruppando le correlazioni per fattore vegetale emerge anzitutto che i fattori chimici della S.O. incidono, con vario segno, sostanzialmente su 4 fattori vegetali: **l'altezza media degli individui** (7 correlazioni), la **copertura % media** (3 correlazioni), la **densità** (14 correlazioni) e infine la **diversità biologica** (9 correlazioni).

Su questa tipologia di analisi e di dati è emersa una maggiore trasparenza dei risultati ottenuti soprattutto ai fini della descrizione delle varie correlazioni ottenute.

In modo particolare, come da Tab. 4.6.38, emerge come sul fattore **altezza media** le correlazioni esistenti con il pH e il rapporto C/N sono negative. Il pH del suolo è, chiaramente dal punto di vista vegetale, un parametro fondamentale. Allo stesso sono associate la regolazione della solubilità dei sali presenti nel terreno e la loro conseguente disponibilità per le piante. Perciò ne deriva che, come ampiamente noto, che ogni specie vegetale mostra un range di pH ottimale, tale per cui è massima la disponibilità di elementi nutritivi. Al di fuori di questo range le piante mostrano maggiori difficoltà nutritive. Tuttavia, la maggior parte delle piante vive in terreni a reazione neutra o moderatamente alcalina, in relazione al contenuto di macro e microelementi in condizioni di massima disponibilità.

Aspetto correlato al grado di reazione è la decomposizione della S.O. che è generalmente più rapida in suoli neutri piuttosto che in suoli acidi, ed è inoltre influenzata negativamente dal pH basico del suolo. Naturalmente, variazioni di pH possono interferire sull'attività e sulla stabilità degli enzimi extracellulari. In ambiente mediterraneo, l'elevate temperature estive e la siccità possono rallentare la decomposizione (Dilly & Munch, 1996; Fioretto et al., 1998).

Nel caso in analisi, possiamo considerare come il passaggio da condizioni di pH “debolmente alcalino” a pH di tipo, “moderatamente alcalino” (USDA, 1993) è associato alla presenza di una netta diminuzione del parametro altezza media delle specie del genere *Cistus* Spp..

Del genere *Cistus* Spp. non emergono particolari esigenze edafiche (Bernetti, 1995) tranne la considerazione che queste piante vivono in ambienti aridi e anche quando esauriscono l’acqua nel suolo, conservano la loro vitalità pur avendo le foglie appassite.

Dal punto di vista selvicolturale (Cappelli, 1991) l’altezza è in genere considerata come indice di fertilità stazionale, quindi anche pedologica.

La bibliografia non mostra evidenti diretti legami tra l’altezza media dei vegetali e il grado di reazione del suolo. Tuttavia, sulla base dell’importanza del pH nella S.O. e considerando la correlazione di ordine negativo che si riscontra con l’altezza media, supponiamo che la problematica è inquadrabile solo dal punto di vista nutrizionale.

Tale comportamento è però viziato dalla scala dei valori dell’altezza degli individui del *Cistus* Spp., che è composta da piante aventi età differenti (stima visiva) e quindi corrispondenti dimensioni differenti.

La correlazione del rapporto C/N rispetto alla specie *Rosmarinus officinalis*, essendo di tipo inverso, evidenzia una caratteristica di tipo generale, tuttavia rivelata, nel presente studio, unicamente per questa specie. All’aumentare del rapporto C/N, si riconosce una decisa diminuzione dell’altezza. Al diminuire del rapporto C/N, aumenta la decomposizione della S.O., quindi risulta maggiore la quantità di elementi nutritivi utili alla crescita vegetale per cui si verifica l’aumento dell’altezza.

Si nota quindi come all’aumentare della fase d’immobilizzazione della S.O., peraltro nel caso in analisi con rapporti C/N sempre superiore alle 20 unità, quindi in condizioni di inadeguate quantità di N con la conseguente limitata attività dei m.o. a utilizzare nella produzione di biomassa tutte le forme azotate ( $\text{NH}_4^+$ ;  $\text{NO}_3^-$ ) presenti nel suolo, sono indotte delle difficoltà temporanee nella nutrizione vegetale. Più precisamente, come verificato nel caso in analisi, la S.O. quindi non è coinvolta in processi di immobilizzazione e nemmeno in quelli di mineralizzazione. Si tratta quindi di valori che sostanzialmente denotano una transizione tra le condizioni rispettivamente di una più spinta mineralizzazione ( $\text{C/N} < 20$ ) e di una più evidente spinta immobilizzazione ( $\text{C/N} > 30$ ).

Tuttavia, come per il caso del *Cistus* spp., tale comportamento, se in via generale è certamente verosimile, può essere influenzato dalla diversa età media (stima visiva) delle piante presenti nelle parcelle sperimentali data la loro diversa altezza e conseguente mole.

E’ stata riscontrata un’influenza positiva degli HA sull’altezza media e in modo particolare quella relativa allo strato arboreo. Gli HA, come nel caso in analisi, si formano prevalentemente in suoli ricchi di basi, mentre gli HF si formano nei suoli dove la decomposizione della materia organica è operata dai funghi.

Dal punto di vista della degradazione gli HA e gli HF rappresentano componenti organici del suolo maggiormente resistenti alla biodegradazione, perché sono dotati di una struttura più complessa di quella della lignina (De Riso, 2008).

Come la teoria generale dimostra (Sequi, 1989) le sostanze biologicamente attive contenute nell’humus sono gli HA e gli HF. Essi favoriscono nel medio e lungo periodo un netto miglioramento delle caratteristiche fisiche del suolo e un’ottimizzazione delle sue caratteristiche chimiche con miglioramenti della fertilità, l’aumento della capacità di ritenzione idrica (anche nei suoli a tessitura più sciolta), regolano la temperatura intorno ai 3-4°C durante i periodi più freddi, bilancia il pH e la salinità (conducibilità elettrica), aumentano

l'assorbimento dei nutrienti da parte della pianta grazie alla capacità chelante, ossia di catturare, elementi nutritivi.

La bibliografia non mostra evidenti diretti legami tra l'altezza media dei vegetali e il contenuto dei HF. Tuttavia, sulla base delle funzioni che gli stessi svolgono nella S.O. e considerando la correlazione di ordine positivo che si riscontra con l'altezza, supponiamo che la stessa è legata ad aspetti nutrizionali vegetali, che sono favoriti con una maggiore possibilità di accrescimento vegetale in senso verticale.

Altra importante correlazione, rispetto al parametro altezza media, è quella svolta dai polifenoli, in particolar modo espressi dagli indici PP<sub>tot</sub>/S.O., PPh/S.O. e dal PPs/S.O.. Tutti i parametri di descrizione della componente polifenolica rispetto al contenuto totale di S.O., e quindi dal contenuto totale dei polifenoli al contenuto dei polifenoli stabili a quelli di tipo labile, sono correlati con il fattore altezza media e talaltro tutti positivamente.

I PPt e i PPh, nel caso in analisi positivamente correlati con l'altezza media della sola specie *Rosmarinus officinalis* dello strato arbustivo, mostrano generalmente un'elevata correlazione con la S.O., confermando una genesi diretta e fondamentale dei polifenoli dalla S.O. del suolo (Rubino, 2006).

I PPs mostrano invece importanza di correlazione nello strato della rinnovazione: esiste un legame positivo con l'altezza media delle piante nate da seme di Leccio e con l'altezza, media delle piante nate da seme.

Nell'ambito della S.O. le sostanze polifenoliche (Sequi, 1989) svolgono una funzione non sempre ben chiara, anche se è verosimile che in molti casi essa possa essere associata con la stabilizzazione degli altri materiali prodotti.

Nelle condizioni di "fame" degli organismi del suolo, proteine e polisaccaridi esocellulari avrebbero un'esistenza effimera. La protezione da parte delle sostanze polifenoliche contribuisce in modo essenziale affinché le 2 categorie di sostanze manifestino le loro funzioni più caratteristiche: assicurare rispettivamente un corredo enzimatico e un miglioramento strutturale del microambiente che ospita l'organismo.

Alle 2 citate funzioni sembrano partecipare altri costituenti (gli esoenzimi, in particolare, appaiono stabilizzati anche dall'assorbimento su particelle di argilla e perfino dalla presenza nella molecola di carboidrati) ma il ruolo delle sostanze polifenoliche appare fondamentale e coincidono con 2 delle funzioni agronomiche della S.O. più importanti nel suolo.

I polifenoli nel suolo mostrano inoltre un'elevata attività chelante nei confronti degli ioni metallici e delle fasi colloidali (Stevanson & Fitch, 1986) e sono in grado di interagire con facilità con ioni polivalenti e argille espandibili (McKeague et al., 1986; Stevenson, 1982) dando origine alla formazione di complessi organo-minerali particolarmente resistenti (Emerson et al., 1986; Van Bremmen & Buurman, 1998).

Sembrirebbe che i polifenoli, derivati dalla depolimerizzazione della lignina, di biosintesi microbica o di essudazione radicale o fogliare, siano alla base della stabilità e dell'effetto regolatore del sistema umico (Tissaux, 1996). Sono fortemente implicati nella conservazione dei nutrienti e nella prevenzione delle perdite di nutrienti perché impediscono la mineralizzazione delle lettiere all'autunno, evitando una perdita di nitrati nell'ambiente durante una stagione in cui nessun organismo ne ha bisogno, comportando la limitazione delle perdite per dilavamento (Tissaux, 1996).

La bibliografia non mostra evidenti legami tra l'altezza media dei vegetali e il contenuto dei polifenoli. Tuttavia, sulla base delle funzioni che i polifenoli svolgono nella S.o., supponiamo che il legame positivo dei polifenoli con l'altezza media è da porre sempre in relazione sia ad aspetti nutrizionali di tipo indiretti, sia in relazione ad aspetti pedogenetici.

Infatti, il principale ordine di suoli riscontrato nelle 2 aree parcellari è quello degli Alfisuoli (De Riso, 2009) dove è maggiore la correlazione osservata tra polifenoli stabili e S.O. ed è minore la correlazione tra frazioni solubili e S.O.; si confermerebbe l'ipotesi di strutturazione temporale degli stessi (De Riso, 2009).

Si ipotizza (Rubino, 2006) che i polifenoli e, in modo particolare i PPh, tendano a strutturarsi e stabilizzarsi nel tempo, tramite sia processi di idrolisi e successive condensazioni e polimerizzazioni, sia fenomeni di interazione con le fasi solide (soprattutto colloidali).

I componenti fenolici delle sostanze umiche derivano quindi esclusivamente da processi di resintesi e come la lignina, i polifenoli hanno un ruolo primordiale nello svolgimento dei processi pedogenetici.

La **Copertura %** è legata (Tab. 4.6.39) negativamente al valore del pH e in modo particolare dello strato della rinnovazione, dove la variazione della copertura % è limitata a valori che in 7 casi su 8 risultano compresi nel range 0,25-1,1%. La variazione è limitata, ma trattandosi di piante aventi sostanzialmente la stessa età, la correlazione rispetto al caso dell'altezza (Cistus spp.) è più verosimile.

Anche in questo caso la bibliografia non mostra evidenti diretti legami tra il grado di copertura dei vegetali e i valori del pH. Tuttavia, in relazione all'importanza che il valore del pH svolge nella S.O. e più ampiamente nel suolo, e considerando l'esistente correlazione di ordine negativo, supponiamo che sostanzialmente il grado di copertura diminuisce, entro un determinato range, per via delle esigenze nutrizionali della/e specie coinvolte.

Sul grado di copertura in ambito bibliografico abbiamo unicamente riscontrato come all'aumentare della stessa è maggiore il quantitativo di S.O., dell'N e del K mentre è meno importante la correlazione esistente con il P (Gallardo, 2003).

La Correlazione esistente tra i PPs e la copertura è positiva e come per le motivazioni considerate nel caso dell'altezza, si considera l'ipotesi di un legame di tipo nutrizionale vegetale, anche se supponiamo di tipo indiretto.

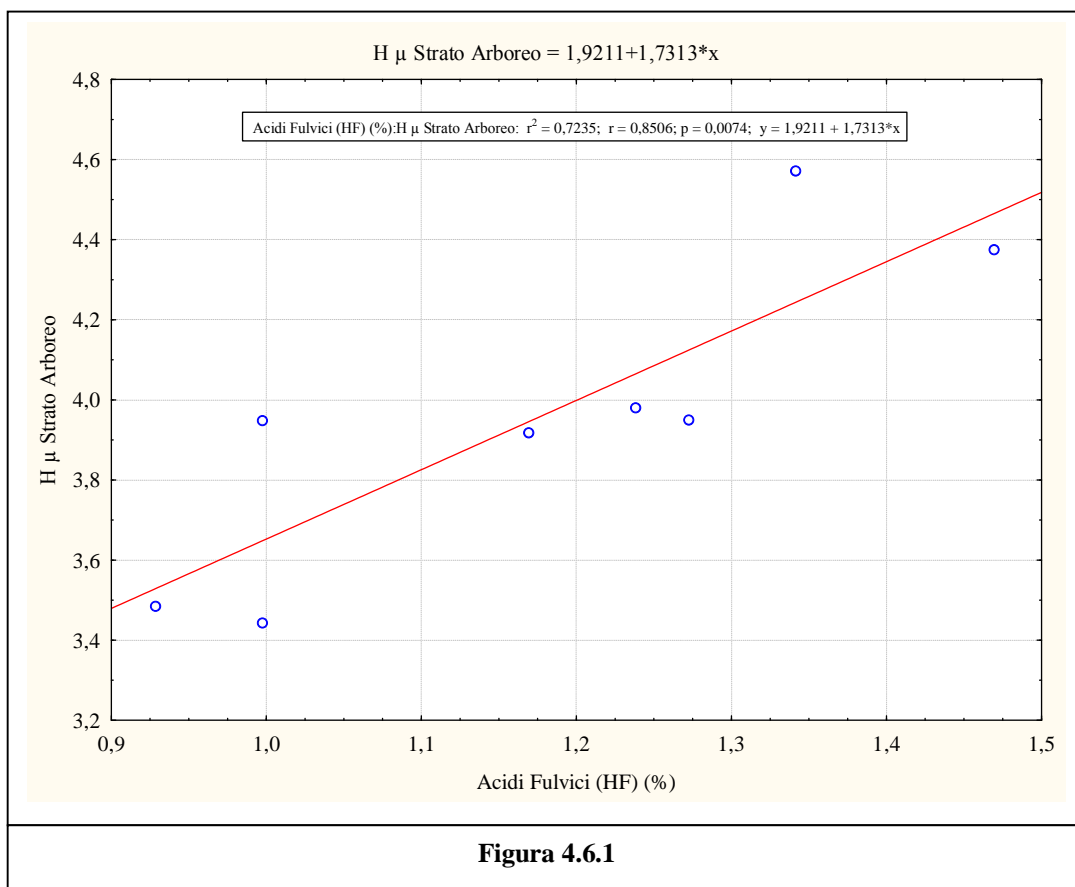
Sul parametro **Densità** (Tab. 4.6.40) e sulla **diversità biologica** (Tab. 4.6.41) le relazioni sostanzialmente ancora dello stesso segno, rispetto al grado di pH di tipo negativo, dei polifenoli di tipo positivo, valgono le stesse considerazioni fatte nel caso dell'altezza.

Supponiamo, come nei casi precedenti, l'esistenza di relazioni di tipo nutritivo tra i fattori chimici della S.O. che incidono sia nella quantità di piante presenti, sia sulla relativa ricchezza biologica. E' invece certa l'esistenza di relazioni di tipo diretto tra la crescita vegetale e i fattori climatici, per i quali sussiste una spiccata e generale competizione inter e intra specifica soprattutto per il fattore luce (Piussi, 1994; Cappelli, 1991).



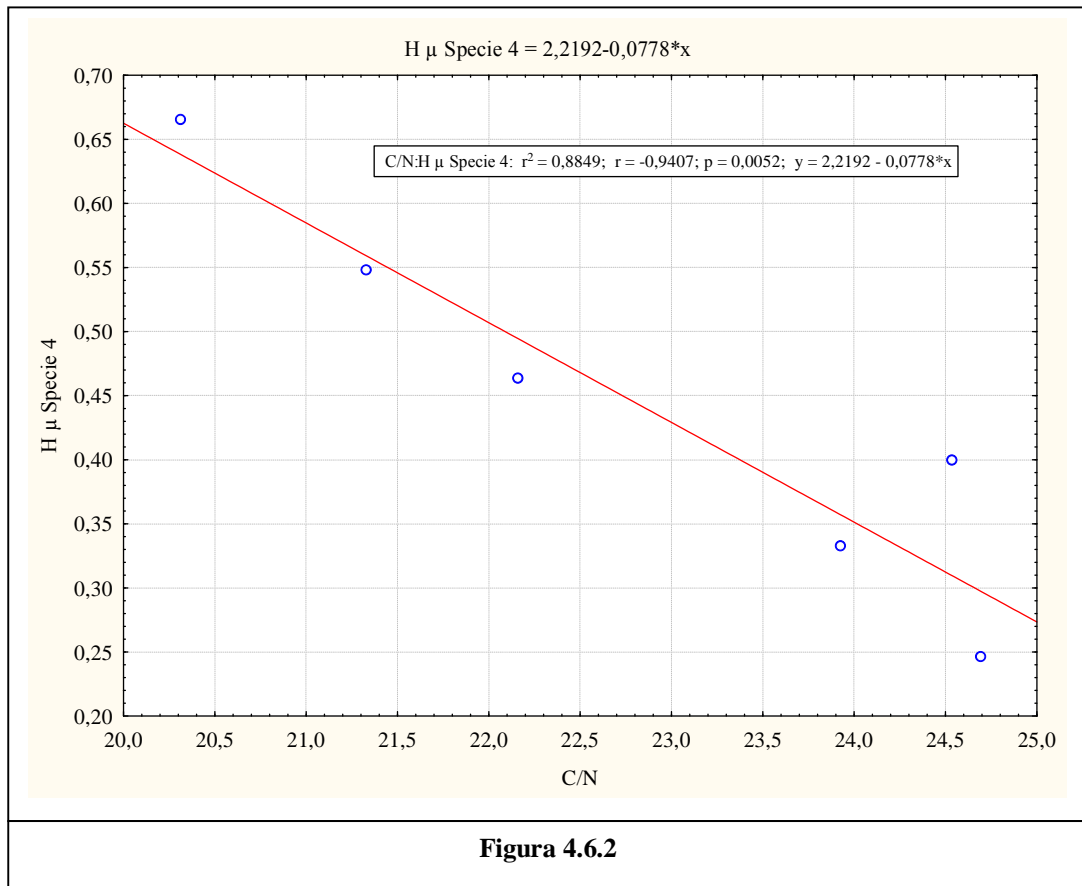
**Tabella 4.6.5** – Influenza degli Acidi Fulvici (HF) (%) sull'Altezza media (H  $\mu$ ) dello Strato Arboreo.

Riepilogo Regressione Variabile Dipendente:						
R= 0,850 R <sup>2</sup> = 0,723 R <sup>2</sup> Aggiustato= 0,677						
F(1,6)=15,698 p<0,007 Err.Standard di stima: 0,219						
	Beta	Err.Std.	B	Err.Std.	t(6)	p-level
<b>Intercetta</b>			1,921	0,520	3,694	<b>0,010</b>
<b>Acidi Fulvici (HF) (%)</b>	0,851	0,215	1,731	0,437	3,962	<b>0,007</b>



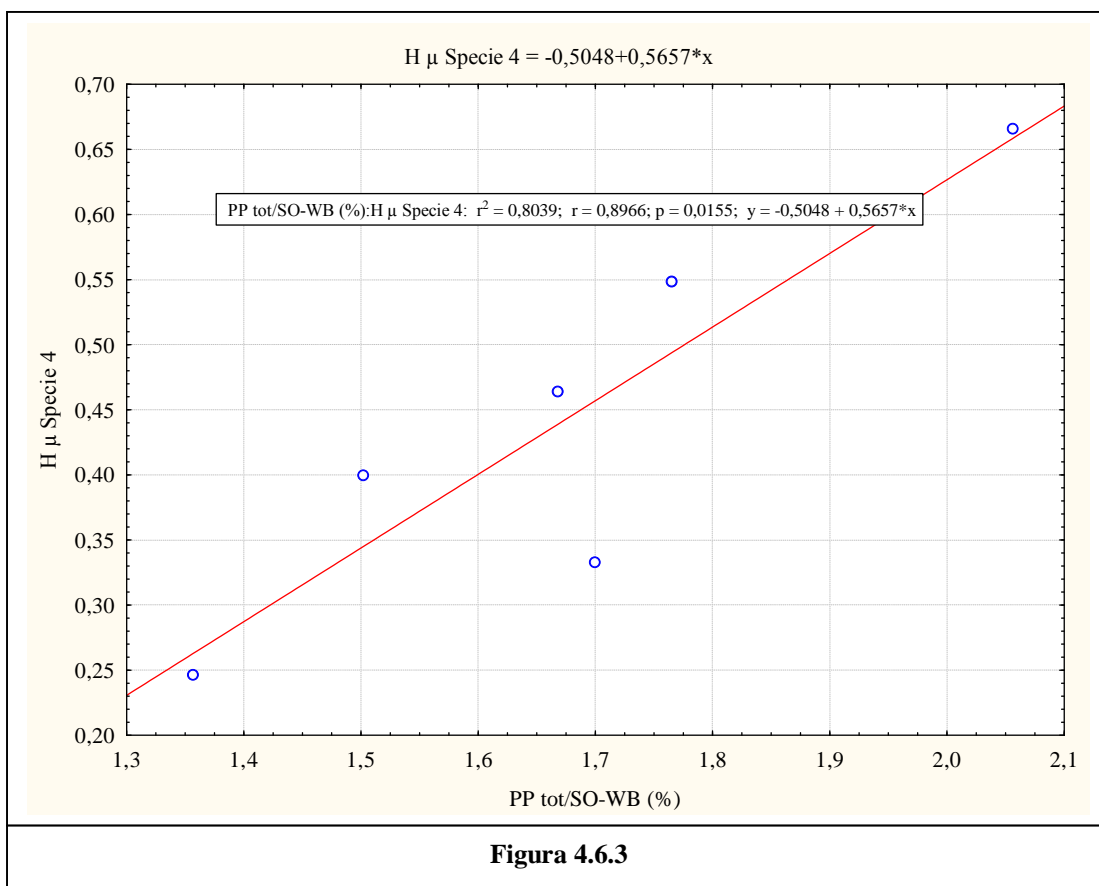
**Tabella 4.6.6** – Influenza del rapporto C/N sull' altezza media ( $H \mu$ ) della Specie 4 (Rosmarinus officinalis L.) dello Strato Arbustivo.

Riepilogo Regressione Variabile Dipendente:						
R= 0,940 R <sup>2</sup> = 0,884 R <sup>2</sup> Aggiustato= 0,856						
F(1,4)=30,761 p<0,0052 Err.Standard di stima: 0,0571						
	Beta	Err.Std.	B	Err.Std.	t(4)	p-level
<b>Intercetta</b>			2,219	0,321	6,910	0,0023
<b>C/N</b>	-0,941	0,170	-0,078	0,014	-5,546	0,0052



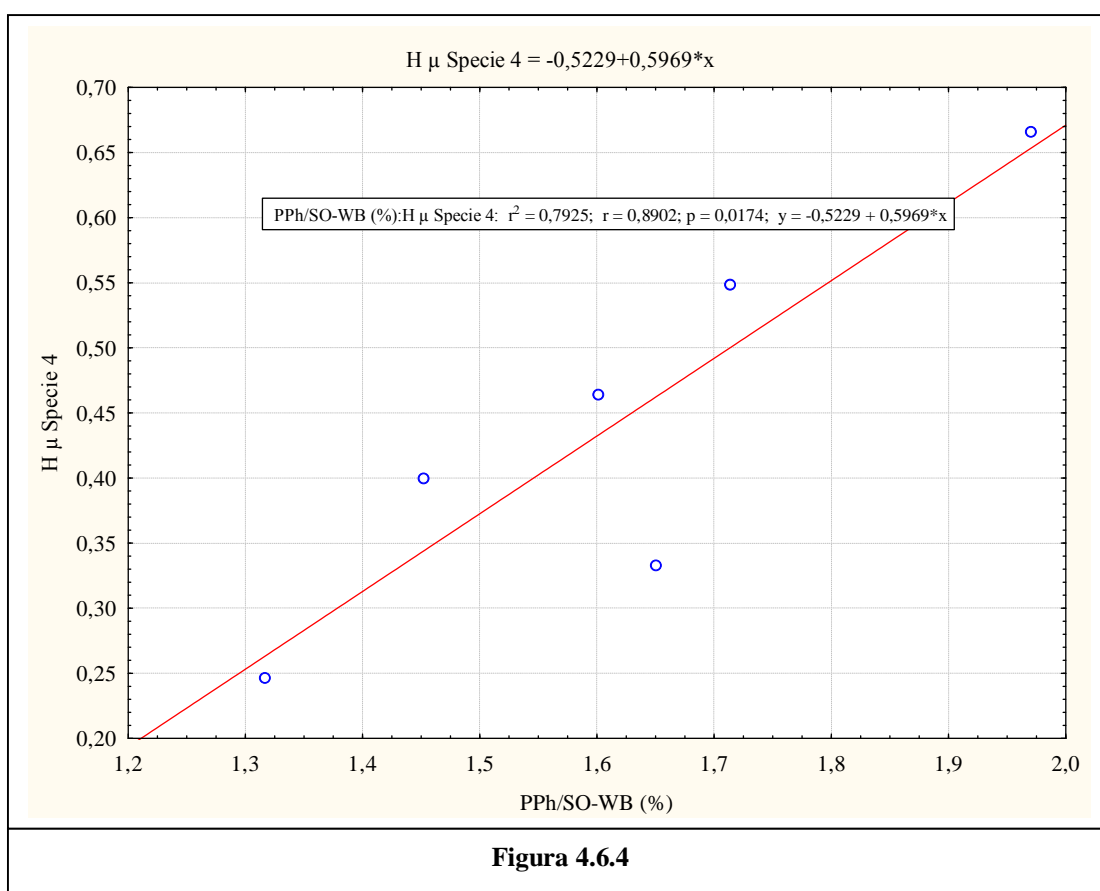
**Tabella 4.6.7 –** Influenza del PP tot/SO-WB (%) sull'altezza media ( $H \mu$ ) della Specie 4 (Rosmarinus officinalis L.) dello Strato Arbustivo.

Riepilogo Regressione Variabile Dipendente:						
R= 0,896 R <sup>2</sup> = 0,803 R <sup>2</sup> Aggiustato= 0,754						
F(1,4)=16,400 p<0,015 Err.Standard di stima: 0,074						
	Beta	Err.Std.	B	Err.Std.	t(4)	p-level
<b>Intercetta</b>			-0,505	0,236	-2,139	0,099
<b>PP tot/SO-WB (%)</b>	0,897	0,221	0,566	0,140	4,050	<b>0,015</b>



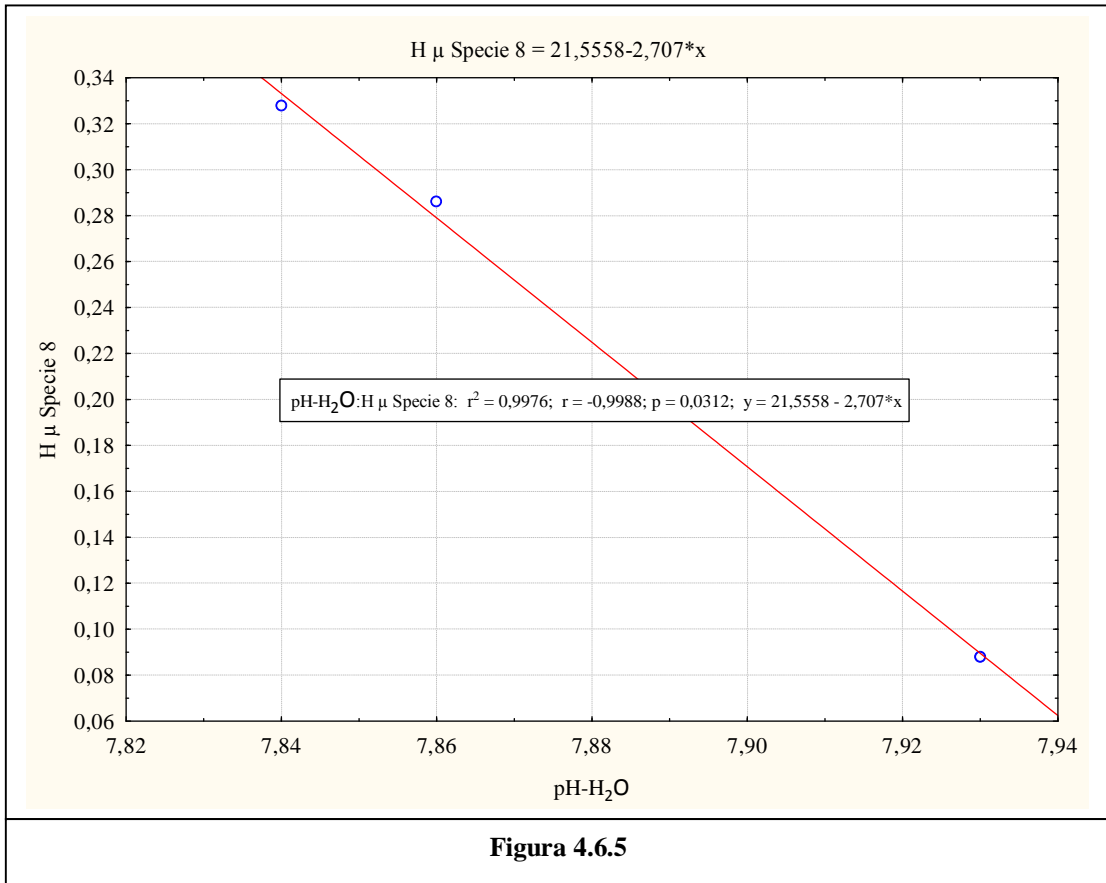
**Tabella 4.6.8** – Influenza del PPh/SO-WB (%) sull'altezza media ( $H \mu$ ) della Specie 4 (Rosmarinus officinalis L.) dello Strato Arbustivo.

Riepilogo Regressione Variabile Dipendente:						
R= 0,890 R <sup>2</sup> = 0,792 R <sup>2</sup> Aggiustato= 0,740						
F(1,4)=15,275 p<0,017 Err.Standard di stima: 0,076						
	Beta	Err.Std.	B	Err.Std.	t(4)	p-level
<b>Intercetta</b>			-0,523	0,249	-2,100	0,104
<b>PPh/SO-WB (%)</b>	0,890	0,228	0,597	0,153	3,908	<b>0,017</b>



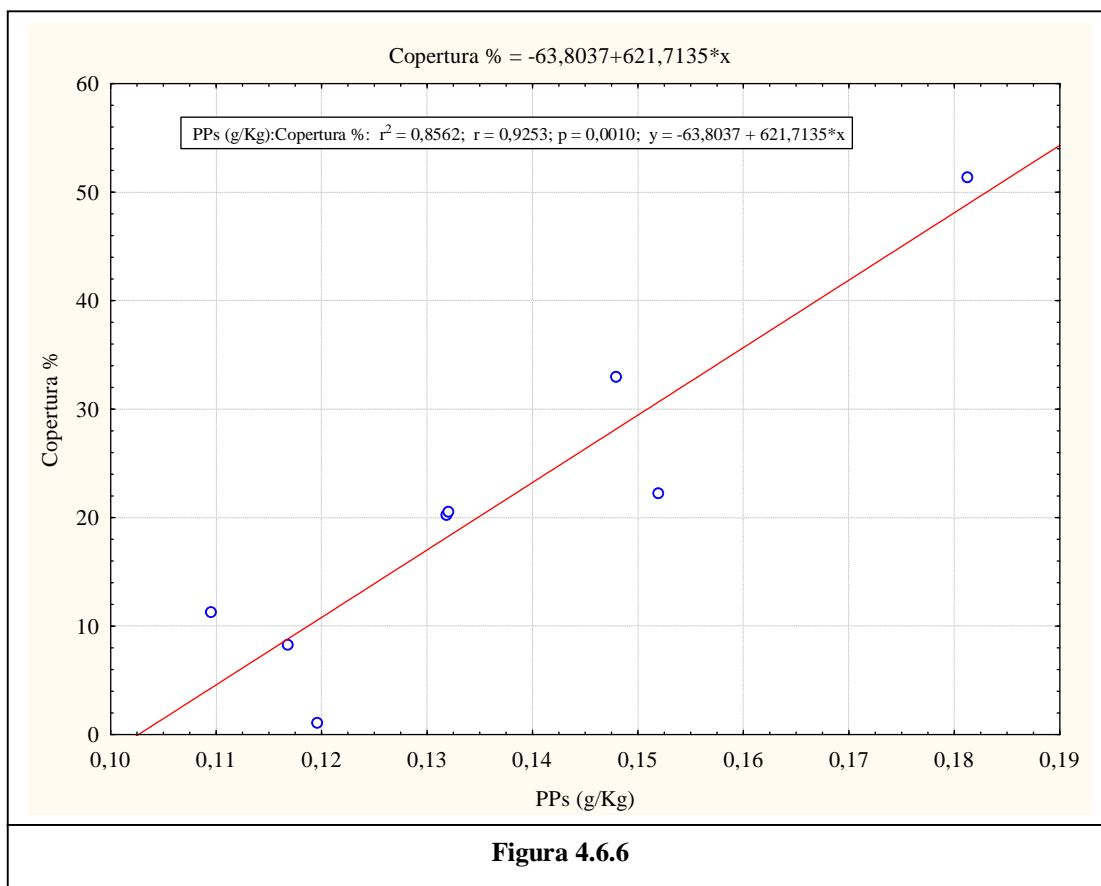
**Tabella 4.6.9** – Influenza del pH-H<sub>2</sub>O sull'altezza media (H μ) della Specie 8 (Cistus sp.) dello Strato Arbustivo.

Riepilogo Regressione Variabile Dipendente:						
R= 0,998 R <sup>2</sup> = 0,997 R <sup>2</sup> Aggiustato= 0,995						
F(1,1)=414,81 p<0,031 Err.Standard di stima: 0,0088						
	Beta	Err.Std.	B	Err.Std.	t(1)	p-level
<b>Intercetta</b>			21,556	1,047	20,590	<b>0,031</b>
<b>pH-H<sub>2</sub>O</b>	-0,999	0,049	-2,707	0,133	-20,367	<b>0,031</b>



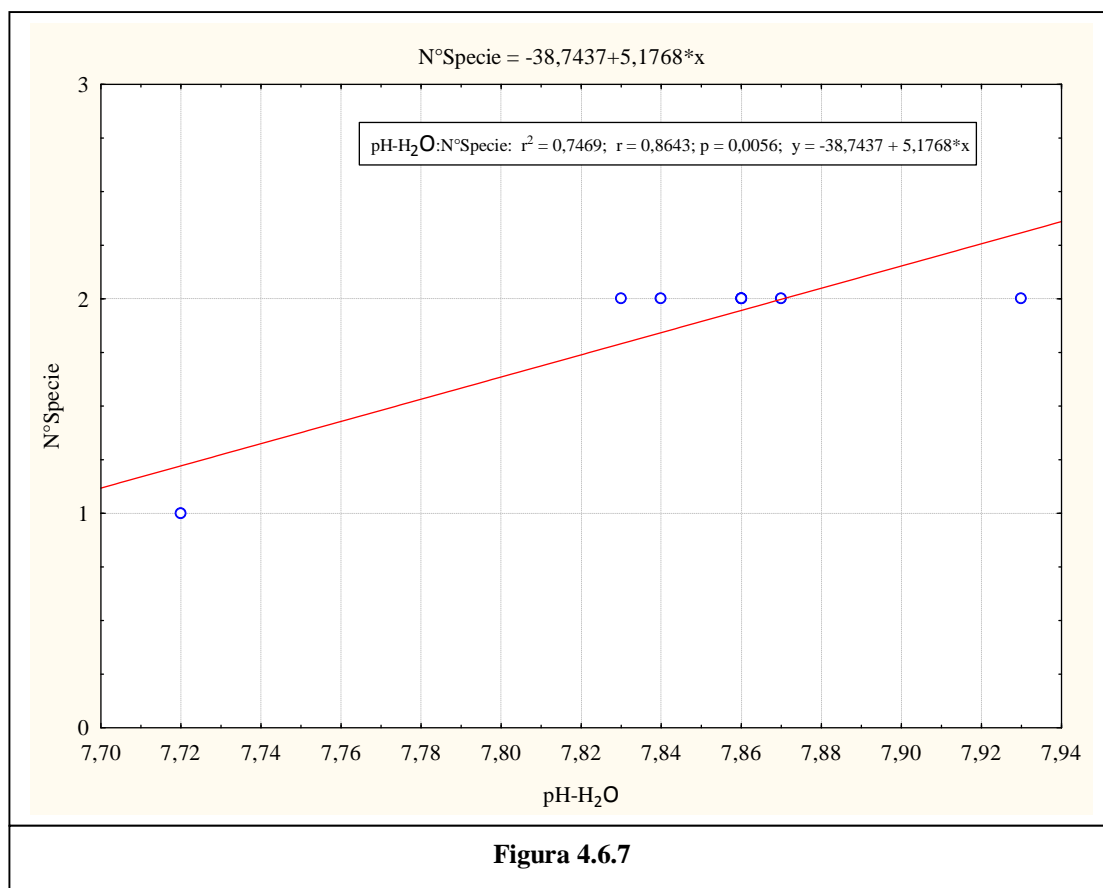
**Tabella 4.6.10** – Influenza del PPs (g/Kg) sulla Copertura % dello Strato Arbustivo.

Riepilogo Regressione Variabile Dipendente:						
R= 0,925 R <sup>2</sup> = 0,85621997 R <sup>2</sup> Aggiustato= 0,832						
F(1,6)=35,730 p<0,001 Err.Standard di stima: 6,42						
	Beta	Err.Std.	B	Err.Std.	t(6)	p-level
Intercetta			-63,804	14,366	-4,441	0,004
PPs (g/Kg)	0,925	0,155	621,714	104,009	5,977	0,001



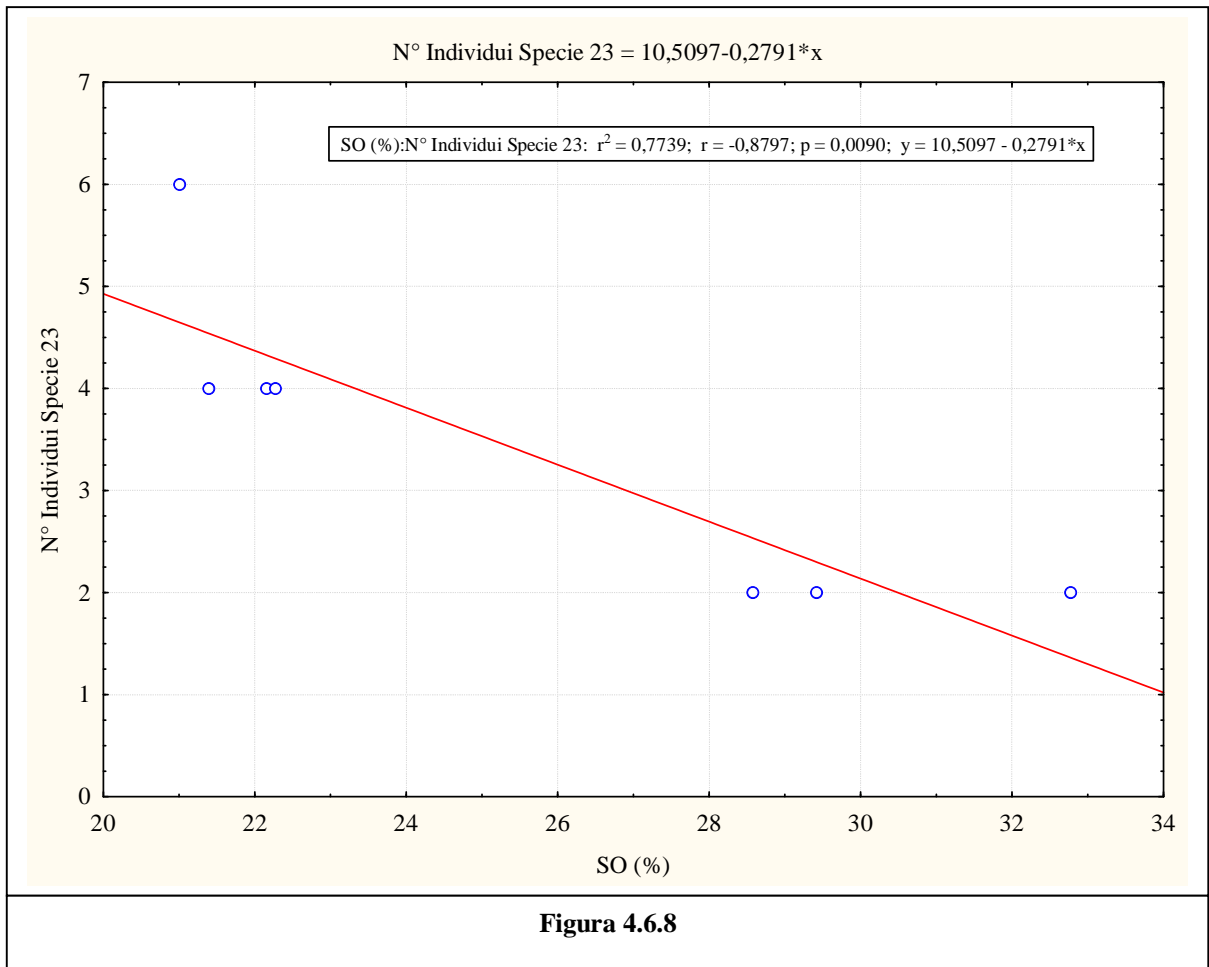
**Tabella 4.6.11** – Influenza del pH-H<sub>2</sub>O sul N° di Specie dello Strato Erbaceo.

Riepilogo Regressione Variabile Dipendente:						
R= 0,864 R <sup>2</sup> = 0,746 R <sup>2</sup> Aggiustato= 0,704						
F(1,6)=17,710 p<0,006 Err.Standard di stima: 0,192						
	Beta	Err.Std.	B	Err.Std.	t(6)	p-level
<b>Intercetta</b>			-38,744	9,652	-4,014	<b>0,007</b>
<b>pH-H<sub>2</sub>O</b>	0,864	0,205	5,177	1,230	4,208	<b>0,006</b>



**Tabella 4.6.12** – Influenza del SO (%) sul N° Individui della Specie 23 dello Strato Erbaceo.

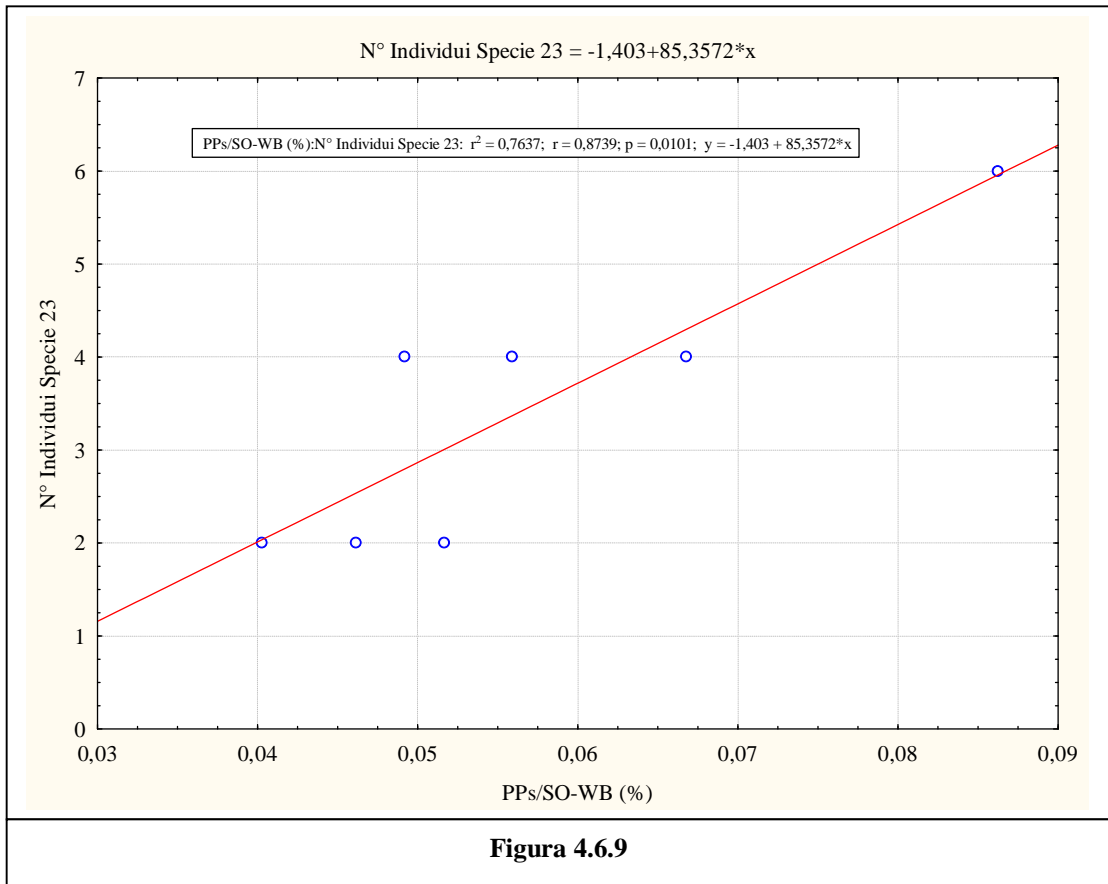
Riepilogo Regressione Variabile Dipendente:						
R= 0,879 R <sup>2</sup> = 0,773 R <sup>2</sup> Aggiustato= 0,728						
F(1,5)=17,116 p<0,0090 Err.Standard di stima: 0,787						
	Beta	Err.Std.	B	Err.Std.	t(5)	p-level
<b>Intercetta</b>			10,5097	1,7373	6,0495	<b>0,0018</b>
<b>SO (%)</b>	-0,8797	0,2126	-0,2791	0,0675	-4,1371	<b>0,0090</b>





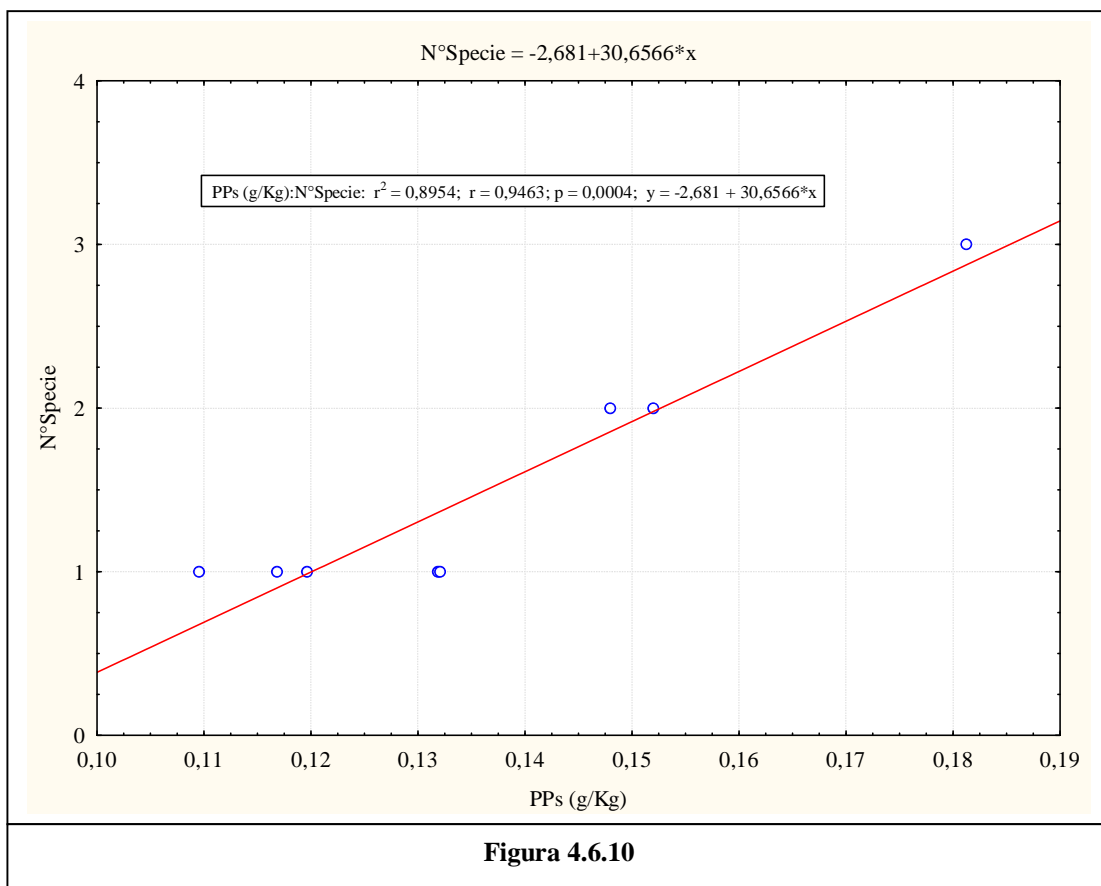
**Tabella 4.6.13** – Influenza del PPs/SO-WB (%) sul N° Individui della Specie 23 dello Strato Erbaceo.

Riepilogo Regressione Variabile Dipendente:						
R= 0,873 R <sup>2</sup> = 0,763 R <sup>2</sup> Aggiustato= 0,716						
F(1,5)=16,162 p<0,010 Err.Standard di stima: 0,805						
	Beta	Err.Std.	B	Err.Std.	t(5)	p-level
<b>Intercetta</b>			-1,403	1,240	-1,132	0,309
<b>PPs/SO-WB (%)</b>	0,874	0,217	85,357	21,232	4,020	<b>0,010</b>



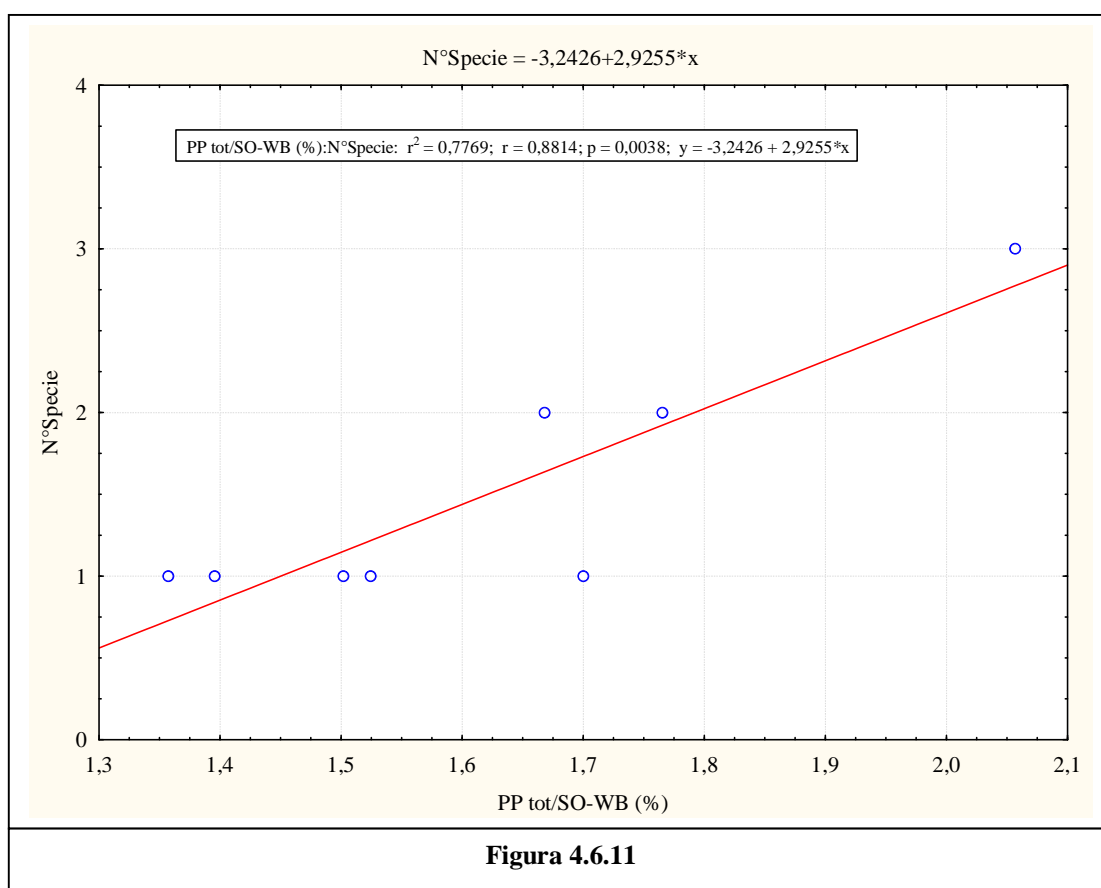
**Tabella 4.6.14** – Influenza del PPs (g/Kg) sul N° di Specie dello Strato Rinnovazione.

Riepilogo Regressione Variabile Dipendente:						
R= 0,946 R <sup>2</sup> = 0,895 R <sup>2</sup> Aggiustato= 0,877						
F(1,6)=51,372 p<0,00037 Err.Standard di stima: 0,264						
	Beta	Err.Std.	B	Err.Std.	t(6)	p-level
<b>Intercetta</b>			-2,681	0,590	-4,538	0,00394
<b>PPs (g/Kg)</b>	0,946	0,132	30,656	4,277	7,167	0,00037



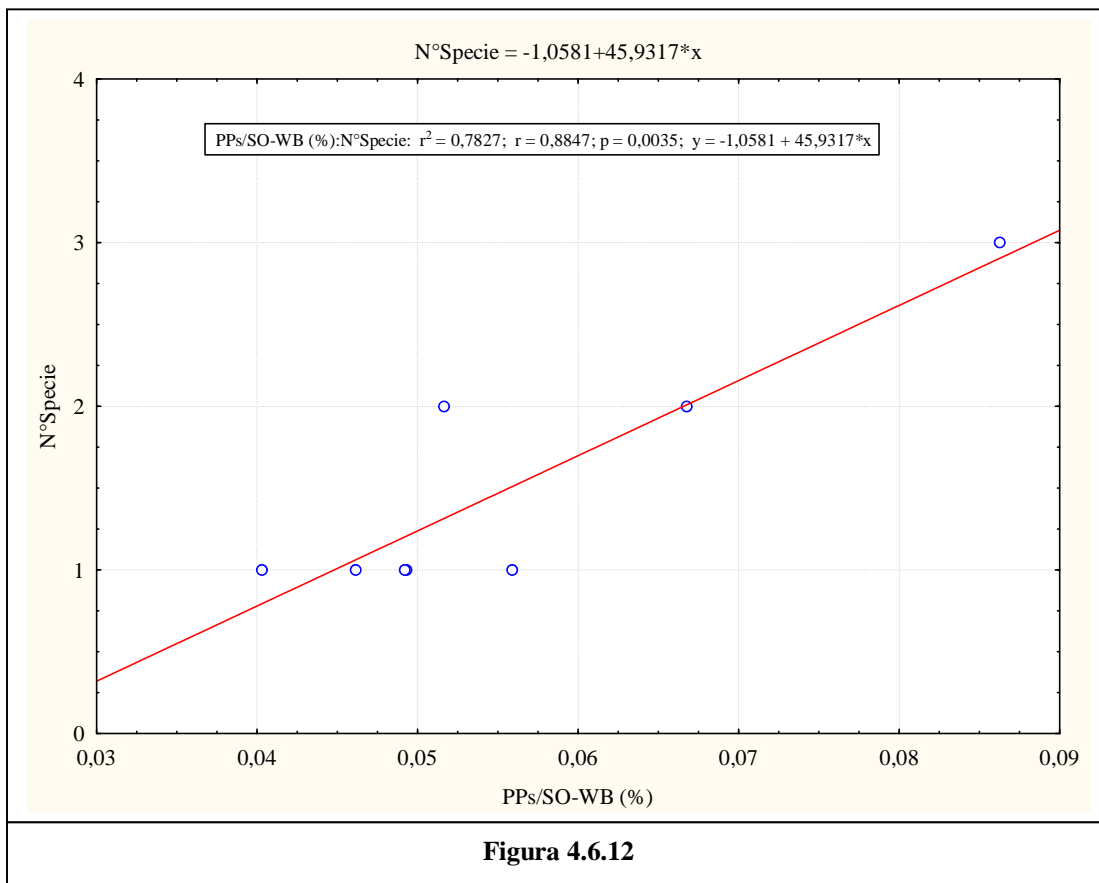
**Tabella 4.6.15** – Influenza del PP tot/SO-WB (%) sul N° di Specie dello Strato Rinnovazione.

Riepilogo Regressione Variabile Dipendente: N°Specie						
R= 0,881 R <sup>2</sup> = 0,77689201 R <sup>2</sup> Aggiustato= 0,739						
F(1,6)=20,893 p<0,004 Err.Standard di stima: 0,385						
	Beta	Err.Std.	B	Err.Std.	t(6)	p-level
<b>Intercetta</b>			-3,243	1,046	-3,099	<b>0,021</b>
<b>PP tot/SO-WB (%)</b>	0,881	0,193	2,925	0,640	4,571	<b>0,004</b>



**Tabella 4.6.16** – Influenza del PPs/SO-WB (%) sul N° di Specie dello Strato Rinnovazione.

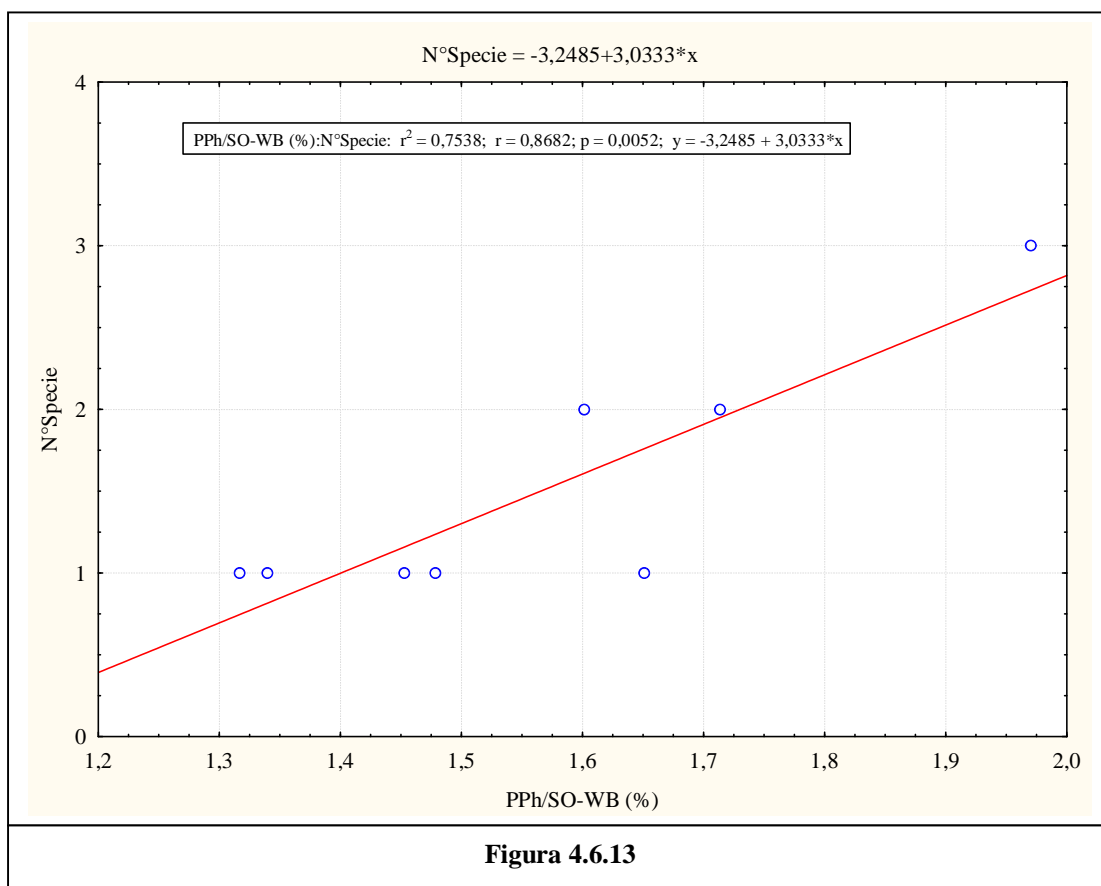
Riepilogo Regressione Variabile Dipendente:						
R= 0,884 R <sup>2</sup> = 0,782 R <sup>2</sup> Aggiustato= 0,746						
F(1,6)=21,615 p<0,004 Err.Standard di stima: 0,380						
	Beta	Err.Std.	B	Err.Std.	t(6)	p-level
<b>Intercetta</b>			-1,058	0,566	-1,868	0,111
<b>PPs/SO-WB (%)</b>	0,885	0,190	45,932	9,879	4,649	<b>0,004</b>



**Figura 4.6.12**

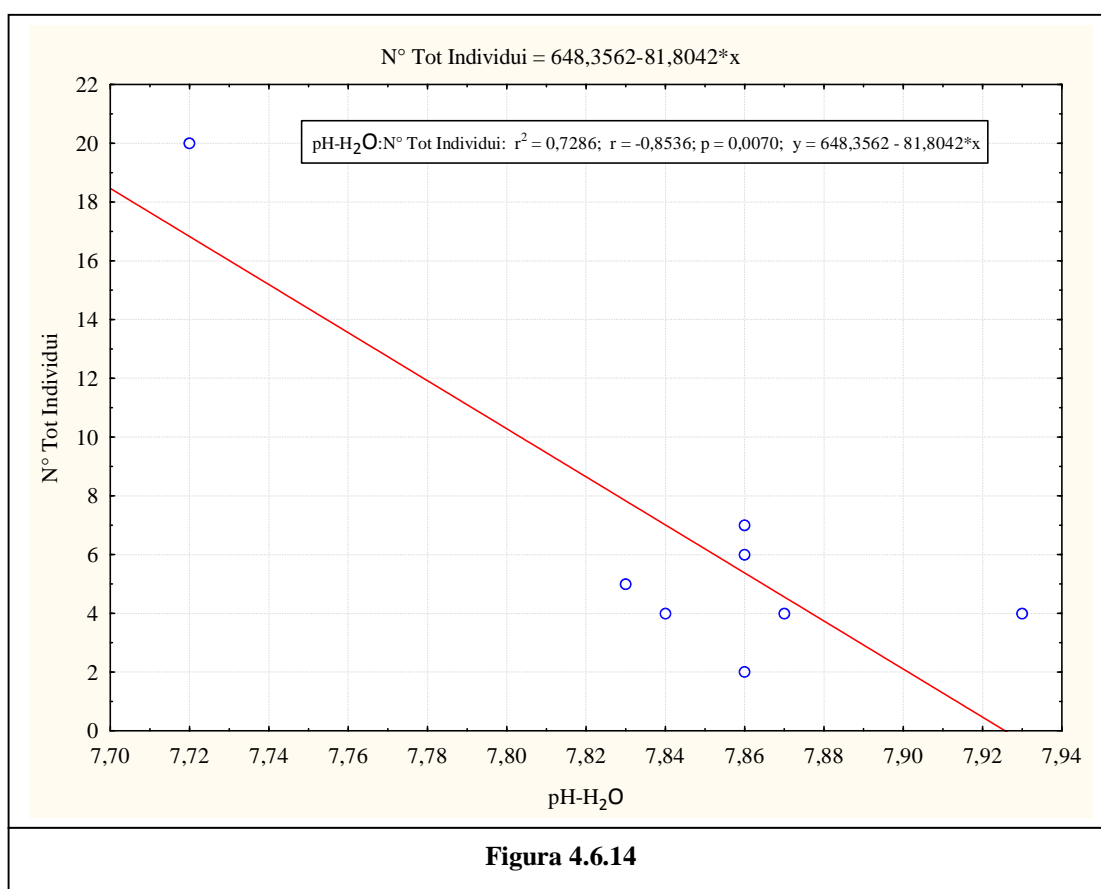
**Tabella 4.6.17** – Influenza del PPh/SO-WB (%) sul N° di Specie dello Strato Rinnovazione.

Riepilogo Regressione Variabile Dipendente:						
R= 0,868 R <sup>2</sup> = 0,753 R <sup>2</sup> Aggiustato= 0,712						
F(1,6)=18,375 p<0,005 Err.Standard di stima: 0,405						
	Beta	Err.Std.	B	Err.Std.	t(6)	p-level
<b>Intercetta</b>			-3,249	1,117	-2,908	0,027
<b>PPh/SO-WB (%)</b>	0,868	0,203	3,033	0,708	4,287	0,005



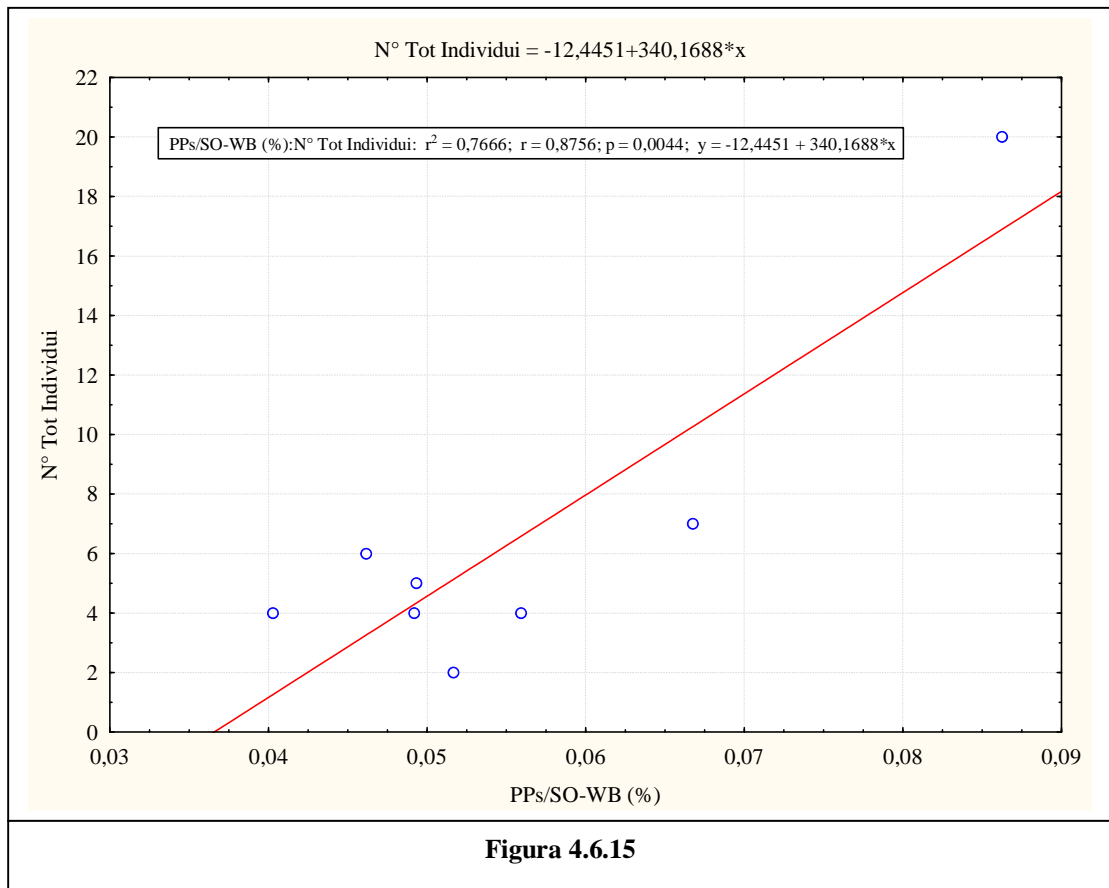
**Tabella 4.6.18** – Influenza del pH-H<sub>2</sub>O sul N° Tot Individui dello Strato Rinnovazione.

Riepilogo Regressione Variabile Dipendente:						
R= 0,853 R <sup>2</sup> = 0,728 R <sup>2</sup> Aggiustato= 0,683						
F(1,6)=16,105 p<0,007 Err.Standard di stima: 3,183						
	Beta	Err.Std.	B	Err.Std.	t(6)	p-level
<b>Intercetta</b>			648,356	159,944	4,054	0,007
<b>pH-H<sub>2</sub>O</b>	-0,854	0,213	-81,804	20,384	-4,013	0,007



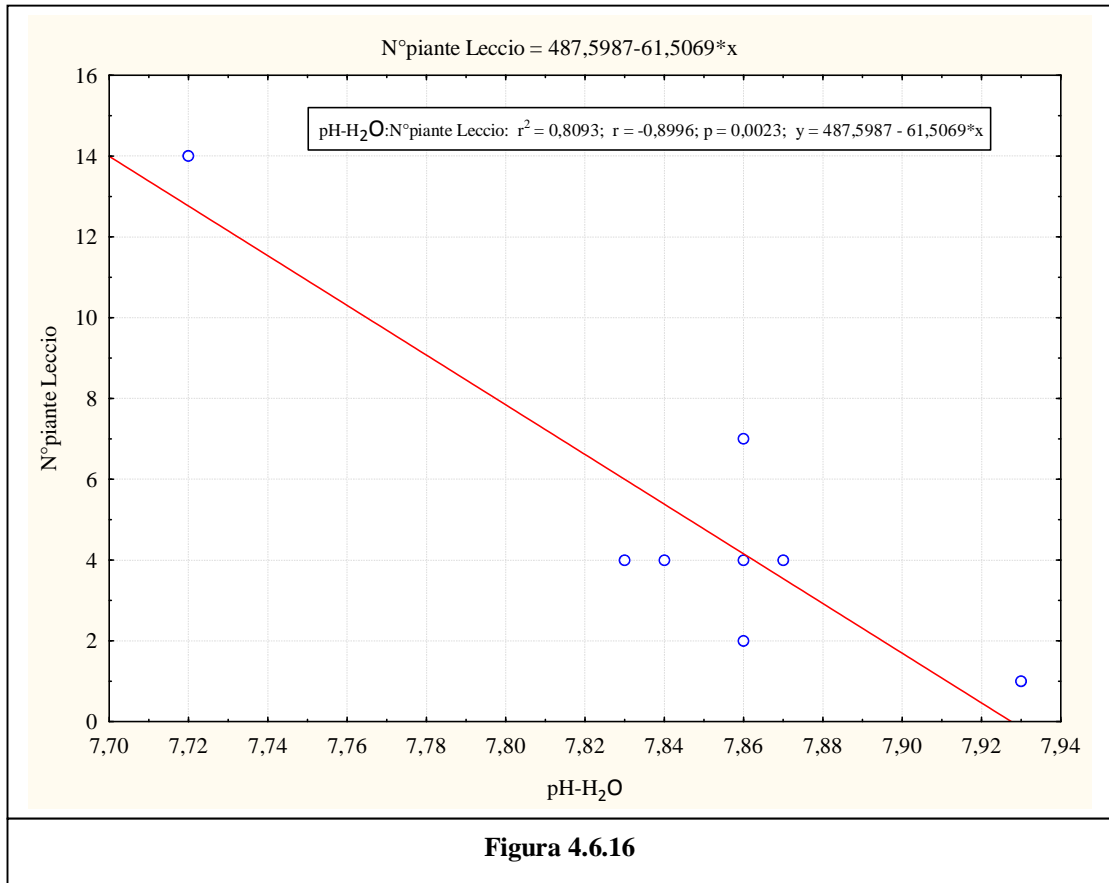
**Tabella 4.6.19** – Influenza del PPs/SO-WB (%) sul N° Tot Individui dello Strato Rinnovazione.

Riepilogo Regressione Variabile Dipendente:						
R= 0,875 R <sup>2</sup> = 0,766 R <sup>2</sup> Aggiustato= 0,727						
F(1,6)=19,710 p<0,004 Err.Standard di stima: 2,951						
	Beta	Err.Std.	B	Err.Std.	t(6)	p-level
<b>Intercetta</b>			-12,445	4,393	-2,833	<b>0,030</b>
<b>PPs/SO-WB (%)</b>	0,876	0,197	340,169	76,621	4,440	<b>0,004</b>



**Tabella 4.6.20** – Influenza del pH-H<sub>2</sub>O sul N° di piante di Leccio dello Strato Rinnovazione.

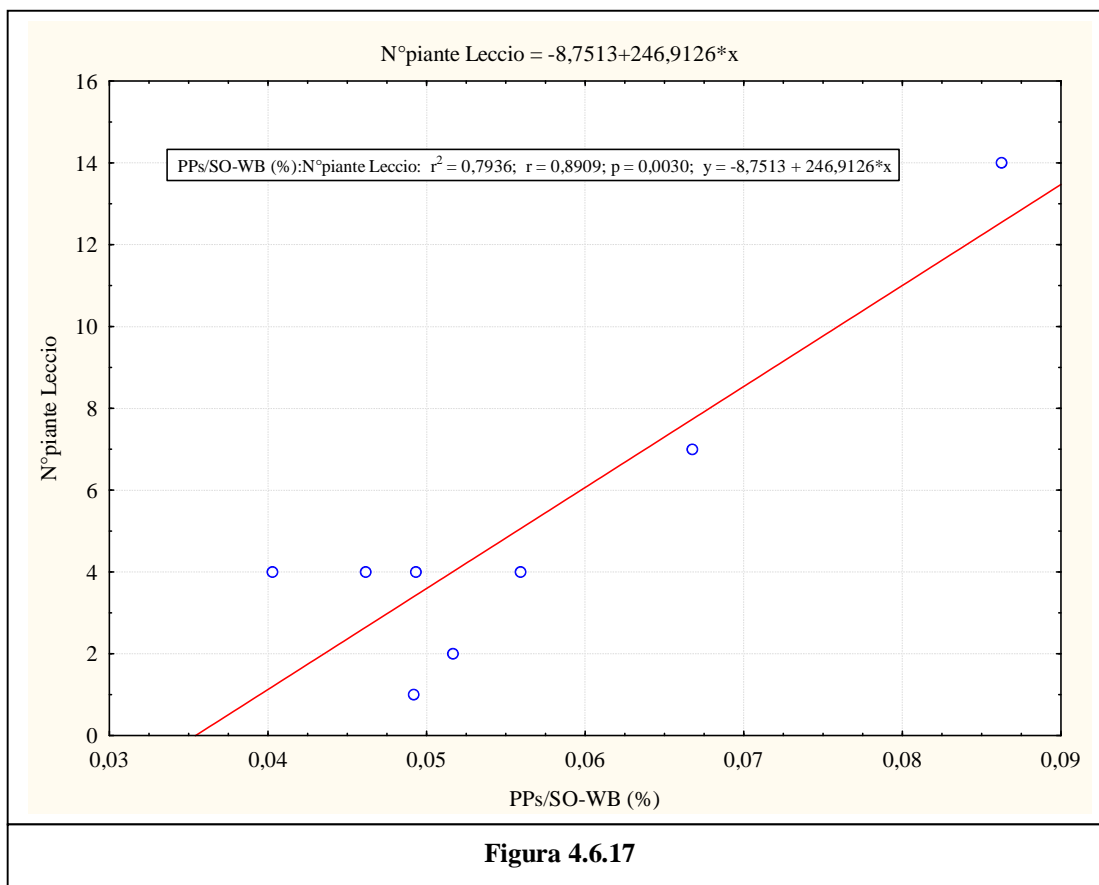
Riepilogo Regressione Variabile Dipendente:						
R= 0,899 R <sup>2</sup> = 0,809 R <sup>2</sup> Aggiustato= 0,777						
F(1,6)=25,463 p<0,0023 Err.Standard di stima: 1,903						
	Beta	Err.Std.	B	Err.Std.	t(6)	p-level
<b>Intercetta</b>			487,5987	95,6400	5,0983	<b>0,0022</b>
<b>pH-H<sub>2</sub>O</b>	-0,8996	0,1783	-61,5069	12,1890	-5,0461	<b>0,0023</b>





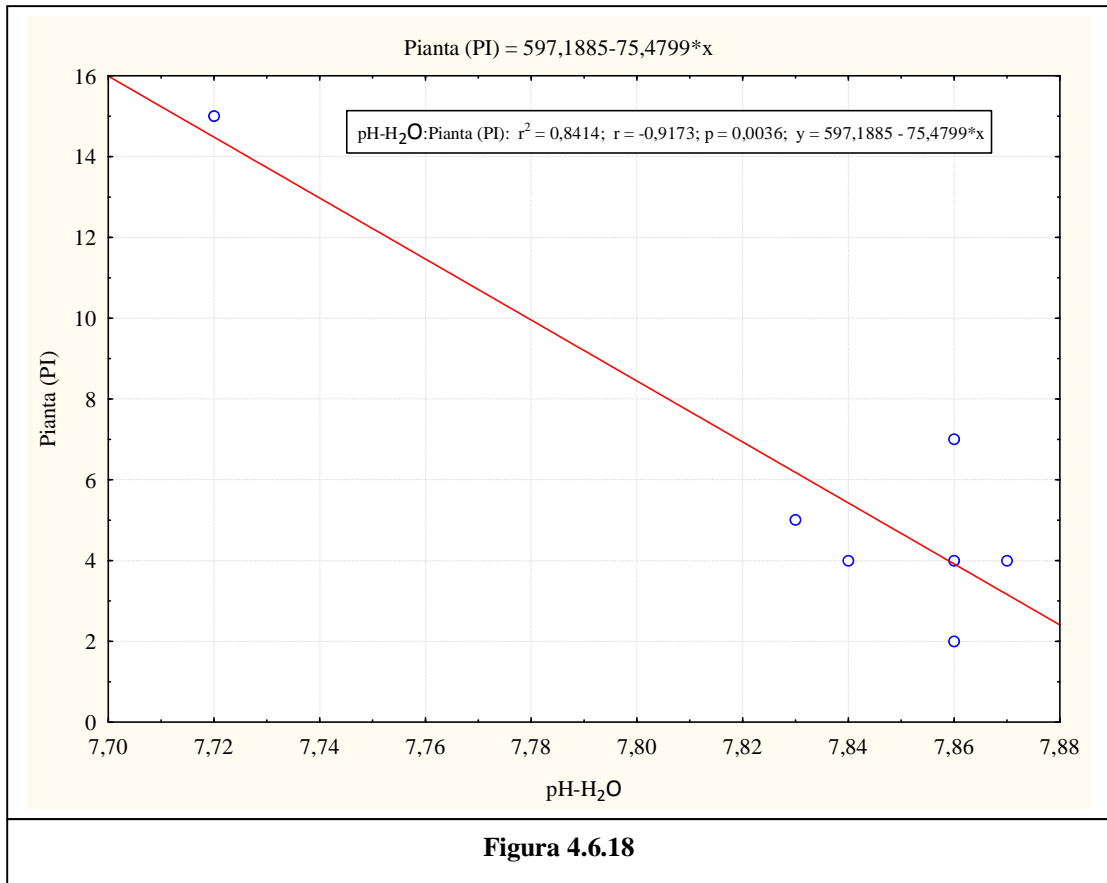
**Tabella 4.6.21** – Influenza del PPs/SO-WB (%) sul N° di piante di Leccio dello Strato Rinnovazione.

Riepilogo Regressione Variabile Dipendente:						
R= 0,890 R <sup>2</sup> = 0,793 R <sup>2</sup> Aggiustato= 0,759						
F(1,6)=23,076 p<0,003 Err.Standard di stima: 1,9801						
	Beta	Err.Std.	B	Err.Std.	t(6)	p-level
<b>Intercetta</b>			-8,751	2,947	-2,970	0,025
<b>PPs/SO-WB (%)</b>	0,891	0,185	246,913	51,400	4,804	0,003



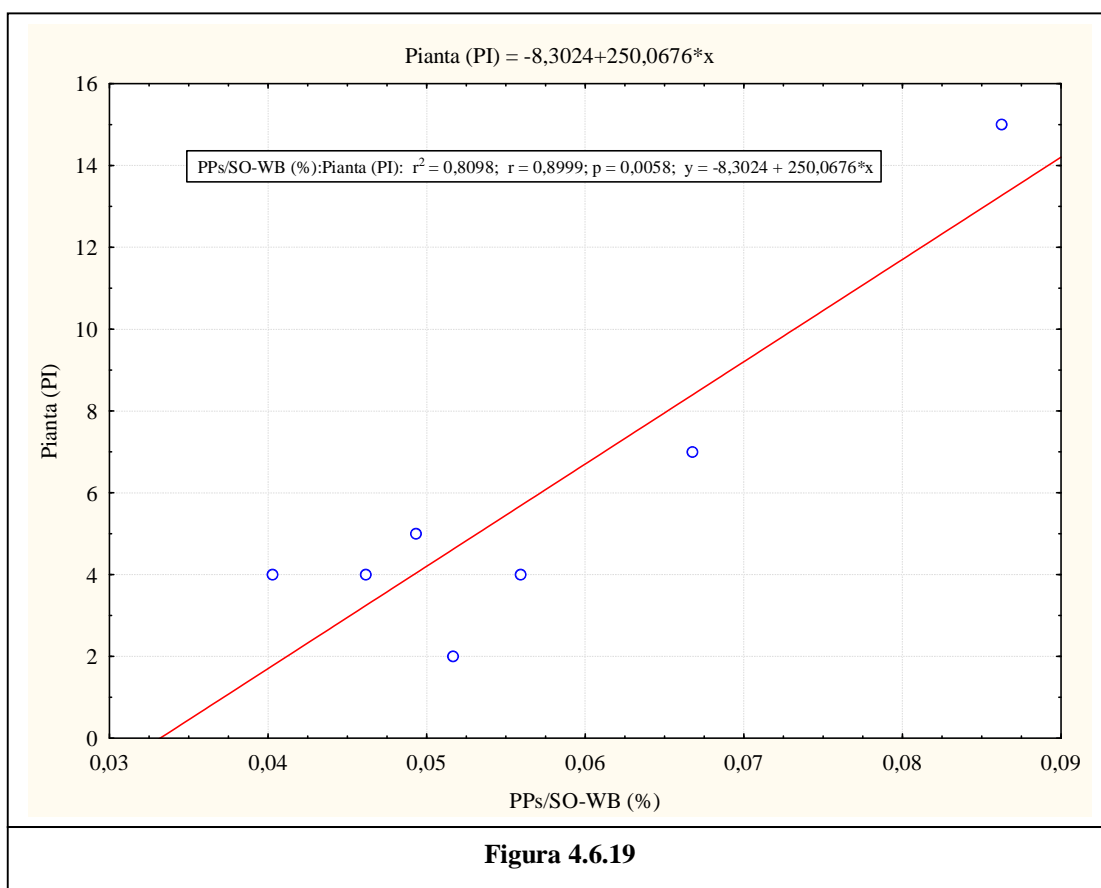
**Tabella 4.6.22** – Influenza del pH-H<sub>2</sub>O sul N° di Pianta nate da seme (PI) dello Strato Rinnovazione.

Riepilogo Regressione Variabile Dipendente:						
R= 0,917 R <sup>2</sup> = 0,841 R <sup>2</sup> Aggiustato= 0,809						
F(1,5)=26,519 p<0,004 Err.Standard di stima: 1,875						
	Beta	Err.Std.	B	Err.Std.	t(5)	p-level
<b>Intercetta</b>			597,189	114,830	5,201	0,003
<b>pH-H<sub>2</sub>O</b>	-0,917	0,178	-75,480	14,657	-5,150	0,004



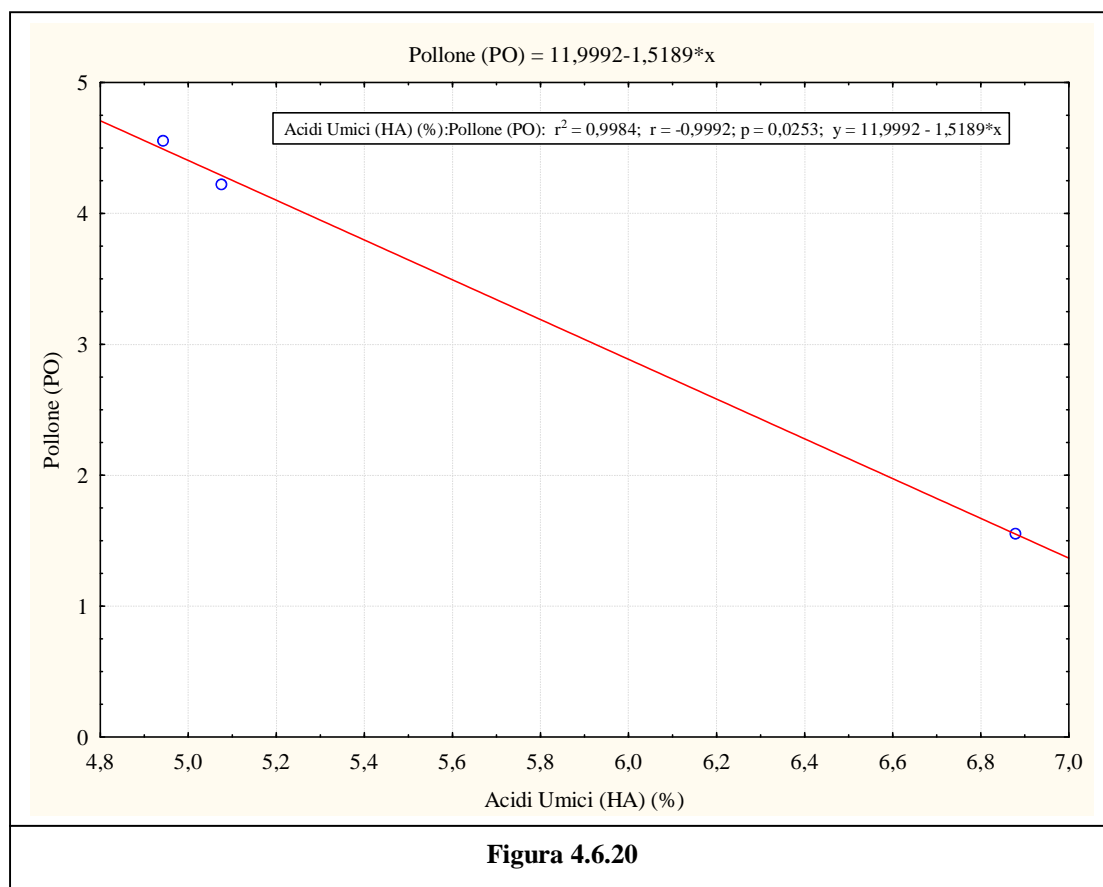
**Tabella 4.6.23** – Influenza del PPs/SO-WB (%) sul Pianta nate da seme (PI) dello Strato Rinnovazione.

Riepilogo Regressione Variabile Dipendente:						
R= 0,899 R <sup>2</sup> = 0,809 R <sup>2</sup> Aggiustato= 0,771						
F(1,5)=21,294 p<0,006 Err.Standard di stima: 2,0533						
	Beta	Err.Std.	B	Err.Std.	t(5)	p-level
<b>Intercetta</b>			-8,302	3,165	-2,623	0,047
<b>PPs/SO-WB (%)</b>	0,900	0,195	250,068	54,191	4,615	0,006



**Tabella 4.6.24** – Influenza degli Acidi Umici (HA) (%) sul N° di Polloni (PO) dello Strato Rinnovazione.

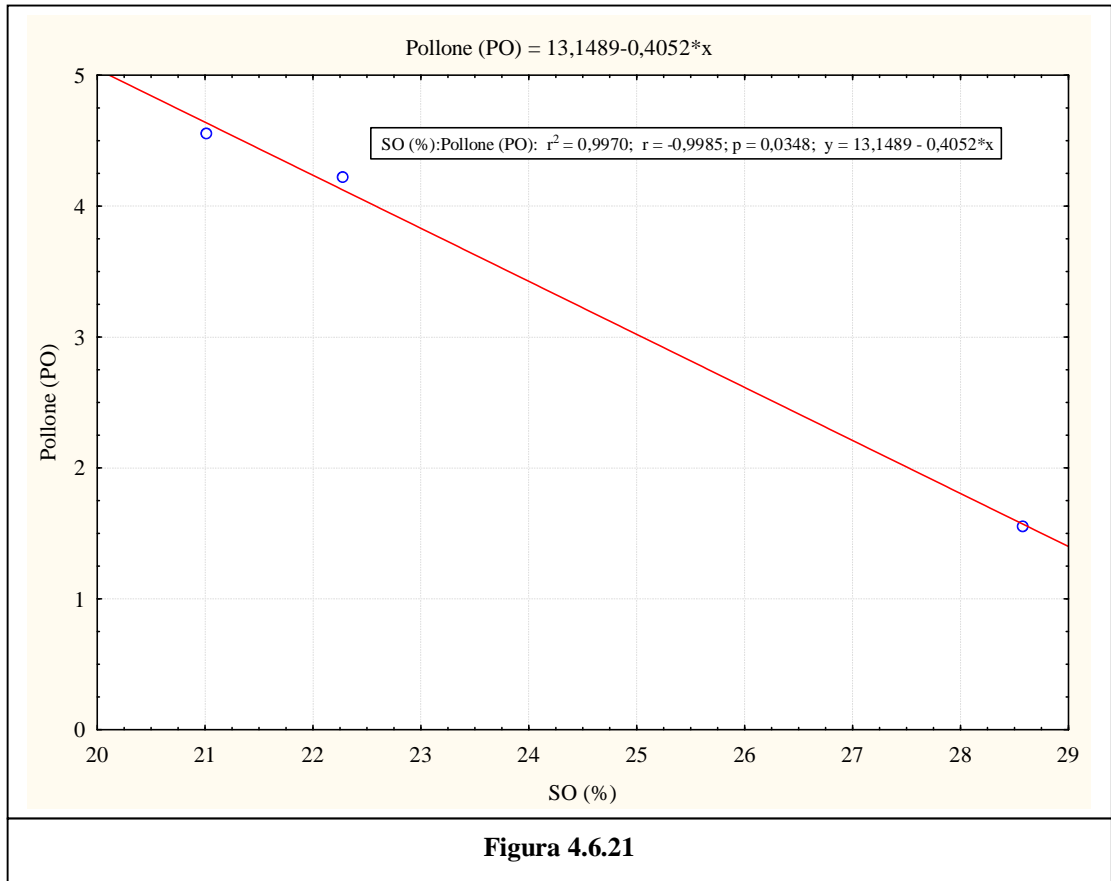
Riepilogo Regressione Variabile Dipendente:						
R= 0,999 R <sup>2</sup> = 0,998 R <sup>2</sup> Aggiustato= 0,996						
F(1,1)=632,07 p<0,025 Err.Standard di stima: 0,092						
	Beta	Err.Std.	B	Err.Std.	t(1)	p-level
Intercetta			11,999	0,344	34,838	0,018
Acidi Umici (HA) (%)	-0,999	0,040	-1,519	0,060	-25,141	0,025



**Figura 4.6.20**

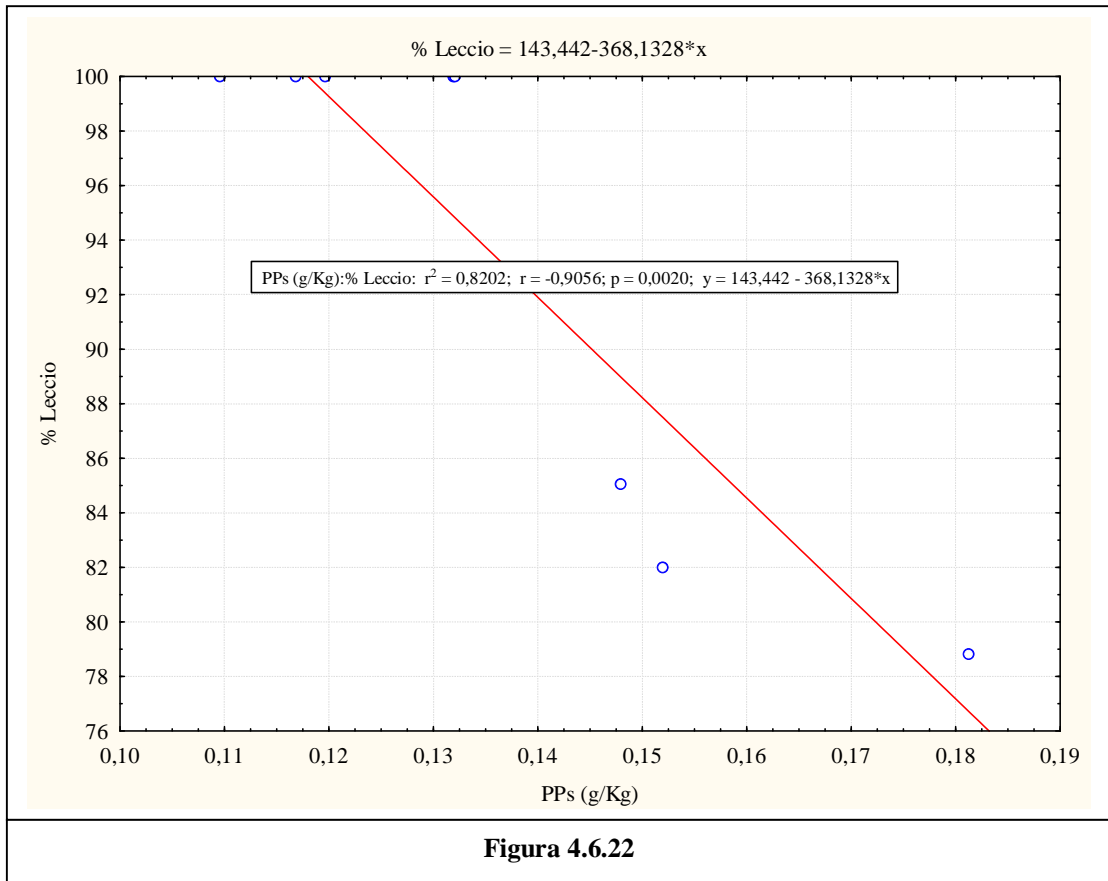
**Tabella 4.6.25** – Influenza della SO (%) sul N° di Polloni (PO) dello Strato Rinnovazione.

Riepilogo Regressione Variabile Dipendente:						
R= 0,998 R <sup>2</sup> = 0,997 R <sup>2</sup> Aggiustato= 0,994						
F(1,1)=333,72 p<0,035 Err.Standard di stima: 0,12710						
	Beta	Err.Std.	B	Err.Std.	t(1)	p-level
<b>Intercetta</b>			13,149	0,536	24,519	<b>0,026</b>
<b>SO (%)</b>	-0,999	0,055	-0,405	0,022	-18,268	<b>0,035</b>



**Tabella 4.6.26** – Influenza della PPs (g/Kg) sul % della Specie Leccio dello Strato Rinnovazione.

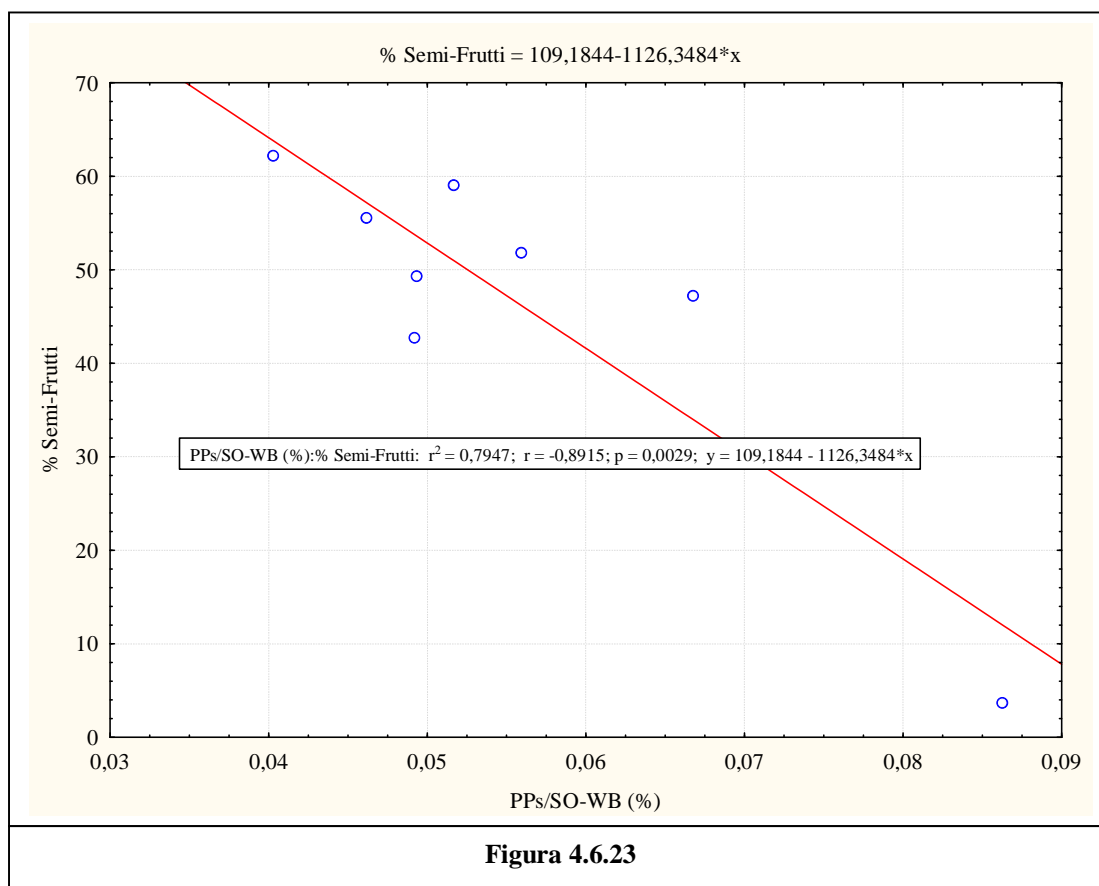
Riepilogo Regressione Variabile Dipendente:						
R= 0,905 R <sup>2</sup> = 0,820 R <sup>2</sup> Aggiustato= 0,790						
F(1,6)=27,365 p<0,002 Err.Standard di stima: 4,344						
	Beta	Err.Std.	B	Err.Std.	t(6)	p-level
Intercetta			143,442	9,720	14,758	0,00001
PPs (g/Kg)	-0,906	0,173	-368,133	70,373	-5,231	0,002



**Figura 4.6.22**

**Tabella 4.6.27** – Influenza della PPs/SO-WB (%) sul % di Semi-Frutti dello Strato Rinnovazione.

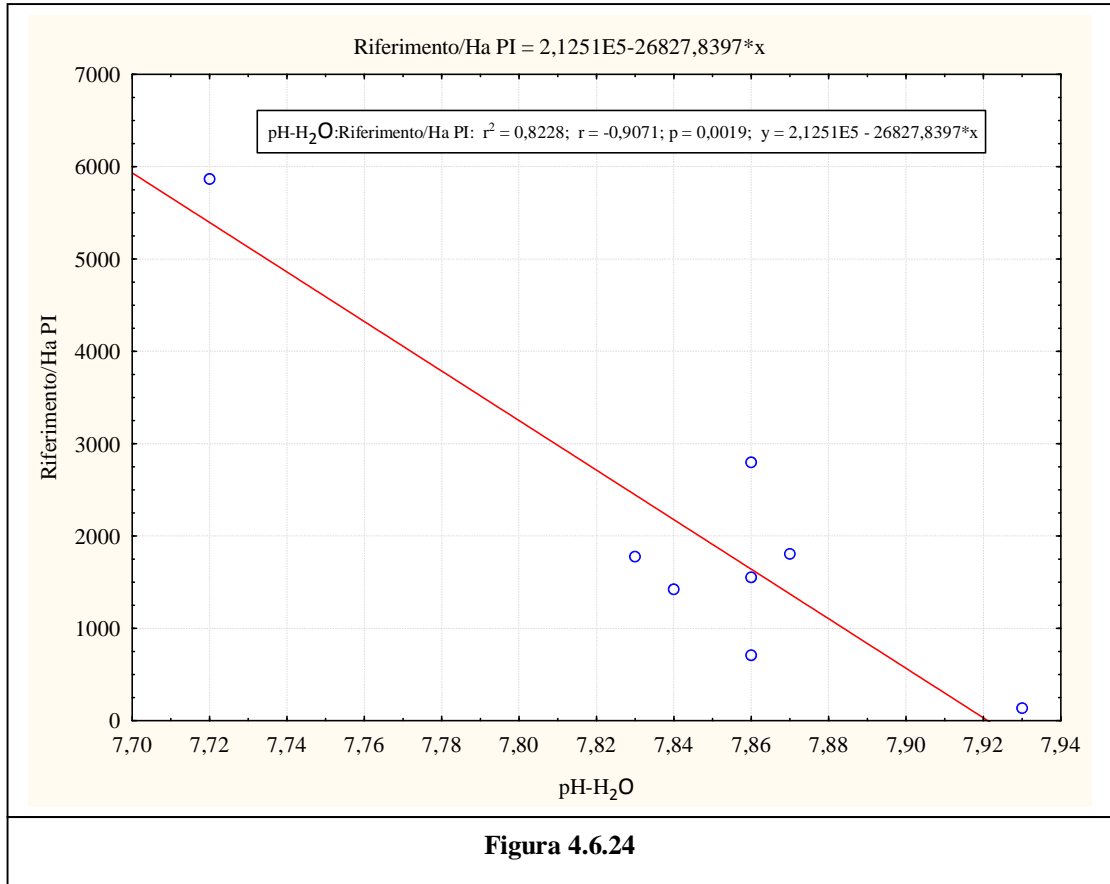
Riepilogo Regressione Variabile Dipendente:						
R= 0,891 R <sup>2</sup> = 0,794 R <sup>2</sup> Aggiustato= 0,760						
F(1,6)=23,225 p<0,003 Err.Standard di stima: 9,0036						
	Beta	Err.Std.	B	Err.Std.	t(6)	p-level
<b>Intercetta</b>			109,180	13,400	8,148	<b>0,0002</b>
<b>PPs/SO-WB (%)</b>	-0,891	0,185	-1126,350	233,720	-4,819	<b>0,003</b>



**Figura 4.6.23**

**Tabella 4.6.28** – Influenza della pH-H<sub>2</sub>O sul Riferimento/Ha PI rinnovazione dello Strato Rinnovazione.

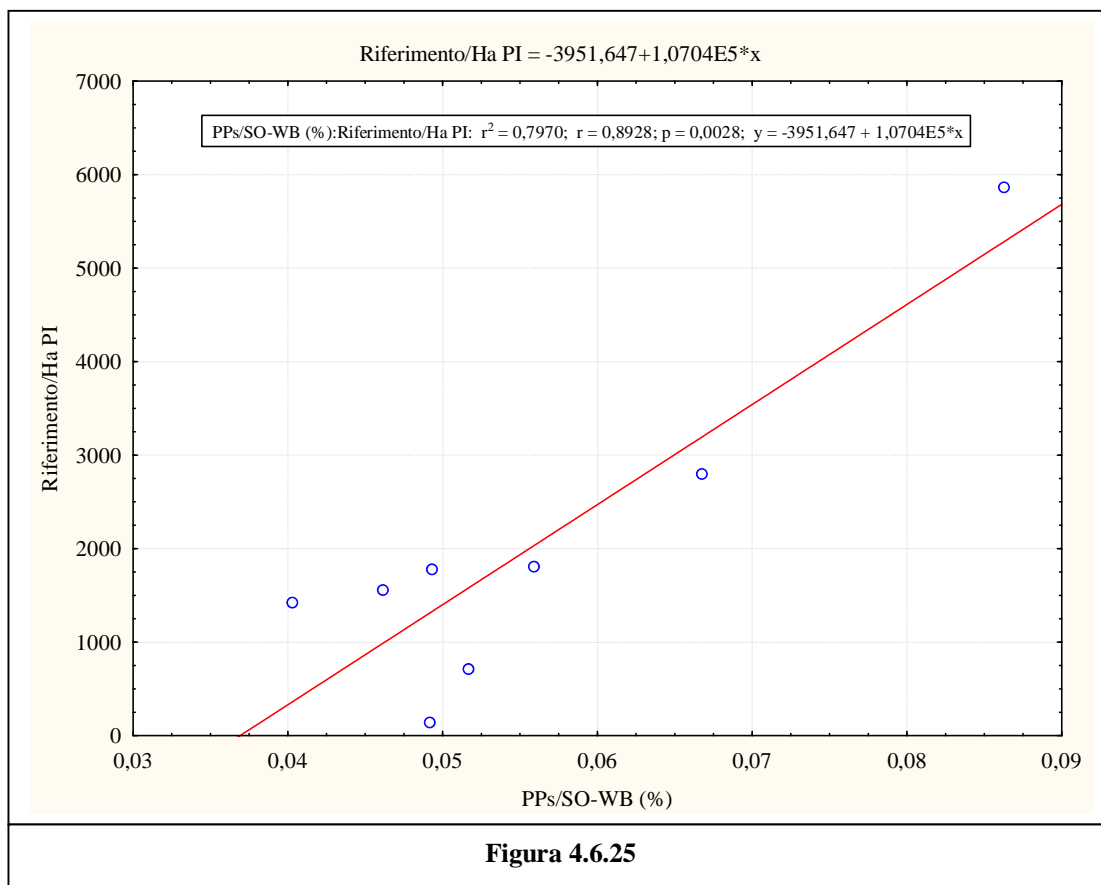
Riepilogo Regressione Variabile Dipendente:						
R= 0,907 R <sup>2</sup> = 0,822 R <sup>2</sup> Aggiustato= 0,793						
F(1,6)=27,851 p<0,002 Err.Standard di stima: 793,87						
	Beta	Err.Std.	B	Err.Std.	t(6)	p-level
<b>Intercetta</b>			212507,700	39887,710	5,328	0,002
<b>pH-H<sub>2</sub>O</b>	-0,907	0,172	-26827,800	5083,540	-5,277	0,002





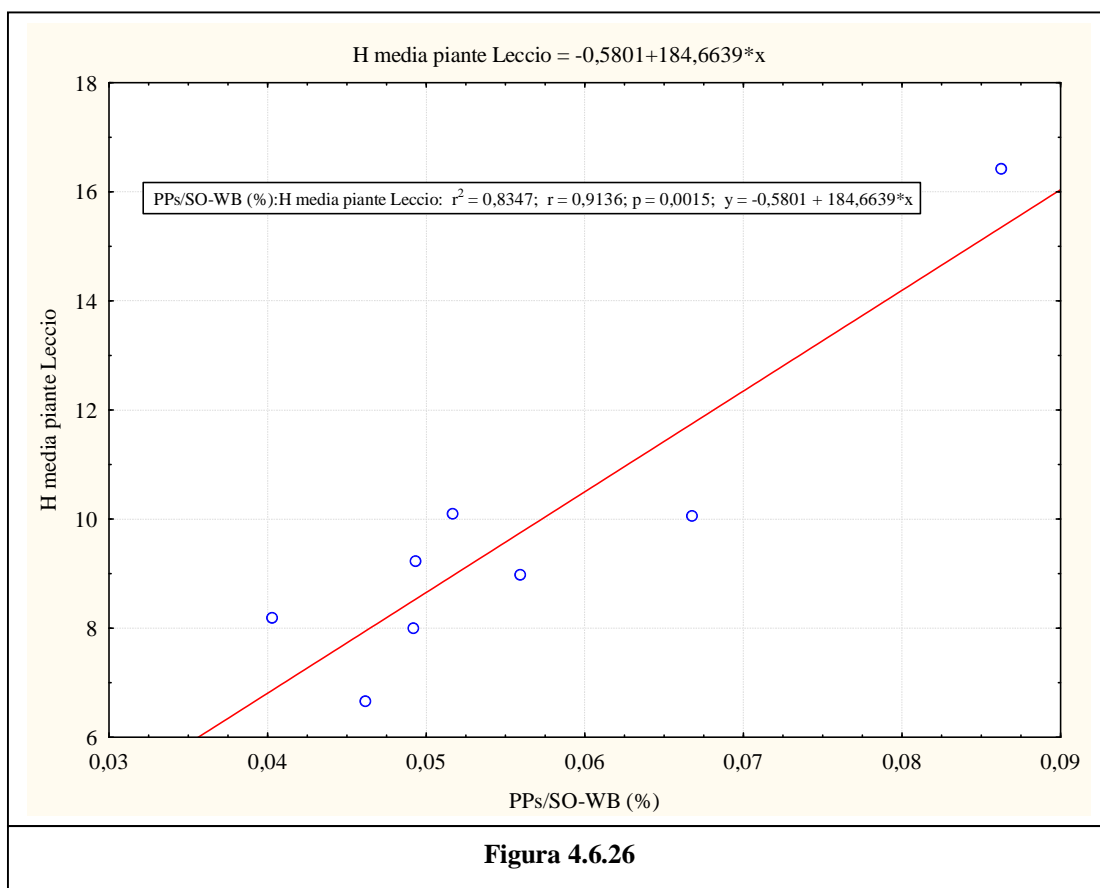
**Tabella 4.6.29** – Influenza della PPs/SO-WB (%) sul Riferimento/Ha PI rinnovazione dello Strato Rinnovazione.

Riepilogo Regressione Variabile Dipendente:						
R= 0,892 R <sup>2</sup> = 0,797 R <sup>2</sup> Aggiustato= 0,763						
F(1,6)=23,558 p<0,003 Err.Standard di stima: 849,56						
	Beta	Err.Std.	B	Err.Std.	t(6)	p-level
<b>Intercetta</b>			-3951,600	1264,410	-3,125	<b>0,020</b>
<b>PPs/SO-WB (%)</b>	0,893	0,184	107039,500	22053,280	4,854	<b>0,003</b>



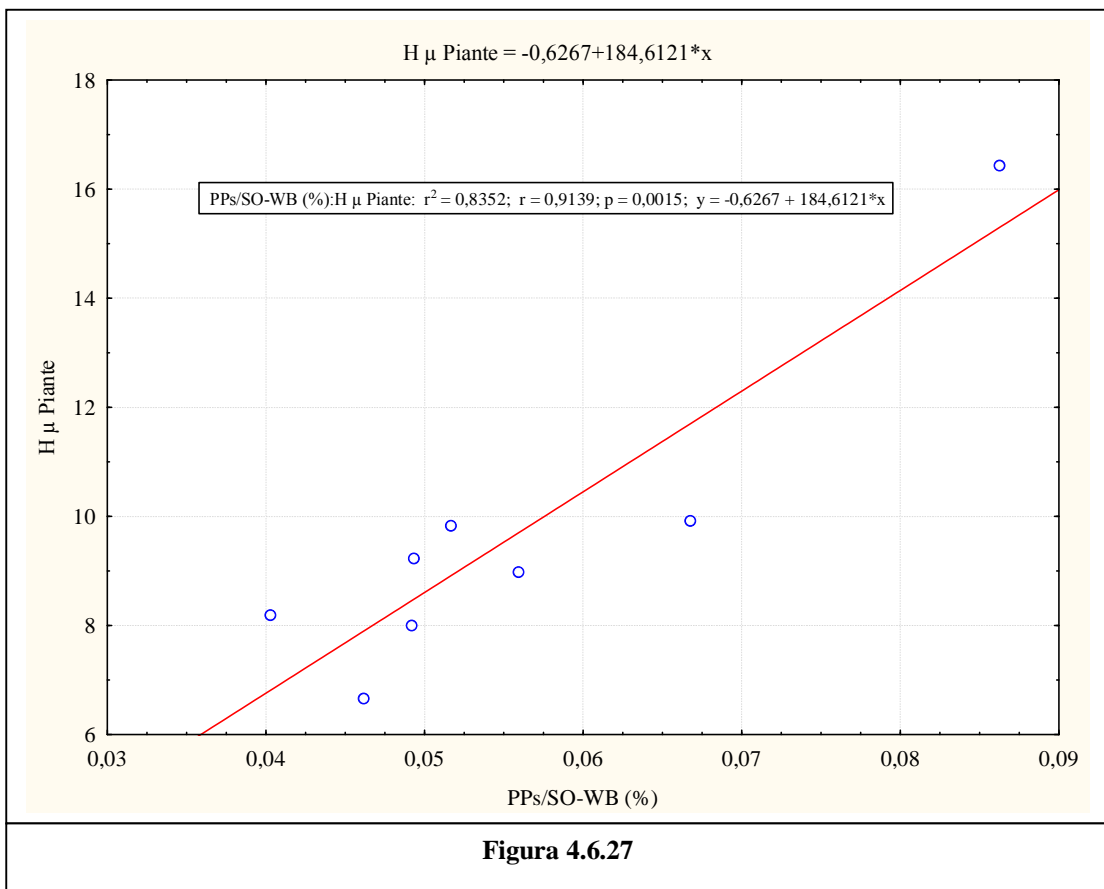
**Tabella 4.6.30** – Influenza del PPs/SO-WB (%) sull'Altezza media delle Piante di Leccio (H) dello Strato Rinnovazione.

Riepilogo Regressione Variabile Dipendente:						
R= 0,913 R <sup>2</sup> = 0,834 R <sup>2</sup> Aggiustato= 0,807						
F(1,6)=30,301 p<0,002 Err.Standard di stima: 1,292						
	Beta	Err.Std.	B	Err.Std.	t(6)	p-level
<b>Intercetta</b>			-0,580	1,923	-0,302	0,773
<b>PPs/SO-WB (%)</b>	0,914	0,166	184,664	33,547	5,505	<b>0,002</b>



**Tabella 4.6.31** – Influenza della PPs/SO-WB (%) sull'Altezza media delle Piante ( $H \mu$ ) dello Strato Rinnovazione.

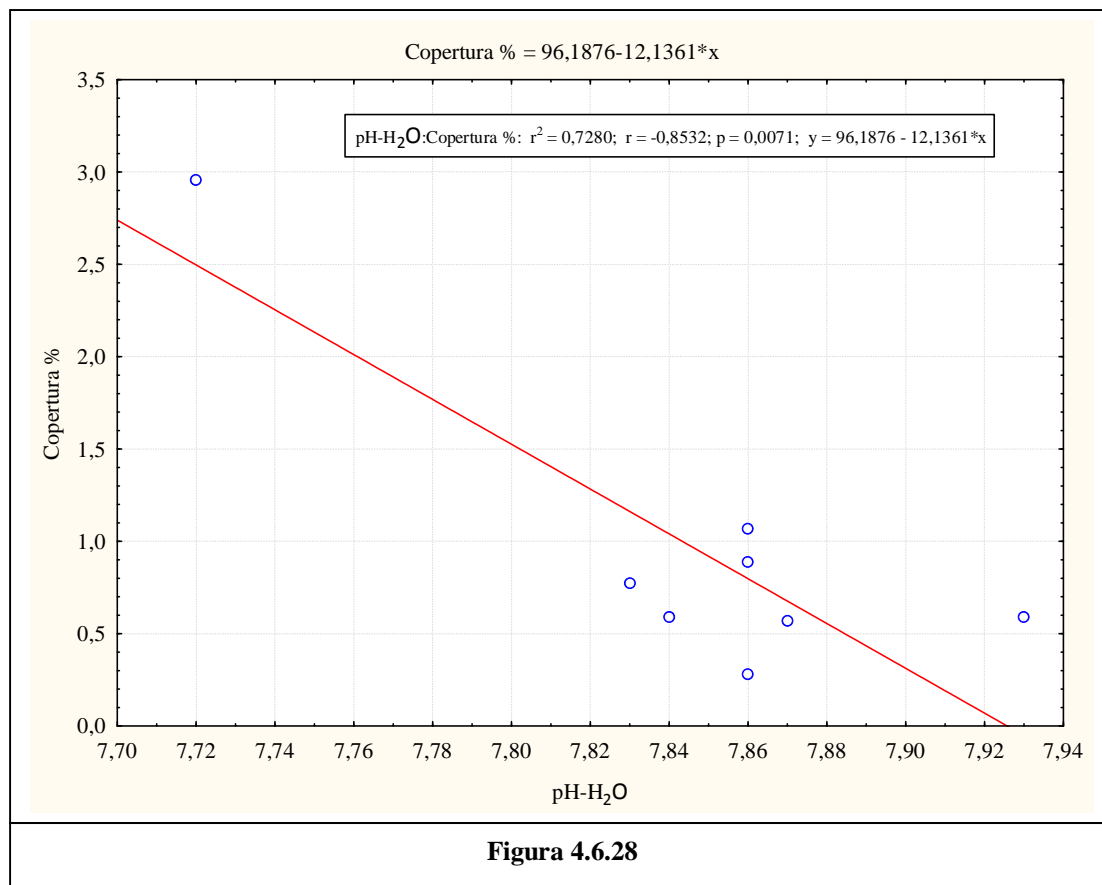
Riepilogo Regressione Variabile Dipendente:						
R= 0,913 R <sup>2</sup> = 0,835R <sup>2</sup> Aggiustato= 0,807						
F(1,6)=30,404 p<0,001 Err.Standard di stima: 1,289						
	Beta	Err.Std.	B	Err.Std.	t(6)	p-level
Intercetta			-0,627	1,920	-0,326	0,755
PPs/SO-WB (%)	0,914	0,166	184,612	33,481	5,514	0,001



**Figura 4.6.27**

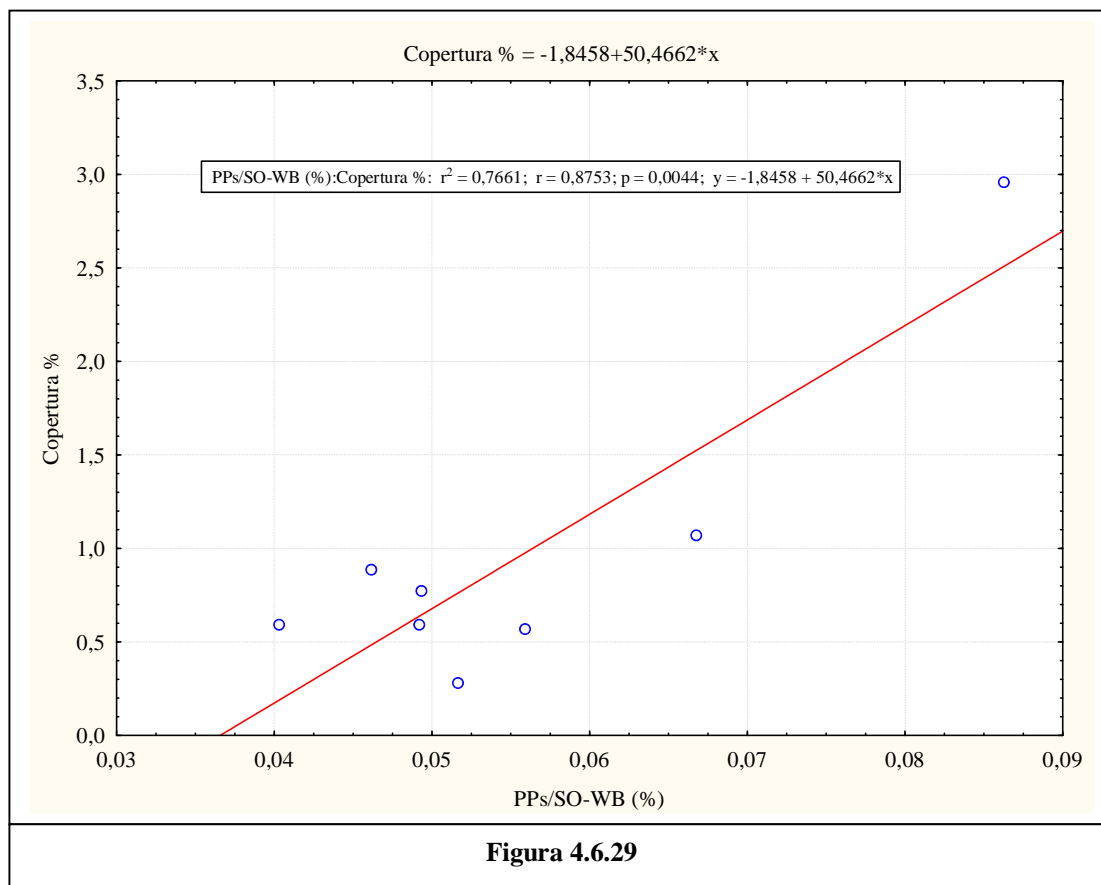
**Tabella 4.6.32** – Influenza del pH-H<sub>2</sub>O sulla Copertura % dello Strato Rinnovazione.

Riepilogo Regressione Variabile Dipendente:						
R= 0,853 R <sup>2</sup> = 0,728 R <sup>2</sup> Aggiustato= 0,682						
F(1,6)=16,062 p<0,007 Err.Standard di stima: 0,472						
	Beta	Err.Std.	B	Err.Std.	t(6)	p-level
Intercetta			96,188	23,761	4,048	0,007
pH-H <sub>2</sub> O	-0,853	0,213	-12,136	3,028	-4,008	0,007



**Tabella 4.6.33** – Influenza del PPs/SO-WB (%) sulla Copertura % dello Strato Rinnovazione.

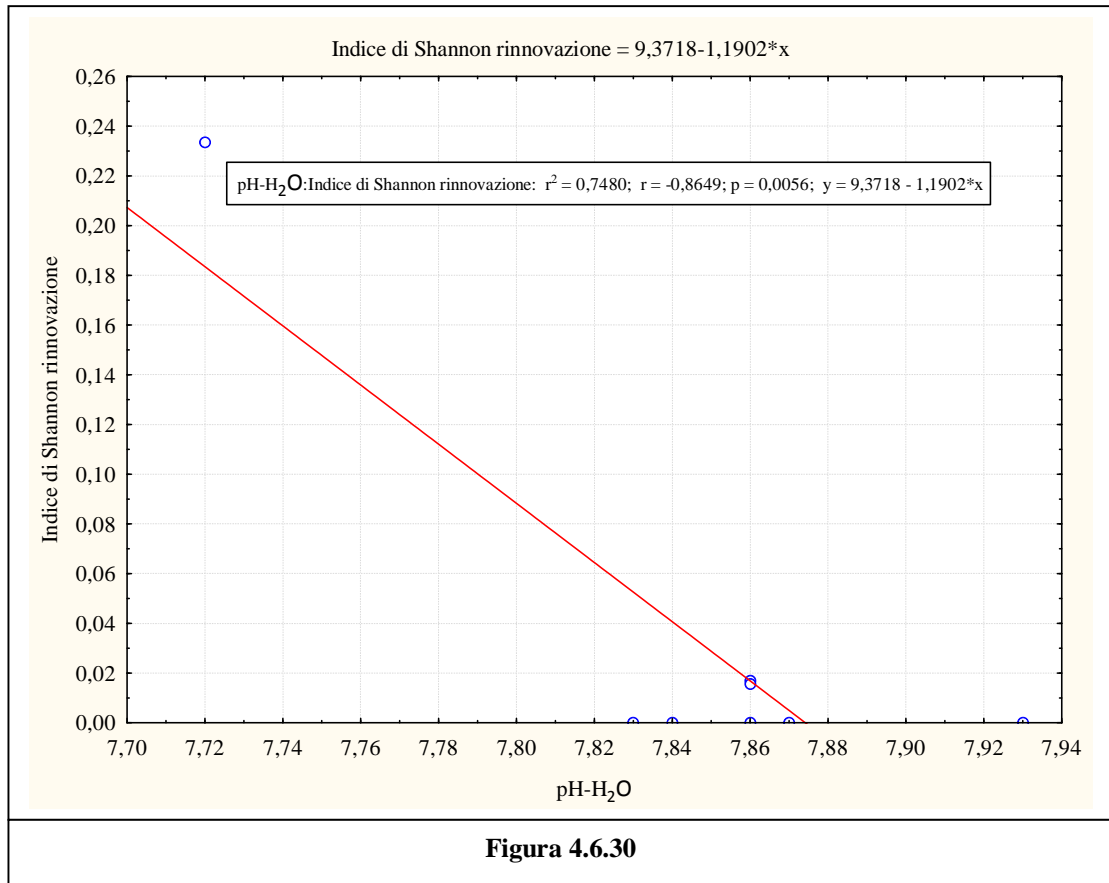
Riepilogo Regressione Variabile Dipendente:						
R= 0,875 R <sup>2</sup> = 0,766 R <sup>2</sup> Aggiustato= 0,727						
F(1,6)=19,650 p<0,00441 Err.Standard di stima: 0,43857						
	Beta	Err.Std.	B	Err.Std.	t(6)	p-level
<b>Intercetta</b>			-1,846	0,653	-2,828	<b>0,030</b>
<b>PPs/SO-WB (%)</b>	0,875	0,197	50,466	11,385	4,433	<b>0,004</b>



**Figura 4.6.29**

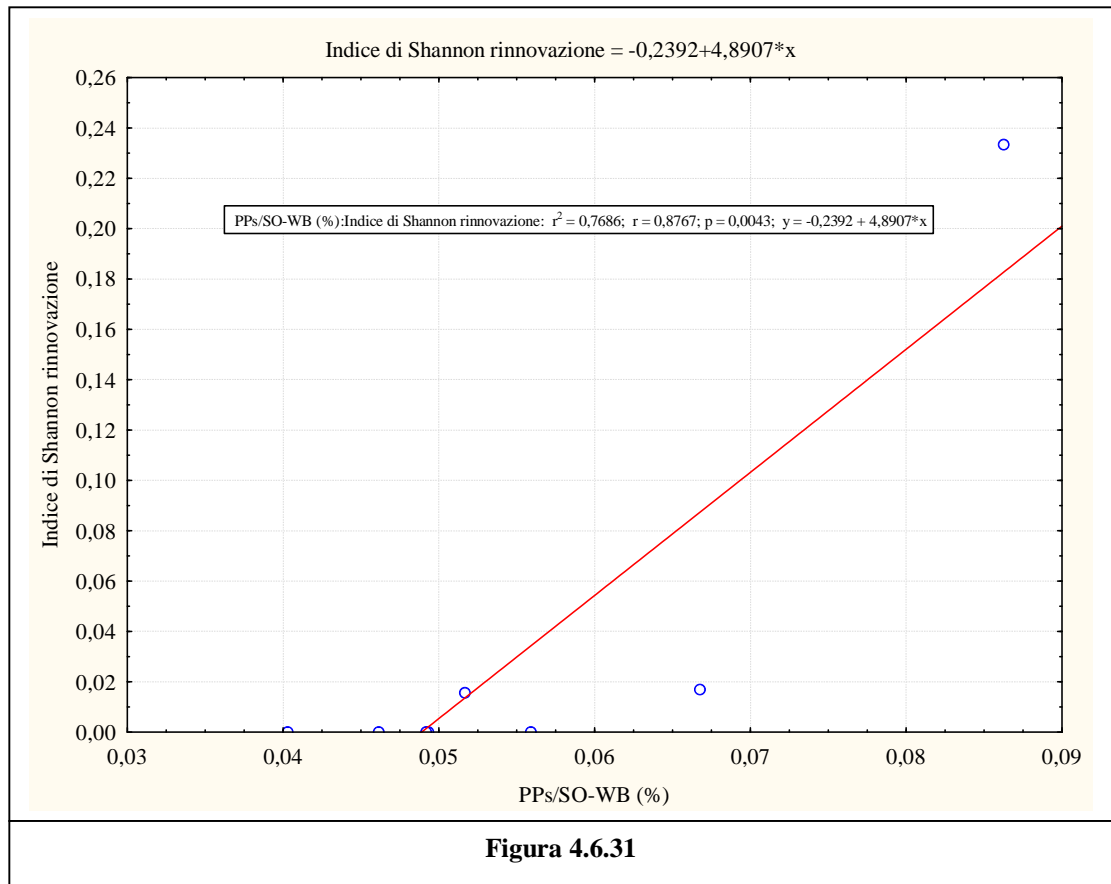
**Tabella 4.6.34** – Influenza del pH-H<sub>2</sub>O sull'Indice di Shannon dello Strato Rinnovazione.

Riepilogo Regressione Variabile Dipendente:						
R= 0,864 R <sup>2</sup> = 0,748 R <sup>2</sup> Aggiustato= 0,706						
F(1,6)=17,811 p<0,006 Err.Standard di stima: 0,044						
	Beta	Err.Std.	B	Err.Std.	t(6)	p-level
<b>Intercetta</b>			9,372	2,213	4,235	0,005
<b>pH-H<sub>2</sub>O</b>	-0,865	0,205	-1,190	0,282	-4,220	0,006



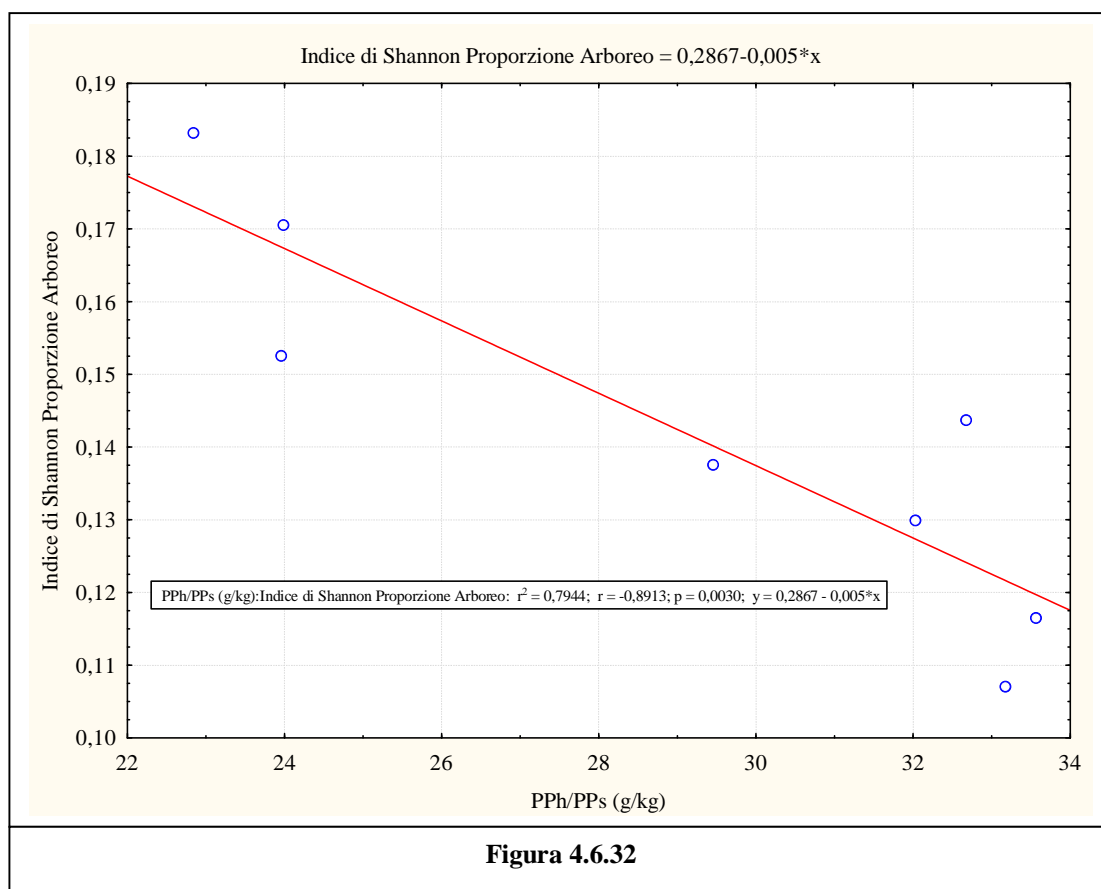
**Tabella 4.6.35** – Influenza del PPs/SO-WB (%) sull'Indice di Shannon dello Strato Rinnovazione.

Riepilogo Regressione Variabile Dipendente:						
R= 0,876 R <sup>2</sup> = 0,768 R <sup>2</sup> Aggiustato= 0,730						
F(1,6)=19,927 p<0,004 Err.Standard di stima: 0,042						
	Beta	Err.Std.	B	Err.Std.	t(6)	p-level
<b>Intercetta</b>			-0,239	0,063	-3,807	<b>0,009</b>
<b>PPs/SO-WB (%)</b>	0,877	0,196	4,891	1,096	4,464	<b>0,004</b>



**Tabella 4.6.36** – Influenza del PPh/PPs (g/kg) sull'Indice di Shannon Proporzioe Arboreo nello Strato Vegetale Totale.

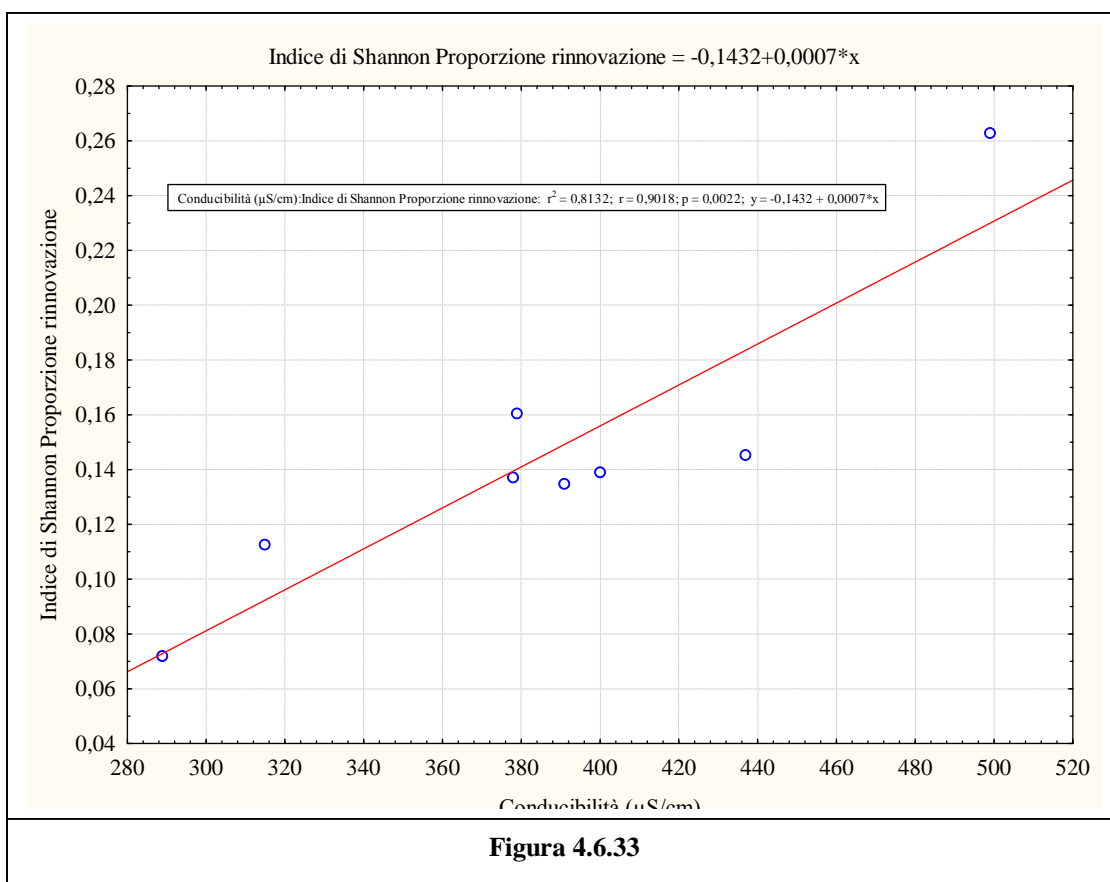
Riepilogo Regressione Variabile Dipendente:						
R= 0,891 R <sup>2</sup> = 0,794 R <sup>2</sup> Aggiustato= 0,760						
F(1,6)=23,188 p<0,003 Err.Standard di stima: 0,012						
	Beta	Err.Std.	B	Err.Std.	t(6)	p-level
<b>Intercetta</b>			0,287	0,030	9,476	<b>0,0001</b>
<b>PPh/PPs (g/kg)</b>	-0,891	0,185	-0,005	0,001	-4,815	<b>0,003</b>





**Tabella 4.6.37** – Influenza della Conducibilità ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) sull'Indice di Shannon Proporzioe rinnovazione nello Strato Vegetale Totale.

Riepilogo Regressione Variabile Dipendente:						
R= 0,901 R <sup>2</sup> = 0,813 R <sup>2</sup> Aggiustato= 0,782						
F(1,6)=26,115 p<0,002 Err.Standard di stima: 0,025						
	Beta	Err.Std.	B	Err.Std.	t(6)	p-level
<b>Intercetta</b>			-0,143	0,057	-2,503	0,046
<b>Conducibilità (<math>\mu\text{S}/\text{cm}</math>)</b>	0,902	0,176	0,001	0,000	5,110	0,002



**Tabella 4.6.38** – Correlazioni Altezza media – fattore chimico della S.O (in rosso le correlazioni negative).

R	Parametro Chimico	Parametro Vegetale specifico	Strato vegetale
0,85	HF	H media strato arboreo	Arboreo
<b>-0,94</b>	<b>C/N</b>	<b>H media sp.4</b>	Arbustivo
0,896	PPtot/S.O.	H media sp.4	
0,89	PPh/S.O.	H media sp.4	
<b>-0,998</b>	<b>pH-H<sub>2</sub>O</b>	<b>H media sp.8</b>	
0,913	PPs/S.O.	H media PI Leccio	Rinnovazione
0,913	PPs/S.O.	H media PI	

**Tabella 4.6.39** – Correlazioni Copertura % – fattore chimico della S.O. (in rosso le correlazioni negative).

R	Parametro Chimico	Parametro Vegetale specifico	Strato vegetale
0,925	PPs	Copertura % Strato	Arbustivo
<b>-0,853</b>	<b>pH-H<sub>2</sub>O</b>	<b>Copertura % Strato</b>	Rinnovazione
0,875	PPs/S.O.	Copertura % Strato	

**Tabella 4.6.40** – Correlazioni Densità – fattore chimico della S.O. (in rosso le correlazioni negative).

R	Parametro Chimico	Parametro Vegetale specifico	Strato vegetale
<b>-0,879</b>	<b>S.O.%</b>	<b>N° individui Sp. 23</b>	Erbaceo
0,873	PPs/S.O.	N° individui Sp. 23	
<b>-0,853</b>	<b>pH-H<sub>2</sub>O</b>	<b>N° tot individui</b>	Rinnovazione
0,875	PPs/S.O.	N° tot individui	
<b>-0,899</b>	<b>pH-H<sub>2</sub>O</b>	<b>N° Piante Leccio</b>	
0,89	PPs/S.O.	N° Piante Leccio	
<b>-0,917</b>	<b>pH-H<sub>2</sub>O</b>	<b>PI</b>	
0,899	PPs/S.O.	PI	
<b>-0,999</b>	<b>HA</b>	<b>PO</b>	
<b>-0,998</b>	<b>S.O.%</b>	<b>PO</b>	
<b>-0,905</b>	<b>PPs</b>	<b>% Leccio</b>	
<b>-0,891</b>	<b>PPs/S.O.</b>	<b>% Frutti</b>	
<b>-0,907</b>	<b>pH-H<sub>2</sub>O</b>	<b>Rif./PI</b>	
0,892	PPs/S.O.	Rif./PI	

**Tabella 4.6.41** – Correlazioni Diversità Biologica – fattore chimico della S.O. (in rosso le correlazioni negative).

<b>R</b>	<b>Parametro Chimico</b>	<b>Parametro Vegetale specifico</b>	<b>Strato vegetale</b>
0,864	pH-H <sub>2</sub> O	N° Specie	Erbaceo
0,946	PPs	N° Specie	Rinnovazione
0,881	PPtot/S.O.	N° Specie	
0,884	PPs/S.O.	N° Specie	
0,868	PPh/S.O.	N° Specie	
<b>-0,864</b>	<b>pH-H<sub>2</sub>O</b>	<b>Indice di Shannon Rinnovazione</b>	
0,876	PPs/S.O.	Indice di Shannon Rinnovazione	Tutti gli strati
0,891	<b>PPh/PPs</b>	Indice di Shannon Strato Arboreo	
<b>-0,901</b>	<b>Conducibilità</b>	<b>Indice di Shannon Rinnovazione</b>	

## **CAPITOLO 5**

### **CONCLUSIONI**

Sulla base delle analisi realizzate a scala di bacino e in seguito sulla vegetazione e sui suoli delle parcelle sperimentali, in quest'ultimo caso sulla principale forma di copertura vegetale in termini di superficie coperta, i boschi di leccio, è possibile poter considerare che in relazione alla determinazione di alcuni indici di degrado, sono varie le informazioni che con diverso ordine e grado sono state riscontrate nel caso in analisi.

L'applicazione del modello Corine ha permesso di conoscere, a scala di bacino idrografico, una serie di informazioni interessanti, in particolar modo il legame esistente fra le tipologie di vegetazione forestale e la relativa copertura vegetale e la scala di valori del Pericolo attuale di erosione riscontrato nel caso in analisi. I valori di scala, di tipo qualitativo sono stati utili alla "zonizzazione" del territorio in relazione ad un plausibile grado di erosione, talaltro riscontrato in situ, e dovuto sia al maggior grado di pendenza, sia anche al minore grado di copertura vegetale, riscontrato sia negli strati arborei, sia in quelli arbustivi quanto in quelli erbacei.

Si conferma quindi il legame esistente tra grado di copertura vegetale e grado di erosione idrica (Bazzoffi, 2007).

Se nel bacino idrografico la formazione vegetale più rappresentata, i boschi di leccio, talaltro quella che dal punto di vista ecologico rappresenta il Climax o equilibrio, e dove sono sicuramente sono più evidenti i legami tra maggior copertura e minor grado di erosione, non devono essere trascurate le formazioni vegetali di transizione, in particolar modo le macchie mediterranee in evoluzione o evolute avente carattere preforestale, così come quelle di tipo termoxerofilo. Le macchie svolgono un ruolo non solo dal punto di vista ecologico in relazione alla loro possibile evoluzione/involuzione, ma anche dal punto di vista della difesa e della conservazione del suolo. Non è, infatti, difficile riscontrare sotto una fitta macchia mediterranea la presenza di elevati contenuti di S.O. appartenente all'orizzonte Oa e utili quali importante serbatoio nutritivo per la flora e la fauna terricola così come delle piante superiori ma anche in relazione alla difesa dall'erosione idrica.

La fase ecologica di una determinata formazione vegetale può certamente cambiare in relazione alla presenza/assenza di fenomeni perturbativi (pascolo, incendio, tagli della copertura), ma dal punto di vista transitorio, a scala di bacino, i dati emersi dall'applicazione del modello Corine, hanno evidenziato come anche per le formazioni a macchia mediterranea è ancora la copertura il fattore di riferimento principale in relazione alla conservazione dei caratteri del suolo.

Perciò considerando i possibili indirizzi conservativi e le possibili tecniche di miglioramento d'uso del suolo, certamente non si devono trascurare le caratteristiche del grado e del tipo della copertura, ponendo come principale linea di indirizzo, la salvaguardia e l'incremento della stessa.

Con azioni rivolte al fattivo aumento della copertura vegetale, è possibile poter migliorare direttamente e indirettamente anche i fattori che portano al miglioramento delle condizioni pedologiche e in particolar modo della S.O. del suolo. Quanto detto è ancora più valido considerando come nell'applicazione del modello Corine, per ragioni pratiche ed economiche del rilievo di campo, è presente un limite intrinseco

ma accettabile e costituito dalla mancata considerazione del quantitativo di S.O. presente nei suoli. La S.O., con vari modi e gradi, qualitativi e quantitativi, permette un importante e imprescindibile ruolo non solo nella vita del suolo, ma anche e soprattutto per i vegetali, garantendo tra le varie funzioni anche la conservazione del suolo, riducendo il grado di erosione (Bazzoffi, 2007; Sequi, 1989).

Pur con i dovuti limiti, il modello Corine, ha rivelato un uso accettabile a una scala di maggior dettaglio rispetto a quella per il quale è stato originariamente costruito e utilizzato.

Se nell'analisi di bacino si è riconosciuto l'importante ruolo svolto dalla copertura, quale parametro di prima difesa delle condizioni di conservazione dei suoli in analisi, la S.O. dei suoli è certamente l'altro fattore rilevante nei rapporti suolo-vegetazione, primo fra tutti la relazione che esiste tra il mondo minerale del suolo e la stessa vegetazione. Esiste una copiosa bibliografia che dimostra l'importanza della S.O. nel suolo sia negli aspetti pedogenetici sia negli aspetti di miglioramento delle condizioni chimiche, fisiche e biologiche del suolo.

Nel presente studio abbiamo concentrato i rilievi volti a ricercare i rapporti S.O.-vegetazione nell'ambito dello studio delle parcelle sperimentali, laddove per ragioni pratiche ed economiche è stato effettivamente possibile poter rilevare e analizzare le caratteristiche della S.O.. La scala di dettaglio in modo particolare, ha fornito una serie di informazioni di varia natura relativamente alla struttura della formazione (climax) Boschi di Leccio, l'entità della copertura del suolo e il suo effettivo ruolo nell'affermazione della rinnovazione forestale e della vegetazione erbacea.

Se il ruolo della copertura vegetale è risultato evidente a scala di bacino ai fini conservativi e di difesa del suolo, nelle parcelle sperimentali è risultato meno importante dal punto di vista ecologico, rispetto alla componente in rinnovazione (ecologia del leccio) e per gli strati vegetali dominati (erbaceo e arbustivo), confermando quindi i dati della bibliografia (Bernetti, 1995), mentre svolge un'imprescindibile azione di protezione del suolo dagli agenti erosivi idrici.

La rinnovazione forestale è limitata in quantità per motivazioni non legate alla struttura vegetale ma da altre cause, e costituisce il vero problema indiretto di difesa e conservazione del suolo della zona. I possibili futuri interventi gestionali, di ordine selvicolturale e zootecnico, devono essere indirizzati, e tali conclusioni erano auspicabili dal punto di vista qualitativo anche all'inizio dello studio in analisi, soprattutto alla conservazione, con la preservazione e l'agevolazione alla crescita della rinnovazione forestale (Fustaia vs Ceduo in abbandono culturale).

La scala di dettaglio ha inoltre permesso di definire alcune interessanti relazioni di tipo spaziale, comunque da consolidare con successive indagini, dato il vuoto esistente nell'attuale bibliografia, tra alcuni parametri della vegetazione, indagati per singolo strato vegetale, e alcune grandezze relative alla S.O. dell'orizzonte Oa.

In modo particolare sono emerse relazioni di carattere generale, aventi elevato grado di correlazione e significatività statistica ( $p\text{-level} \leq 0,05$ ) tra i parametri altezza media, copertura media, densità e diversità biologica e alcuni parametri della S.O.. In particolar modo il pH ha mostrato correlazioni negative, mentre le componenti polifenoliche al contrario correlazioni di ordine positivo e che abbiamo ipotizzato essere legati a fattori di carattere nutrizionale vegetale.

Infine, procedendo dallo strato arboreo a quello arbustivo, all'erbaceo fino alla rinnovazione forestale, e considerando solo le correlazioni aventi il grado maggiore ( $R \geq 0,85$ ), abbiamo verificato come è elevato il

numero delle correlazioni esistenti tra i fattori chimici e quelli vegetali, mentre è basso il numero dei fattori chimici di carattere generale a fronte di quelli relativi alle sostanze polifenoliche.

Sicuramente l'importanza della S.O. nei rapporti suolo-vegetazione è rilevante, anche in relazione alla frontiera dei nuovi studi relativi all'immagazzinamento nel suolo del carbonio organico, e sulla cui sempre più grande rilevanza si dibatte a livello mondiale relativamente all'abbattimento dei contenuti di CO<sub>2</sub> nell'atmosfera (Giordano, 2005).

I suoli forestali, nella maggior parte dei casi, presentano un notevole accumulo di carbonio contenuto nella lettiera, nell'humus e nelle radici. L'humus in particolare contiene un alto tasso di polifenoli (lignina e tannino) che fanno diminuire il tasso di decomposizione, soprattutto se l'humus in questione ha un rapporto C/N elevato, come, in effetti, verificato nel caso in analisi (Giordano, 2005).

Certamente la preservazione delle caratteristiche dei soprassuoli in analisi, passa per un'efficiente conservazione e perpetuazione della copertura vegetale e il mantenimento di elevati livelli di S.O. nel suolo consentono anche di immagazzinare elevati quantitativi di carbonio organico valutati in un rapporto di 4:1 S.O. vs Vegetazione forestale. Si evince ancora di più il ruolo importante e rilevante svolto dalla S.O. anche in funzione dell'abbattimento delle sostanze nocive presenti nell'atmosfera.

Una delle ipotesi iniziali del presente studio era quella relativa al disturbo dei suoli e della vegetazione a carico della componente zootecnica. L'incidenza del pascolo, e in particolar modo quello di tipo caprino, sulla vegetazione, specialmente su quella di tipo erbaceo e sulla rinnovazione è stata verificata ed è risultata di tipo variabile.

Sulla base di un'analisi di tipo visiva sui suoli e sulla vegetazione, l'influenza zootecnica ha mostrato carattere ciclico relativamente al fattore spazio e comunque limitata alle sole piante erbacee e di rinnovazione con schemi assolutamente random.

L'incidenza del pascolo sulla vegetazione e sulla S.O. del suolo pare quantomeno aleatoria considerando il numero degli individui pascolanti, le superfici interessate (circa 1.500 e distribuiti su circa 3.400 ha con una bassa densità inferiore a 0,5 capi/ha). Per questo motivo tale analisi deve essere confermata da successivi studi avente portata temporale almeno quinquennale. Nel caso in analisi l'eccesso del pascolo su determinate aree pare mostrare carattere ciclico, dato che la principale risposta è costituita dalla rinnovazione forestale avente età variabile da 1 a 5 anni mentre le fasi intermedie tra novelleto e fustaia matura sono totalmente assenti.

Gli effetti di un carico animale e antropico eccessivo devono essere comunque attentamente analizzati, ad esempio considerando la valutazione della stabilità della struttura del suolo (Bazzoffi, 2007).

Dal punto di vista dei possibili indirizzi conservativi, quindi di preservazione dei caratteri del suolo e della S.O., la periodica sospensione del pascolo potrebbe certamente comportare un apprezzabile miglioramento in densità e accrescimento dei semenzali della componente forestale. L'azione di sospensione del pascolo, anche temporanea, deve tuttavia necessariamente tenere conto del contesto sociale ed economico, che in certi casi risulta improponibile, come già verificato in studi simili (Bianchi et al, 2011).

Per questo motivo, le azioni di maggior efficacia paiono la riduzione e la regolamentazione del carico quali misure indispensabili ai fini del perseguimento della perpetuazione dei soprassuoli in analisi.

Il livello di senescenza attualmente presente nel contesto di Cala Gonone, limitando l'analisi ai soli Boschi di Leccio, mediamente non è elevato, ma considerando la ridotta presenza della rinnovazione, accompagnata nei decenni futuri da un maggior grado di senilità con la progressiva mortalità, potrebbero comportare una diminuzione della copertura delle chiome, accompagnate da una costante diminuzione nella produzione di ghiande aventi adeguato grado di fertilità.

Sono certamente auspicabili anche altre tecniche di intervento, come l'integrazione della rinnovazione naturale con la piantagione di semenzali; nel caso della macchia potrebbero essere tentate la semina all'interno di arbusti di dimensioni adeguate, e infine, ma tale tecnica pare la meno applicabile dal punto di vista sociale, recinzioni in prossimità dei nuclei di rinnovazione naturali e/o artificiali.

La conservazione di questi ambienti è necessaria e possibile, ma non deve prescindere dalla sensibilità degli amministratori locali che porti alla razionalizzazione delle attività di utilizzo del bosco e delle risorse a esso connesse.

Da questo punto di vista è fondamentale il coinvolgimento partecipativo degli allevatori, compensando la minore resa dell'allevamento, dovuta alla sottrazione delle aree in rinnovazione forestale e associando la maggiore remuneratività dei prodotti zootecnici combinata alla valorizzazione turistica sostenibile, che con un grado elevato di facilità potrebbe diventare trasformarsi fattivamente in strumento di reddito.

L'insieme delle caratteristiche rilevate nel bacino idrografico di Cala Gonone rende sia i boschi di leccio sia la macchia mediterranea un sistema modello molto interessante in cui studiare le relazioni tra gli orizzonti organici del suolo, i processi di decomposizione e le relazioni con gli accrescimenti vegetali e i loro fattori di disturbo.

Certamente sono necessari altri studi per meglio comprendere quali siano i meccanismi di base relativi ai diversi effetti osservati anche per ampliare le conoscenze sull'effetto della diversità delle caratteristiche delle specie e dei suoli in ambiente mediterraneo.

**ALLEGATO:**

**“DETERMINAZIONE DELLA PERDITA DI SUOLO AD USO NATURALE  
NELL’ABITATO DI CALA GONONE (DORGALI) NEL PERIODO 1954-2006”**

**di**

**Salvatore Nieddu**



## **Introduzione**

L'espansione dei centri urbani rispetto al consumo di suolo e di soprassuolo a vocazione naturale o semi naturale, quindi di territori a prevalente carattere forestale, è un tema di grande ed attuale interesse, soprattutto in relazione alla sempre grande richiesta di spazi naturali ad uso ricreativo e turistico e naturalmente, non ultime, anche in relazione alle funzioni di natura più prettamente economica rispettivamente quali la produzione di legno, di prodotti secondari e la salvaguardia della funzione idrogeologica, la produzione di aria salubre ecc.

In Sardegna i centri urbani principali, tranne il caso dei Comuni di Nuoro e di Sassari, sono situati in zone costiere dove il territorio è a prevalente vocazione turistica.

L'espansione dei centri urbani è stata notevole nel periodo successivo al secondo dopoguerra e con la maggiore richiesta di servizi e funzioni ambientali, è cresciuta con notevole impulso l'attività edilizia a finalità turistico - residenziale soprattutto nell'ambito costiero.

## **Obiettivi**

Scopo del presente lavoro è stata la determinazione della perdita di suolo a carattere naturale in un ambito costiero della Sardegna Centro Orientale e, più precisamente, nella frazione marina di Cala Gonone, situata nel Comune di Dorgali, Sardegna centro orientale.

In particolare modo, il contesto naturale attualmente presente nelle zone periferiche di Cala Gonone, è sostanzialmente dominato dalla macchia mediterranea sia a carattere termo xerofilo e di degradazione con specie indice quali il Lentisco (*Pistacia Lentiscus* L.) e il Cisto (*Cistus* spp.) sia a carattere evoluto o preforestale con specie indice quali il Corbezzolo (*Arbutus unedo* L.), il Ginepro Fenicio (*Juniperus phoenicea* L.) e il Leccio (*Quercus ilex* L.) con tendenza alla formazione della Lecceta pura.

In questo contesto si è cercato di studiare l'entità dell'urbanizzazione dagli anni '50 in poi, verificando la conseguente perdita, a carattere sostanzialmente permanente, dei suoli e della conseguente vegetazione naturale in essi presente.

## **Metodologia**

La realizzazione di questo studio ha richiesto l'impiego di materiale fotogrammetrico relativo a diverse annate. In particolare modo, mediante l'uso di ortofoto relative agli anni 1954, 1977, 2000 e 2006 sono stati ricostruiti, con tecniche di foto interpretazione svolte in scala 1:2.500 e su idoneo supporto G.I.S., i poligoni relativi al centro abitato di Cala Gonone (Dorgali) evolutosi nelle relative annate.

In una fase successiva, è stata invece svolta in tutte le annate di studio, la foto interpretazione delle coperture vegetali perdute in seguito allo sviluppo edilizio e con particolare riferimento alla legenda utilizzata nell'ambito della realizzazione della cartografia del Piano Forestale Ambientale Regionale (P.F.A.R.) della Regione Autonoma della Sardegna (R.A.S., 2007) Tale legenda mostra carattere sia ecologico - descrittivo sia operativo gestionale.

Anche nel caso della vegetazione la foto interpretazione è stata svolta in scala 1:2.500

In questo modo è stato possibile poter verificare non solo la quantità delle superfici perse nel corso del periodo 1954-2006, ma anche i caratteri qualitativi delle diverse formazioni vegetali esistenti nelle diverse annate di studio.

## Risultati e discussione

### Sviluppo edilizio

Nel quadro di insieme della Fig. 1 sono raffigurati i risultati della foto interpretazione relativi ai centri abitati presenti rispettivamente nelle annate del 1954, 1977, 2000 e del 2006.

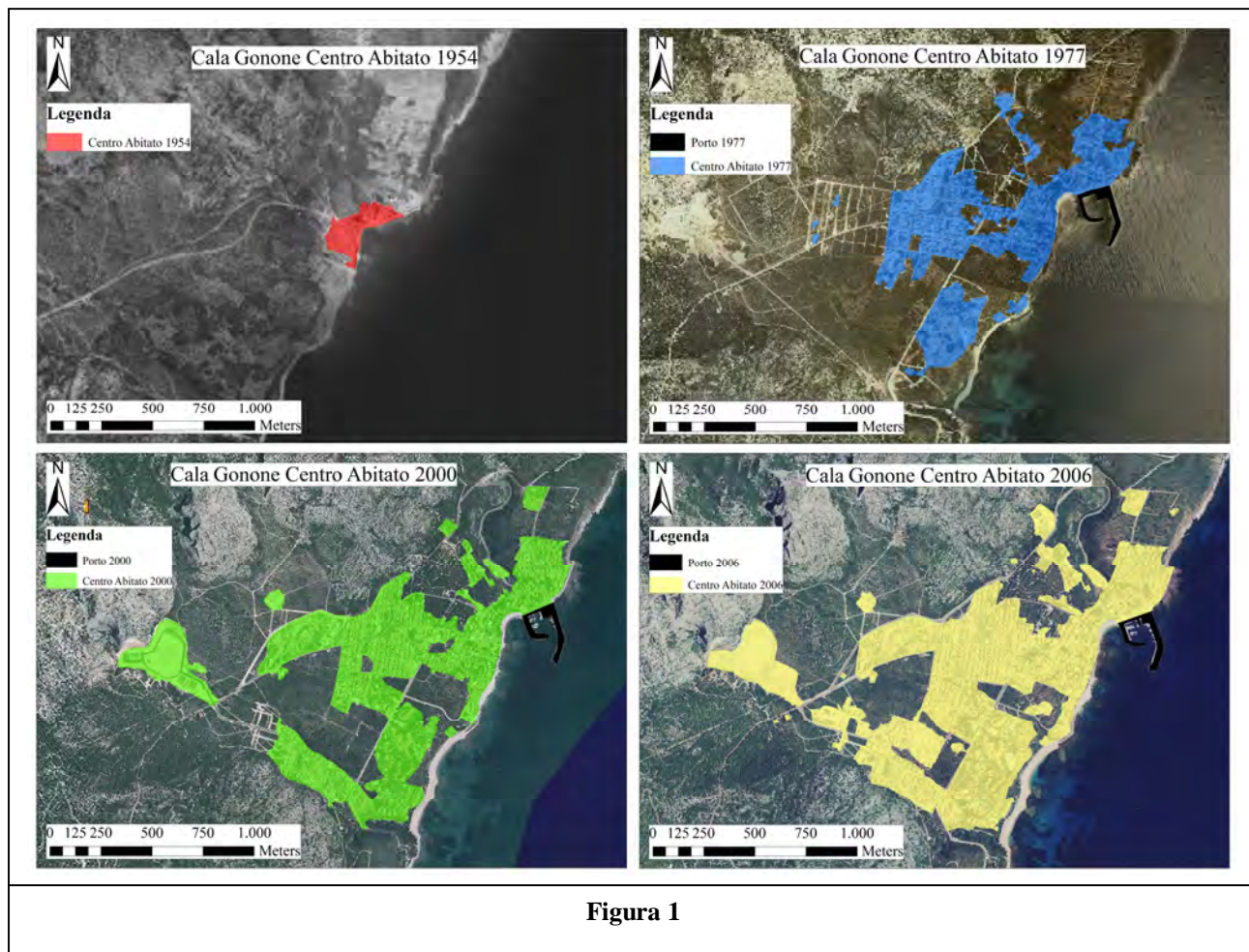


Figura 1

Lo sviluppo del centro urbano di Cala Gonone è partito dalla linea di costa in una posizione settentrionale (1954) e avente prevalente esposizione Sud-Est, per poi proseguire nelle annate successive, data la prevalente giacitura pianeggiante, in varie posizioni: centrale, occidentale e meridionale.

Lo sviluppo edilizio si è concentrato sia sulle formazioni geologiche carbonatiche sia su quelle a carattere basaltico.

Nell'ortofoto del 1977 compare la presenza dell'attuale porto turistico in sostituzione dei piccoli approdi utilizzati in precedenza, soprattutto precedentemente alla seconda guerra mondiale, per la spedizione via mare dei prodotti dell'entroterra quali legna da ardere, sughero ecc.

Nella Tab. 1 sono riportati i dati relativi alla superficie del centro abitato rilevata nelle diverse annate e alla conseguente perdita di suolo relativa alle superfici aventi carattere naturale o semi naturale. Nella Fig. 1 è invece rappresentato con un istogramma l'aumento della perdita di suolo o dell'attività edificatoria, rispetto alle diverse annate.

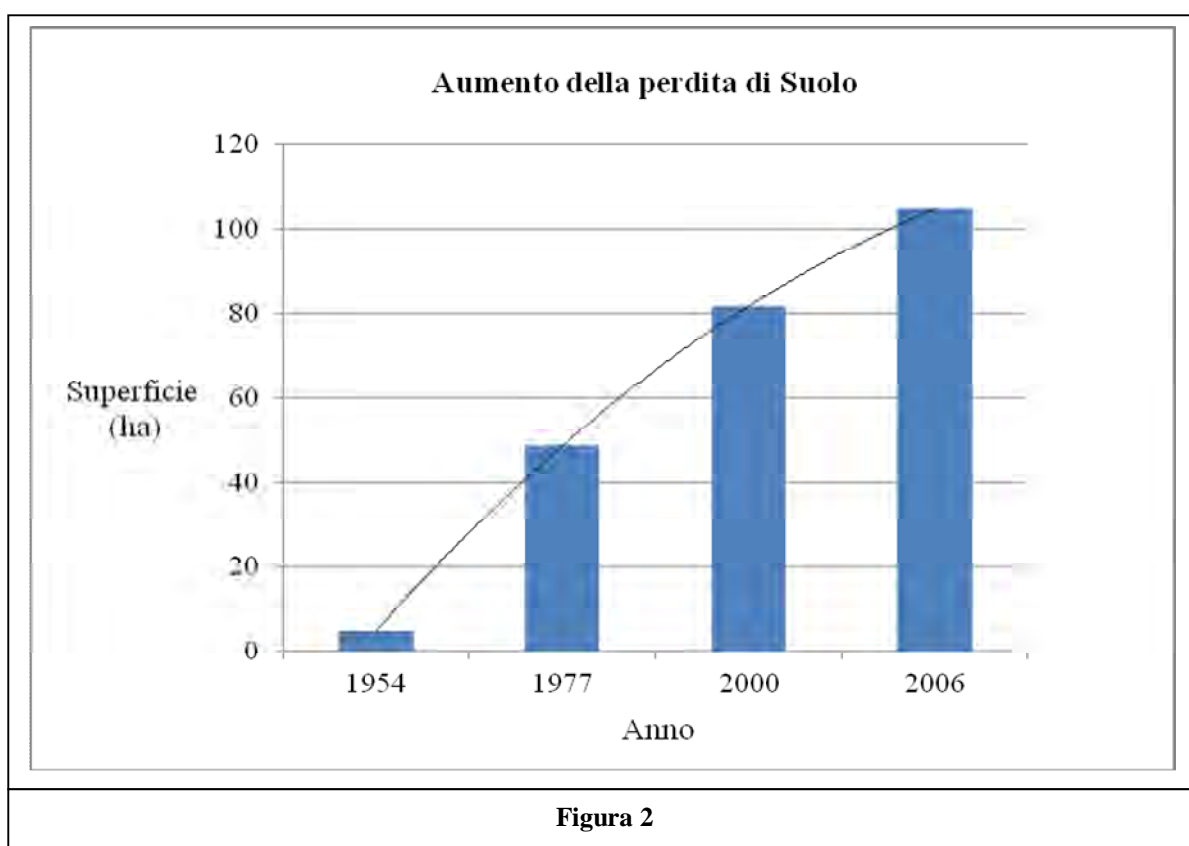
Si nota come l'aumento della superficie edificatoria è stata notevole soprattutto nel periodo 1954-1977 con circa 44 ha e l'incremento del 90,23% rispetto alla superficie urbana del 1954.

Nei 23 anni successivi, l'aumento dell'attività edilizia è stato inferiore ai precedenti, ma comunque notevole: circa 33 ha e più del 40% di incremento. Dato ancora notevole è stato quello relativo al periodo 2000-2006: in soli 6 anni si sono avuti incrementi elevati e pari a circa 23 ha e con una % di circa il 22%.

Dato sintetico, che riassume l'incremento edilizio di Cala Gonone al periodo di interesse, è quello relativo all'incremento totale di superficie verificatosi nel cinquantennio 1954-2006 e pari a 99,85 ha che è talaltro ben rappresentato graficamente nella Fig. 2 e mostra carattere sostanzialmente parabolico.

**Tabella 1**

Anno	Differenze N° anni	Superficie (ha)	Perdita di Suolo per singolo periodo (ha)	Perdita di Suolo per singolo periodo (%)	Perdita di Suolo rispetto al 1954 (ha)	Perdita di Suolo rispetto al 1954 (%)
1954	0	4,74	/	/	/	/
1977	23	48,585	43,841	90,23	43,841	924,03
2000	23	81,628	33,042	40,48	76,883	1620,47
2006	6	104,592	22,964	21,96	99,848	2104,49



L'attività edilizia ha quindi avuto nel contesto di Cala Gonone un'evoluzione notevole, spiegabile con la sempre maggiore richiesta di residenze a finalità turistiche, attività prevalentemente concentrate nel periodo estivo.

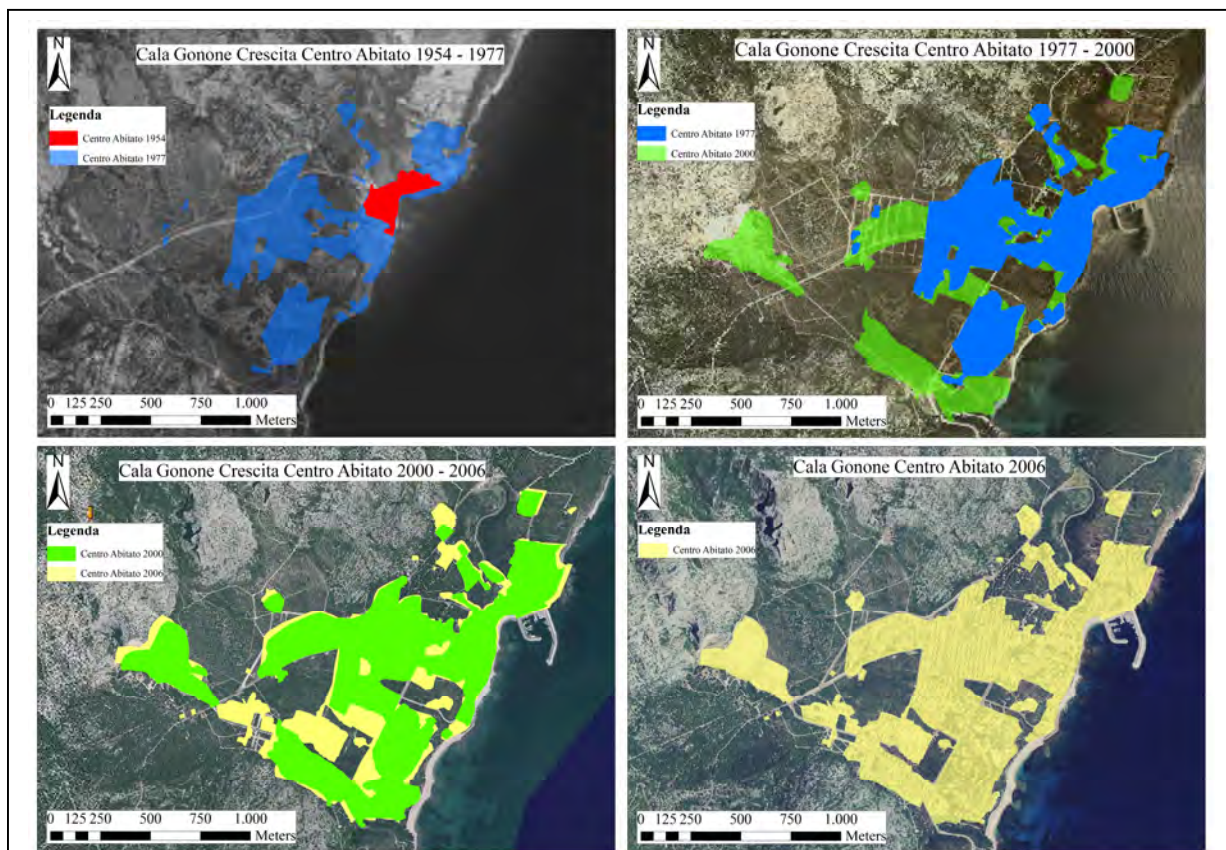
La Tab. 2 mostra per i diversi periodi in analisi, il tasso annuo di consumo di suolo o di conseguente attività edilizia. Si nota come il tasso medio annuo assoluto del consumo di superficie è stato molto elevato nel primo periodo 1954-1977 e con il più elevato incremento %; nel secondo periodo 1977-2000 ha mostrato valori inferiori e tuttavia dello stesso ordine di grandezza, mentre i valori medi assoluti più elevati sono stati riscontrati nell'ultimo sessennio di analisi 2000-2006, testimoni di un elevato incremento edilizio, avente ancora i caratteri dell'edilizia residenziale con finalità turistica.

**Tabella 2**

<b>Periodo</b>	<b>Tasso medio annuo del consumo di suolo (ha)</b>	<b>Tasso medio annuo del consumo di suolo (%)</b>
1954-1977	1,91	3,92
1977-2000	1,44	1,76
2000-2006	3,83	3,66

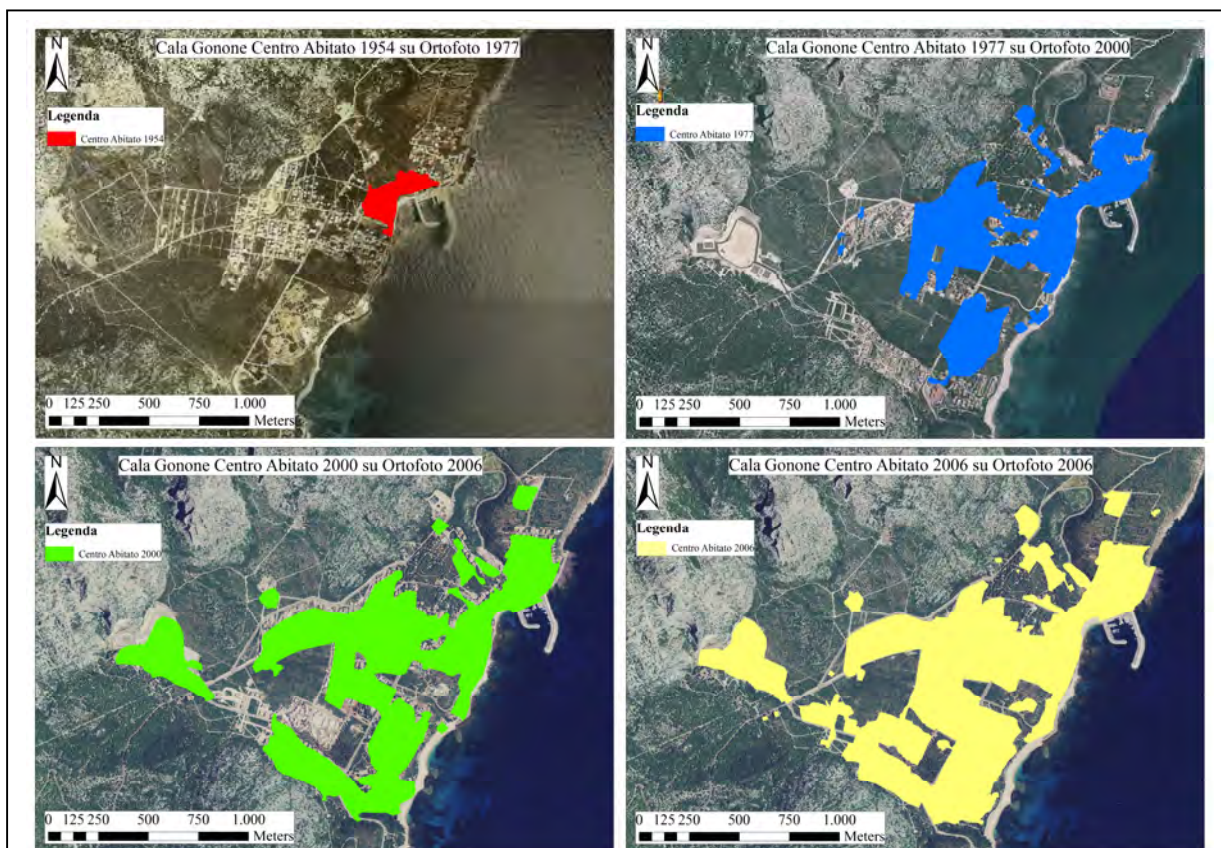
Per analizzare lo sviluppo edilizio di Cala Gonone, nell'ambito dello stesso contesto storico, abbiamo incrociato i dati geografici relativi alle diverse annate in una serie di rappresentazioni grafiche. In particolare modo è stata posta particolare attenzione allo sviluppo edificatorio avutosi nei 3 periodi analizzati.

Nella Fig. 3 è rappresentato il quadro dell'evoluzione della perdita di suolo (o espansione edilizia) tra le diverse annate 1954-1977, 1977-2000 e infine 2000-2006 rispetto all'ortofoto dell'anno di riferimento e ottenuta dalla sovrapposizione tra la superficie dell'anno in corso (ad es. 1954) e quelle evolutasi nel successivo periodo e verificato nella conseguente annata di analisi (ad es. 1977).



**Figura 3**

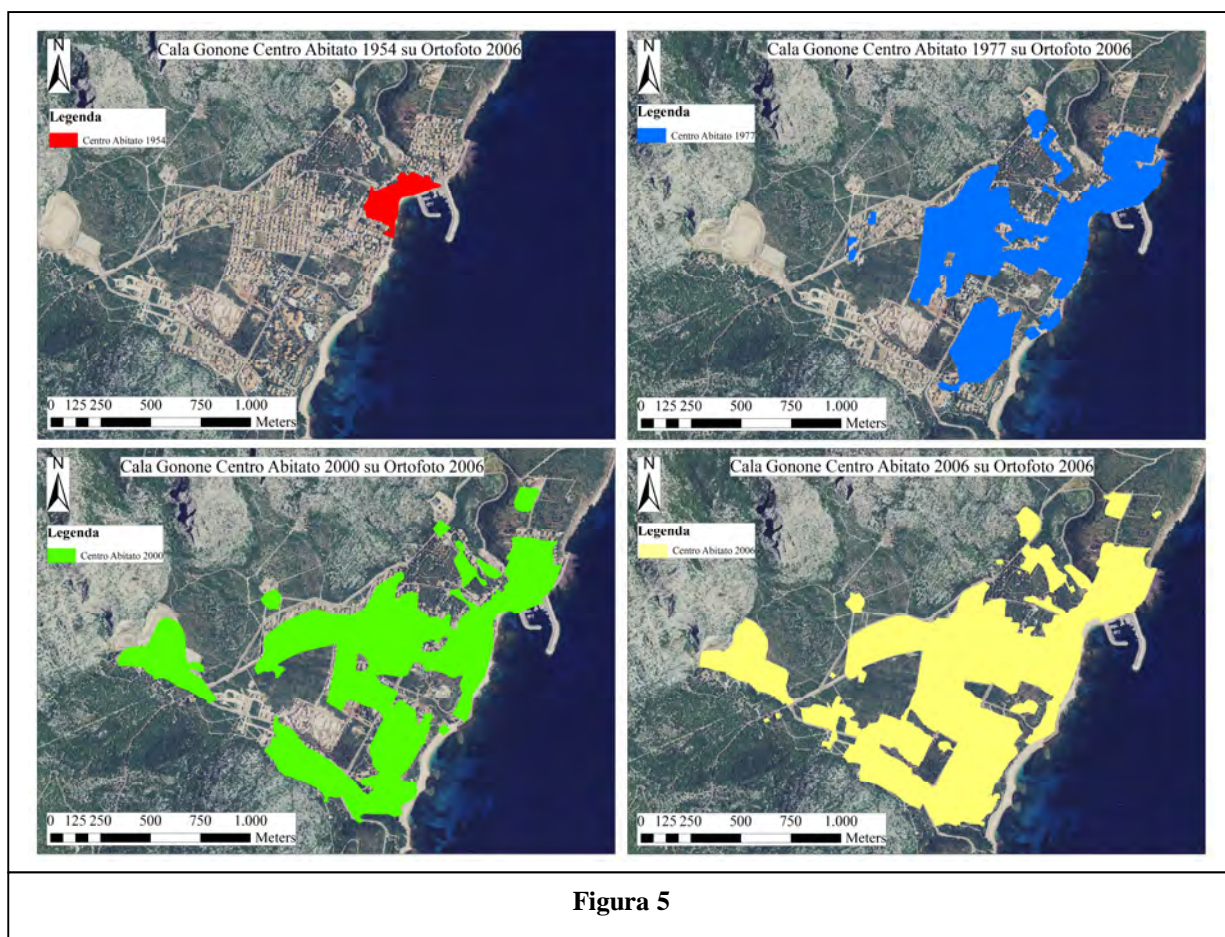
Nella Fig. 4 è invece rappresentato il quadro di insieme della sovrapposizione per ogni singola annata della superficie edificata dell'annata di riferimento (ad es. 1954) rispetto alla sola ortofoto dell'annata di analisi successiva (ad es. 1977)



**Figura 4**

Nella Fig. 5 è infine rappresentato il quadro di insieme dei centri abitati relativi alle diverse annate di analisi con riferimento all'ortofoto dell'annata 2006.

Si può quindi desumere un quadro generale sostanzialmente evidente: lo sviluppo edilizio è stato notevole, con direttrici prevalentemente meridionali e con un conseguente consumo di superficie naturale o seminaturale nelle zone centrali e meridionali a giacitura pianeggiante o sub pianeggiante.



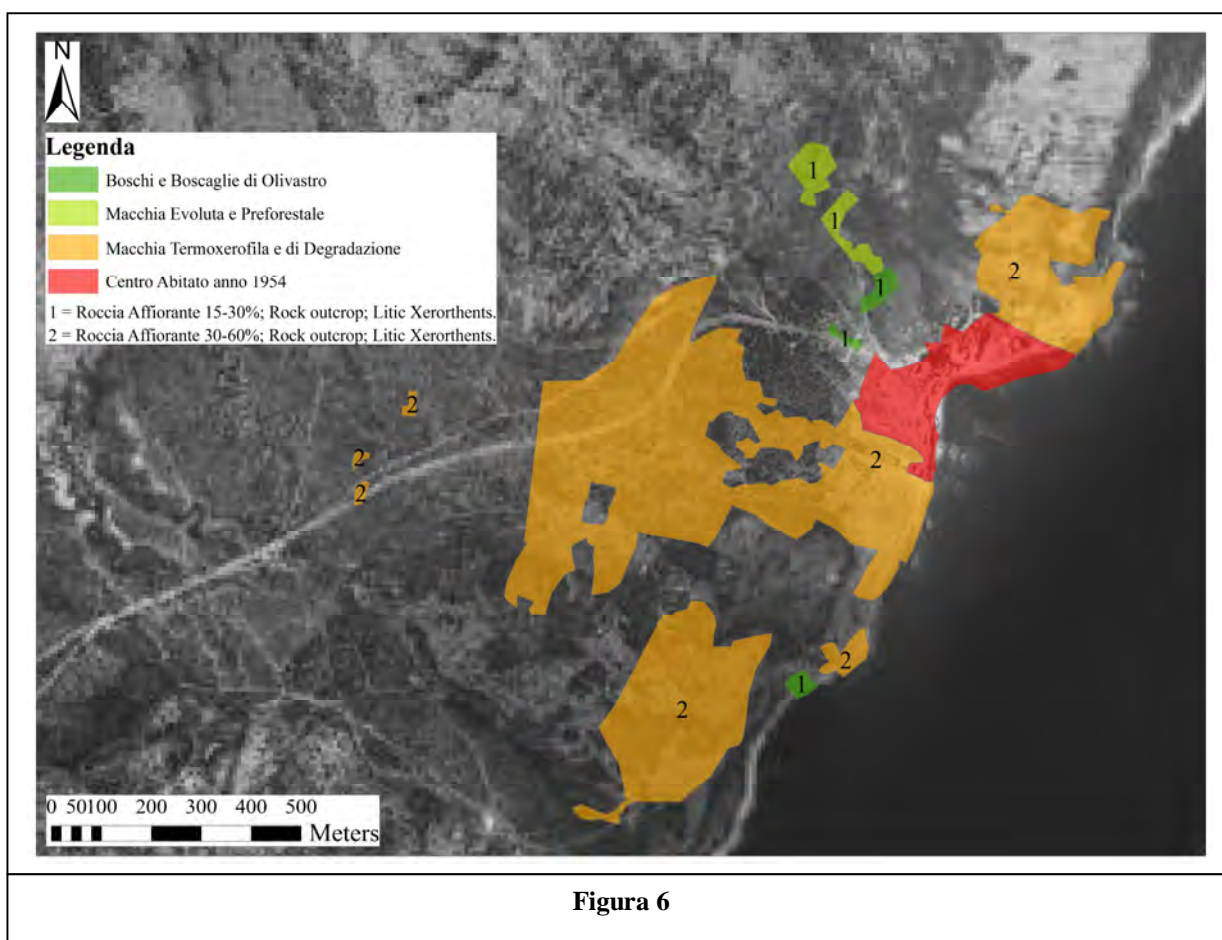
**Figura 5**

***Caratteri pedo-vegetazionali delle superfici perdute dall'edificazione***

Relativamente alle caratteristiche delle superfici perse con le successive edificazioni tra le diverse annate di riferimento, abbiamo operato la foto interpretazione delle caratteristiche vegetali, utilizzando la legenda impiegata nell'ambito del Piano Forestale Ambientale Regionale (R.A.S., 2007).

La foto interpretazione è stata svolta in scala 1:2.500, rispettivamente nell'annata 1954 sulla superficie edificata nel periodo 1954-1977; nell'annata 1977 sulla superficie edificata nel periodo 1977-2000 ed infine nell'annata 2000 sulla superficie edificata nel periodo 2000-2006.

Nella Fig. 6 è rappresentata il risultato della foto interpretazione effettuata sull'ortofoto del 1954.



**Figura 6**

Nella Tab. 3 è rappresentata la distribuzione % della superficie dell'anno 1954 in relazione alle diverse categorie vegetali e in relazione al diverso grado di copertura % del suolo.

**Tabella 3**

Perdita di suolo dal 1954 al 1977		
Categoria	% Superficie	Copertura media % per Categoria
Macchia termoxerofila di degradazione	95,11	60-80%
Macchia evoluta e preforestale	3,21	80-100%
Boschi e Boscaglie di Olivastro	1,68	60-80%

La categoria vegetale più rappresentata, con una % superiore al 95%, è quella delle macchie termoxerofile di degradazione originatesi generalmente in seguito al prevalere di fattori di disturbo quali l'eccessivo carico zootecnico, al taglio incontrollato delle superfici forestali e dell'incendio.



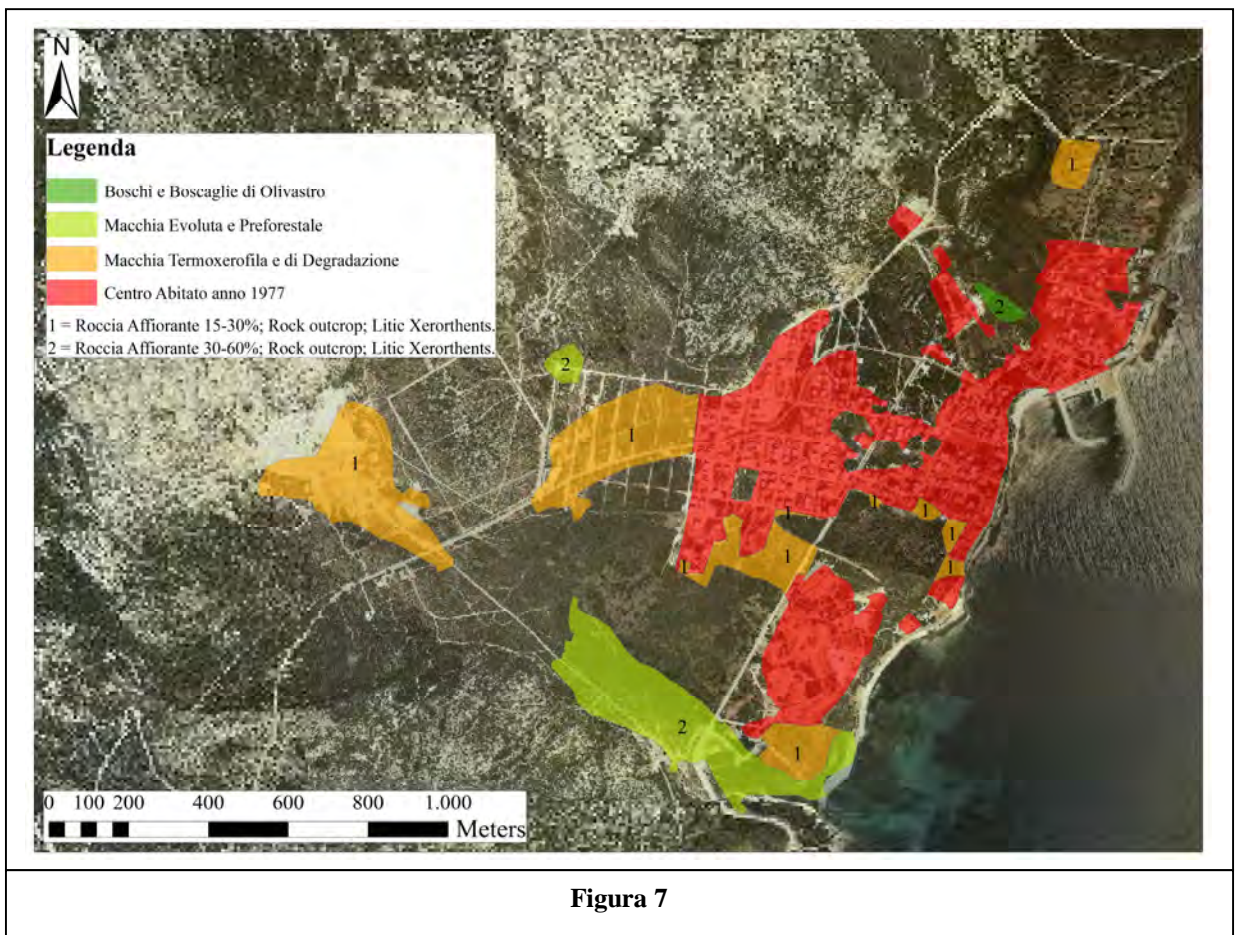
Tali formazioni rappresentano il primo passo delle fasi regressive della vegetazione mediterranea e l'esistenza datata 1954 di queste formazioni denota come in quel periodo erano già elevate le caratteristiche degli impatti antropici sulle superfici in analisi.

E' invece molto più ridotta "l'aggressione" dell'attività edificatoria a carico delle altre 2 formazioni vegetali di maggior valore e peso ecologico, in quanto aventi un maggiore carattere di stabilità funzionale ed insieme ecologica: macchie evolute e preforestali, con poco più del 3%, e i boschi e le boscaglie di olivastro con l'1,68%.

Altro carattere di peso è quello relativo alla copertura % del suolo, generalmente elevata (60-80%) in tutte le formazioni vegetali, e particolarmente elevata nelle macchie evolute e preforestali (80-100%).

Tutte formazioni vegetali perse dall'effetto dell'edificazione sia nel 1977, nel 2000 e nel 2006 erano presenti su suoli classificabili a livello di ordine, quali i Litic Xerorthents mostranti elevata rocciosità superficiale (estremamente variabile all'interno del range 15-60%) (Aru et al, 1991).

Nella Fig. 7 è rappresentata la foto interpretazione dell'annata 1977 mentre nella Tab. 4 è presente la distribuzione % della superficie in relazione alle diverse categorie vegetali e in relazione al diverso grado di copertura % del suolo.



**Tabella 4**

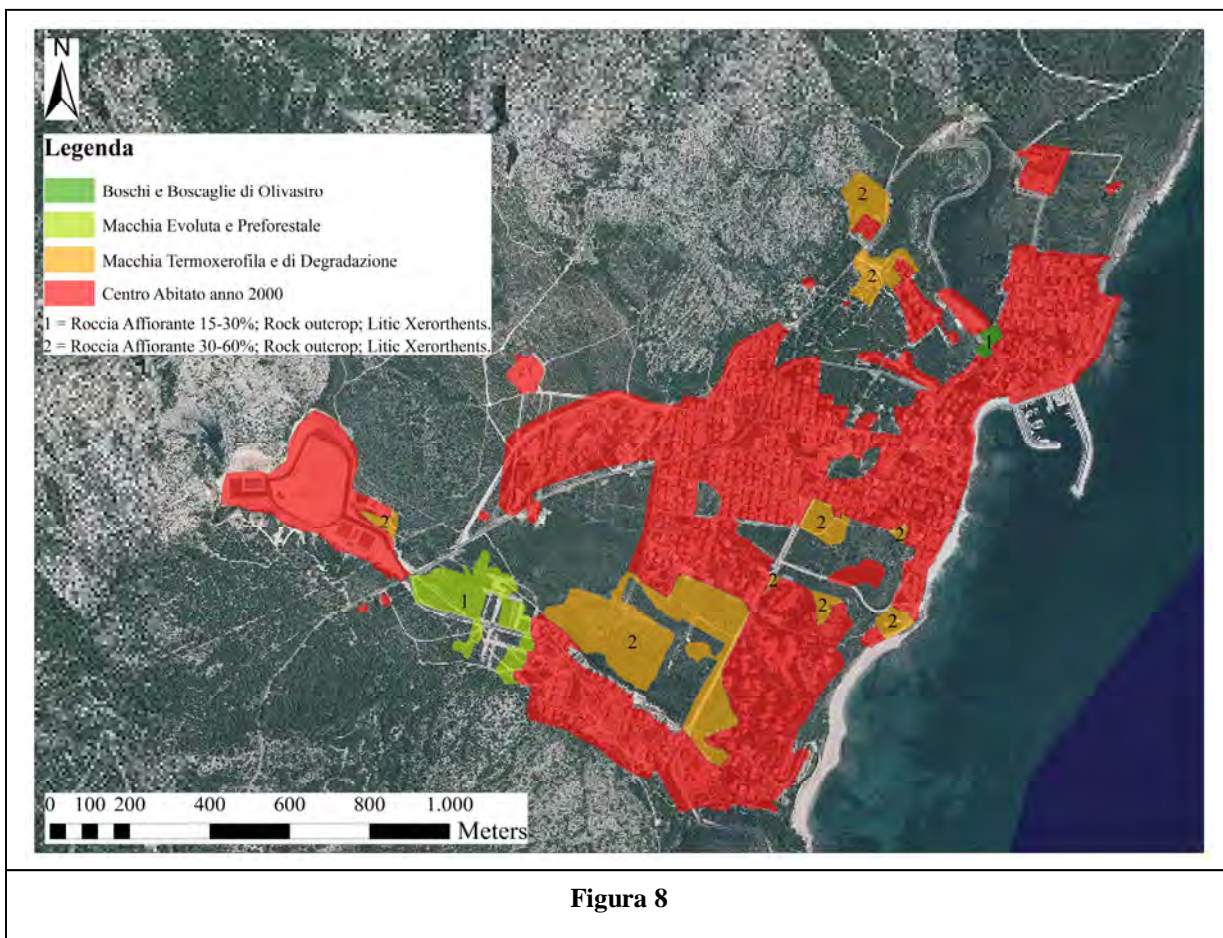
<b>Perdita di suolo dal 1977 al 2000</b>		
<b>Categoria</b>	<b>% Superficie</b>	<b>Copertura media % per Categoria</b>
Macchia termoxerofila di degradazione	64,56	60-80%
Macchia evoluta e preforestale	33,85	60-80%
Boschi e Boscaglie di Olivastro	1,59	80-100%

La superficie persa nell'attività edificatoria nel periodo 1977-2000 mostra caratteri simili a quelli dei precedenti 23 anni. Le formazioni vegetali coinvolte sono le medesime, con la sempre prevalente % delle macchie termo xerofile di degradazione, seguite da quelle evolute e preforestali e infine dai boschi e boscaglie di olivastro.

Cambiano invece i rapporti %: da più del 95% del periodo precedente, le macchie termo xerofile di degradazione passano a circa il 65%, mentre i boschi e boscaglie di olivastro si presentano con una % di superficie simile. Si è quindi avuto un deciso aumento % delle superfici precedentemente aventi carattere di macchia evoluta e preforestale con circa il 34%.

La copertura del suolo perso è sempre elevata o molto elevata (dal 60-80% fino al 80-100%).

Nella Fig. 8 è rappresentata la foto interpretazione dell'annata 2000 mentre nella Tab. 5 è presente la distribuzione % della superficie in relazione alle diverse categorie vegetali e in relazione al diverso grado di copertura % del suolo.



**Tabella 5**

<b>Perdita di suolo dal 2000 al 2006</b>		
<b>Categoria</b>	<b>% Superficie</b>	<b>Copertura media % per Categoria</b>
Macchia termoxerofila di degradazione	76,46	80-100%
Macchia evoluta e preforestale	21,86	80-100%
Boschi e Boscaglie di Olivastro	1,68	80-100%

Anche nel caso degli ultimi 6 anni di analisi (2000-2006) la distribuzione delle superfici consumate nelle diverse categorie vegetali è la stessa: è ancora prevalente la macchia termo xerofila di degradazione seguita dalla macchia evoluta e preforestale mentre si conserva sugli stessi livelli % il consumo di suolo a danno delle formazioni di boschi e boscaglie di olivastro.

Le superfici interessate mostravano ancora un elevato o molto elevato grado di copertura del suolo.

## **Conclusioni**

Nel caso in analisi il presente studio ha consentito di definire il consumo di suolo dovuto all'attività edilizia a discapito di importanti superfici vegetali. La foto interpretazione ha mostrato come la perdita di suolo è stata soprattutto rivolta a superfici vegetali di macchia degradata. La degradazione vegetale, sebbene nel caso in analisi rappresenti una fase a carattere regressivo, non mostrava e tuttora non mostra, dal punto di vista potenziale, carattere irreversibile.

A testimonianza di ciò è l'elevato grado di copertura quale indice di maggior pregio.

Dall'analisi dei 3 periodi analizzati, si denota come il consumo di suoli e di soprassuoli, è stato svolto soprattutto su superfici a qualità definibili in primo grado, tenendo in considerazione unicamente l'ottica economica, come marginali e di scarso valore mercantile. Certamente, una pari superficie edificata mostra valori economici notevolmente più elevati, che consentono sia nella fase di costruzione sia nella fase successiva, elevati regimi di guadagno diretti ed indiretti e dovuti prevalentemente ad una mera attività turistica concentrata nel periodo estivo.

A fronte di un consumo di suolo totale di circa 100 ha, nel periodo 1954-2006, si nota come la concentrazione dell'attività edificatoria si sia svolta senza tenere in considerazione alcun criterio ecologico in senso stretto ed ambientale in senso lato.

In assenza di fattori antropici di disturbo, ed è d'obbligo il condizionale, le formazioni vegetali presenti nelle diverse annate avrebbero potuto o evolvere in formazioni più stabili o comunque transitare in un gradino ecologico superiore o almeno consolidare il proprio ruolo.

Lo scenario attuale, relativo alla fascia di territori in seguito sottoposta ad attività edificatoria, sarebbe potuta essere dominata da una formazione vegetale più evoluta, dato che le macchie di degradazione avrebbero potuto evolvere verso una macchia evoluta e preforestale dominata dal corbezzolo (per poi successivamente evolvere in una lecceta pura, ma questo con ulteriori periodi di "campana di vetro" quindi con l'assoluta assenza di fattori di disturbo) mentre le formazioni allora aventi carattere di macchia evoluta e preforestale avrebbero potuto mostrare oggi carattere di bosco di leccio.

Quindi a favore delle leggi del guadagno rapido e delle logiche economiche, la mancanza di una serie di considerazioni a carattere meramente "ambientale" ha portato in più passi successivi, peraltro alcuni recenti (2000-2006), alla distruzione di un patrimonio vegetale ed insieme pedologico notevole, patrimonio che è definitivamente perso, in quanto è molto difficilmente ricostituibile, non solo per ragioni ecologiche, ma soprattutto per ragioni di ordine pratico e legale.

## BIBLIOGRAFIA

- AMADESI E., CANTELLI C., CARLONIG. C., RABBI E., 1961.** Ricerche geologiche sui terreni sedimentari del Foglio 208-Dorgali. *Giornale di Geologia*: 28, 59-87, Bologna.
- AMADESI E., CANTELLI C., CARLONIG.C., RABBI E., 1967.** Carta geologica del Foglio 208-Dorgali scala 1:100.000, Libreria dello Stato, Roma.
- ARU A., BALDACCINI P., VACCA A., VACCA S., MADRAU S. 1991.** Nota illustrativa alla carta dei suoli della Sardegna. Regione Autonoma della Sardegna, Assessorato della Programmazione, Bilancio e Assetto del territorio. Centro Regionale di Programmazione; Università degli Studi di Cagliari, Dipartimento di Scienze della Terra. Cagliari.
- A.R.P.A.S., Dipartimento Specialistico Regionale Idrometeorologico. CANU S., MOTRONI A., FIORI. M., 2000.** BGI, Fournier Index. Banca dati climatica del Dipartimento IMC dell'ARPA Sardegna. Sassari.
- BAGNOULS F., GAUSSEN H., 1953.** Saison sèche et indice xerothermique. *Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse*, 88: 193-239. Ceruti A. "Elaphomiceycetales et Tuberales" Tridenti, 1960.
- BARBIERI R., 1960.** Carta Agro-pedologica della Sardegna. Regione Autonoma della Sardegna, Assessorato alla Rinascita. Cagliari.
- BAZZOFFI P., 2007.** Erosione del suolo e sviluppo rurale, Edagricole, Bologna, 86-89.
- BERNETTI G., 1995.** Selvicoltura speciale. UTET.
- BIANCHI L., CALAMINI G., SIONI S., 2011.** Osservazioni sulla rinnovazione naturale in boschi di leccio dell'Ogliastra (Sardegna) soggetti a pascolo. *Forest@ Rivista di selvicoltura ed ecologia forestale*. vol. 8, no. 4, pp. 103-112
- BRIGGS D.J., GIORDANO A., 1995.** CORINE Soil Erosion report. European Commission, 124.
- BROTZU R., 1998.** Alberi, arbusti ed erbe della Sardegna. Il maestrale, Nuoro.
- CALVINO F., DIENI I., FERASIN F., PICCOLI G., 1972.** Note illustrative della Carta Geologica d'Italia, Foglio 195-Orosei, pp. Servizio Geologico d'Italia, Roma.
- CAPPELLI M., 1991.** Elementi di Selvicoltura Generale. Governo, trattamento e cure colturali ai boschi. Edagricole Bologna.
- CARMIGNANI L., 2001.** Carta Geologica d'Italia, Regione Autonoma della Sardegna, Assessorato all'Industria, Scala 1:200.000.
- CHIUCHIARELLI I., NAPOLI R., PAOLANTI M., CANTUCCI S., MARTOCCHIA F., 2000.** Applicazione GIS per lo studio dell'uso sostenibile dei suoli: un esempio di valutazione nella fascia periadiatica della Regione Abruzzo. *Documenti del territorio*, (44):12-20, Roma.
- CIAVATTA C., GOVI M., VITTORI ANTISARI L., SEQUI P., 1990.** Characterization of humified compounds by extraction and fractionation on solid polyvinilpyrrolidone. *J. Chromatogr.* 509, pp. 141-146.
- CORINE, 1992.** Soil erosion risk and important land resources in the southern regions of the European Community. EUR 13233, Commission of the European Communities, Luxembourg.
- CORRIAS A., 1974.** Aspetti floristici e vegetazionali del territorio di Dorgali (Cala Gonone). Tesi di Laurea Università degli Studi di Sassari Facoltà di Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali –

Dipartimento di Botanica ed ecologia vegetale, Corso di Laurea in Scienze Naturali. Anno Accademico 1973-1974.

**DAZZI C., 2005.** Proprietà chimiche dei suoli. Appunti lezione Pedologia.

**DELL'ABATE M.T., BENEDETTI A., TRINCHERA A., DAZZI C., 2002.** Humic substances along the profile of two Typic Haploxerert. *Geoderma* 107:281-296.

**DE NICOLA C.M.P., 2008.** Studio della complessità dell'ecosistema a *Fagus* nell'Appennino centrale attraverso ecoindicatori basati su specie, suolo, humus, microclima. Dall'uniformità alla complessità. Tesi di Dottorato, XXI ciclo, Università degli Studi di Napoli Federico II, Corso di Dottorato in "Biologia Applicata".

**DE RISO S., 2008.** Studio della genesi ed evoluzione dei suoli su substrati carbonatici, Tesi di Dottorato, XXI Ciclo, Università degli Studi di Cagliari, Corso di Dottorato in "Difesa e Conservazione del suolo, Vulnerabilità ambientale e protezione idrogeologica".

**DETTORI S., FILIGHEDDU M.R., GUTIERREZ M., 2001.** La coltivazione della quercia da sughero. Dipartimento di Economia e Sistemi Arborei Università degli Studi di Sassari.

**DIENI I., MASSARI F., 1985.** Mesozoic of Eastern Sardinia. "19th European Micropaleontological Colloquium-Guide Book", AGIP, Sardinia, October 1-10, 1985, 66-78.

**DIENI I., MASSARI F., 1987.** Le Mésozoïque de la Sardaigne orientale. "Groupe Français du Crétacé", Sardaigne, 24-29 Mai, 1987, 125-134.

**DILLY O., MUNCH J.C., 1996.** Microbial biomass content, basal respiration and enzyme activities during the course of decomposition of leaf litter in a black alder (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.) forest *Soil Biology and Biochemistry* 28:1073-1081.

**DUCHAUFOR P., (1980).** «Écologie de l'humification et pédogénèse des sols forestiers». In : P. Pesson (éd.), *Actualités d'Écologie Forestière*, Gauthier-Villars Paris, pp. 177-201.

**DUCHAUFOR P., TOUTAIN F., (1985).** «Apport de la pédologie à l'étude des écosystèmes». *Bull. Écol.* 17 (1): 1-9.

**EMERSON W.W., FOSTER R.C., OADES J.M., 1986.** Organo-mineral complex in relation to soil aggregation and structure. In: P.M. Huang and M. Schnitzer (Eds.) SSSA, Madison, WI, USA. Interaction of soil minerals with natural organics and microbes. *Soil Science Society of America J. Ed., Sp. Publ.* No.17:521.

**FAO, 1973.** Calcareous soils. *FAO Bulletin* 21. Roma.

**FIESTAS J.A., BORJA R., 1992.** Use and treatment of olive mill waste-water: current situation and prospect in Spain. *Grasas Aceites*, 43:101.

**FIORETTO A., MUSACCHIO A., ANDOLFI A., VIRZO DE SANTO A., 1998.** Decomposition dynamics of litters of various pine species in a Corsican pine forest. *Soil Biology and Biochemistry* 30: 721 – 727.

**FRIMMEL F.H., CHRISTMAN R.F., 1988.** *Humic Substances and Their Role in the Environment*, Wiley J., and Sons Eds., USA, 270 pp.

**GALLARDO A., 2003.** Effect of tree canopy on the spatial distribution of soil nutrients in a Mediterranean Dehesa. *Pedobiologia* 47, pp 117–125.

- GARGIULO O., 2007.** “Evoluzione del carbonio e dell'azoto organico e della biomassa di frumento, in parcelle sottoposte a tre residui colturali, interrati con due diverse lavorazioni, utilizzo di dssat 4.02.” Tesi di Dottorato, XIX ciclo, Università degli Studi di Napoli Federico II, Corso di Dottorato in “Valorizzazione\_e\_Gestione\_delle\_Risorse\_Agroforestali”.
- GARRAWAY J.L., RAMIREZ A.M.E., 1982.** Phenolic acids in pig slurry subjected to various treatment processes. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 33: 697-705.
- GIARDON P., GIOVANARDI G., DE NOBILI M., GIARDINI L., 1992.** Influenza della rotazione colturale della concimazione nelle caratteristiche della sostanza organica del terreno. *Agrochimica*, 35: 235-244.
- GIGLIOTTI G., BUSINELLI D., GIUSQUIANI P.L., 1999.** Composition changes of soil humus after massive application of urban waste compost: a comparison between FT-IR spectroscopy and humification parameters. *Nutrient cycling in Agroecosystem* 55: 23-28.
- GIORDANI, C. ZANCHI, C., 1995.** Elementi di conservazione del suolo. Patron Ed., 260.
- GIORDANO A., 2005.** “Il ruolo del suolo come serbatoio di cattura del carbonio”, *Il Suolo, Bollettino dell’A.I.P.* n. 1-3.
- HAIDER K., MARTIN J.P., 1967.** Properties and Decomposition and Binding Action in Soil of "Humic Acid" Synthesized by *Epicoccum nigrum*. *Soil Science Society of America J.* 31:657-662.
- HARTLEY R.D., WHITEHEAD D.C., 1985.** Phenolic Acid in soil and influence on plant growth and soli microbial process. In: Martinus Nijhoff/ Dr. W. Junk Publisher, Boston. *Soil Organic Matter and Biological Activity*: 110-140.
- HASLAM E., 1981.** Vegetable tannins. In: Conn E.E. (Ed.), Academic Press, London. *The Biochemistry of Plants*, vol 7: 527-556.
- HASLAM E., 1988.** Plant Polyphenols (syn. Vegetable Tannins) and Chemical Defense-A Reappraisal. *Journal of Chemical Ecology*, 14, 1789-1805.
- I.P.L.A., ISTITUTO PER LE PIANTE DA LEGNO E L’AMBIENTE, 2006.** Manuale di campagna per il rilevamento e la descrizione dei suoli, [www.ipla.org](http://www.ipla.org).
- ISTITUTO GEOGRAFICO MILITARE, 1994.** Carta d’Italia in scala 1:25.000.
- KARRER W., 1958.** Konstitution und Vorkommen der organischen Pflanzenstoffe. Birkhäuser-Verlag, Basel.
- KATO A., AZUMA J., KOSHIJIMA T., 1983.** A new feruloylated trisaccharide from bagasse. *Chemistry Letters (Chemical Society of Japan)*: 137-140.
- KOZAK J., 1996.** Soil organic matter as a factor influencing the fate of organic chemicals in the soil environment. In *Humic substances in terrestrial ecosystems* (ed. by Piccolo A.), Elsevier, Amsterdam-New York-Tokyo.
- LOTTI G., 1985.** I Tannini. In ETS (Ed.) *Principi di chimica e biochimica vegetale*: 223-227.
- LOWE L.E. 1993.** Water-soluble Phenolic Material. In: *Soil sampling and Methods of Analysis*. Canadian Society of Soil Science. Lewis Publishers, pp. 409-412. Boca Raton, FL, USA.
- MARTIN A.K., 1982 a.** The origin of urinary aromatic compounds excreted by ruminants 1. The metabolism of quinic, cyclohexanecarboxylic and non-phenolic aromatic acids to benzoic acid. *British Journal of Nutrition*, 47: 139-154.

- MARTIN A.K., 1982 b.** The origin of urinary aromatic compounds excreted by ruminants 2. The metabolism of phenolic cinnamic acids to benzoic acid. *British Journal of Nutrition*, 47: 155-164.
- MCKEAGUE J.A., CHESHIRE M.V., ANDREUX F., BERTHELIN J., 1986.** Organo-Mineral Complexes in Relation to Pedogenesis. In: *Interactions of Soil Minerals with Natural Organics and Microbes*, P.M. Huang and M. Schnitzer Eds., SSSA sp. publ. n.17, Madison, WI, USA, 549-592.
- MEOLA A., 2009.** “Effetto della diversità di lettiera sulla decomposizione in macchia mediterranea” Tesi di Dottorato, XXII ciclo, Università degli Studi di Napoli Federico II, Corso di Dottorato in “Biologia Applicata”.
- MINISTERO DELLE POLITICHE AGRICOLE E FORESTALI, 2000.** Metodi di analisi chimica dei suoli. Milano. Ed. Franco Angeli.
- MULLER R.N., KALISZ P.J., KIMMERER T.W., 1987.** «Intraspecific variation in production of astringent phenolics over a vegetation-resource availability gradient». *Oecologia* 72: 211-215.
- PATERSON E., HALL J.M., RATTRAY E.A.S., GRIFFITHS B.S., RITZ K., KILLHAM K., 1997.** *Global Change Biology* 3: pp 363-377.
- PAVARI A., 1916.** Studio preliminare sulle colture di specie forestali esotiche in Italia. *Annali del Regio Istituto Superiore Forestale Nazionale*, Vol. 1, 159-379.
- PIUSSI, 1994,** Selvicoltura generale. U.T.E.T., Torino.
- REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA, 2000.** Carta Tecnica Regionale in scala 1:10.000. Cagliari.
- REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA, 1998.** Studio sull’Idrologia Superficiale della Sardegna, elaborato dalla Regione Autonoma della Sardegna, Assessorato della Programmazione, Bilancio ed Assetto del Territorio.
- REGIONE AUTONOMA SARDEGNA, ASSESSORATO DELLA DIFESA DELL’AMBIENTE, 2007.** Piano Forestale Ambientale Regionale, Relazione Generale, Cagliari.
- REGIONE AUTONOMA SARDEGNA, ASSESSORATO DEGLI ENTI LOCALI FINANZE ED URBANISTICA, DIREZIONE GENERALE DELLA PIANIFICAZIONE URBANISTICA, TERRITORIALE E DELLA VIGILANZA EDILIZIA, ASSESSORATO DELL’INDUSTRIA, SERVIZIO PARTECIPAZIONI INDUSTRIALI, PROGEMISA SPA IN LIQUIDAZIONE, AGENZIA GOVERNATIVA REGIONALE, 2009.** Carta geologica di base della Sardegna, scala 1:25.000, Cagliari.
- RUBINO M., COPPOLA E., BENEDETTI A., DAZZI C., ODIERNA P., PREVITALI F., VACCA S., BUONDONNO A., 2005.** Indagini sul ruolo pedogenetico dei polifenoli. Variabilità delle forme polifenoliche in relazione a genesi, orizzontazione e uso del suolo. Atti del Convegno annuale Suolo e dinamiche ambientali, Viterbo, 22-25 giugno 2004. In *Bollettino della Società Italiana della Scienza del Suolo*, Vol. n. 54, 2005.
- RUBINO M., 2006.** I polifenoli del suolo: implicazioni nei processi pedogenetici e significato ambientale. Tesi di Dottorato di Ricerca XVIII Ciclo (2002-2006) in Funzioni, dinamica e gestione del sistema suolo-pianta. Seconda Università degli Studi di Napoli, Facoltà di Scienze Ambientali, Settore scientifico-disciplinare: AGR14.



- SATCHELL J.E., 1974.** «Litter - interface of animate / inanimate matter». *In* : C.H. Dickinson & G.J.F. Pugh (eds.), *Biology of plant litter decomposition*, Volume I, Academic Press, London, pp. xiii-xliv.
- SEQUI P., 1989.** *Chimica del suolo*. (Coord. P. Sequi) Pàtron Editore. Bologna.
- SEMENCHENKO L.V., KAPLIN V.T., 1967.** Detection of monohydroxy-phenols in waste waters. *Gidrokhim Mater.*, pp. 43:74.
- SHIBATA S., NATORI S., UDAGAWA S., 1964.** List of fungal products. Charles C. Thomas, Springfield, Ill.
- SIANI V., 2007.** *Ciclo geologico e cibo: La nutrizione delle piante. Ecologia della Nutrizione.*
- SHIBATA S., NATORI S., UDAGAWA S., 1964.** List of fungal products. Charles C. Thomas, Springfield, Ill.
- SIDARI M., MUSCOLO A., CIANCI V., ATTINÀ E., VECCHIO G., ZAFFINA F., 2005.** Evoluzione della sostanza organica in suoli rappresentativi dell'Altopiano della Sila. *Italian Society of Silviculture and Forest Ecology. Foresta* 2(3): 296-305.
- SUSMEL L., VIOLA F., BASSATO G., 1976.** *Ecologia della Lecceta del Supramonte di Orgosolo.* CEDAM, Padova.
- STEVENSON F.G., 1994.** *Humus Chemistry: Genesis, Composition, Reactions.* 2<sup>nd</sup> Ed. Wiley & Sons, New York.
- STEVENSON F.J., 1982.** (2<sup>nd</sup> ed. 1994). *Humus chemistry. Genesis, composition, reactions.* Wiley J. and Sons Eds., USA, 443 pp.
- STEVENSON F.J., FITCH A., 1986.** Chemistry of complexation of metal ions with soil solution organics. *In*: P.M. Huang and M. Schnitzer (eds.) *Interactions of Soil Minerals with Natural Organics and Microbes*, SSSA sp. Publ. n.17, Soil Sci. Soc. Am. Ed., Madison, WI, USA, 29-58.
- TATE R.L., 1987.** «Soil organic matter : biological and ecological effects». John Wiley & Sons, New York, 291 p.
- TATE R.L., 1992.** Humification and organic matter stability. *In* *Soil organic matter: biological and ecological effect.* Krieger Publishing Company, Malabar, Florida.
- TISSAUX J.C., 1996.** Une revue bibliographique des principaux mécanismes pédogénétiques pour caractériser le rôle du bois raméal fragmenté (BRF) dans le processus d'humification. Tesi di Laurea. Università di Laval, Facoltà di silvicoltura e geomatica, Dipartimento scienze forestali Québec, Canada.
- U.S.D.A. UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. 1993.** *Agricultural statistics.* U.S. Gov. Print. Office, Washington, DC.
- U.S.D.A. UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE, 1999.** *Soil taxonomy. A basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys.* USDA Handbook, Washington DC.
- VAN BREEMEN N., BUURMAN P., 1998.** *Soil Formation,* Kluwer Academic Pub., Dordrecht, The Netherlands, 333 pp.
- VIOLANTE A., 1989.** *I suoli acidi e le loro correzioni.* *Chimica del suolo.* (Coord. P. Sequi) Pàtron Editore. Bologna.

- VIOLANTE P., 1996.** Chimica del suolo e della nutrizione delle piante. Edagricole. Bologna.
- WALTER H., LIETH H., 1967.** Klimadiagramm-Weltatlas, Fischer, Jena.
- WANG T.S., YANG T.K., 1965.** Soil phenolic acid. Ann. Rept. Taiwan Sugar Expt. Stat.: 184.
- WHITEHEAD D.C., 1964.** Identification of p-hydroxybenzoic, vanillic, p-coumaric and ferulic acids in soil. Nature, 202: 417-418.
- WILLIAMS R.T., 1964.** Metabolism of phenolics in animals. In: Biochemistry of Phenolic Compounds. Ed. Harbone J.R. Academic Press, London.
- WISCHMEIER, W.H., 1975.** Estimating the soil loss equations cover and management factor for undisturbed lands. In: Present and Prospective Technology for Predicting Sediment Yields and Sources, 118-125. U.S. Dep. Agric., Agric. Res. Serv., ARS-S-40.
- WISCHMEIER, W.H., SMITH, D.D., 1978.** Predicting rainfall erosion losses. Guide to conservation planning. USDA Handbook n.537, Washington, D.C.
- ZSOLNAY A., 1996.** Humic Substances in Terrestrial Ecosystems. Elsevier, Amsterdam In (A. PICCOLO, Editor).

## RINGRAZIAMENTI

E' con vivo e partecipato piacere ricordare e ringraziare tutte le persone che in questi lunghi, intensi e importanti 4 anni hanno permesso di realizzare questo lavoro.

Prima di passare a ringraziare tutte le persone, credo doveroso fare una premessa. All'inizio, nel dicembre 2007, superata l'eccitazione iniziale per aver vinto un concorso pubblico, e aggiungo il mio primo concorso pubblico, avevo poi a mente fredda ragionato nel quantificare e qualificare una serie di dubbi sulla effettiva realizzazione del dottorato, data l'assoluta mancanza di fondi. In seguito sono prevalse le ragioni della calma e del buon senso. Sicuramente in questo devo ringraziare soprattutto me stesso; non mi piace vantarmi, ma questo lavoro l'ho fatto perché l'ho voluto principalmente io. Ho infatti scoperto di possedere una sufficiente dose di pazienza e di saggezza, o per meglio dire di ostinazione e di cinismo, utili a superare quei famosi dubbi iniziali. Se avessi dovuto ascoltare e dare retta alle tante voci contrarie all'inizio di questo lavoro, e ne ho incontrato davvero tante, avrei posto la parola fine a questo percorso da molto tempo.

A consuntivo dell'esperienza posso dire tante cose, sicuramente non mi sento un miracolato perché ho lavorato senza la borsa di studio; semplicemente ho lavorato quando ho potuto, ma allo stesso tempo, credo di poter dire che questo lavoro è frutto principalmente del mio impegno e anche di una discreta dose di fortuna. Alla fine sono riuscito a fare delle bellissime esperienze, complementari ma allo stesso tempo funzionali al dottorato, utili per la mia personale formazione culturale e professionale e alla positiva conclusione di questo percorso.

Passando al ringraziamento delle singole persone, non posso certo dimenticare il Professor Sergio Vacca dell'Università di Sassari, per avermi permesso di realizzare questo lavoro, peraltro aiutato dal prezioso supporto della sua equipe, cui va il mio personale ringraziamento. In modo particolare ringrazio il Dott. Gianfranco Capra, la Dott.ssa Emanuela Cabula e la Dott.ssa Stefania De Riso.

Un ringraziamento particolare va alla mia famiglia; senza il sostegno di Babbo, Mamma e di mio Fratello Francesco non sarei mai arrivato né a iniziare, né a finire questo lavoro.

Un sentito grazie va anche a tutte le persone che mi hanno permesso di ottenere i C.F.R., direttamente ed indirettamente. Ringrazio il Caro Dott. Bazzoffi, gli amici Andrea Rocchini, Alessandro Agnelli e Elio Salato del CRA-ABP di Firenze; ringrazio l'amico Giuseppe Angelo Spinetti dell'UDEM di Monterey; ringrazio gli amici Martino Orrù e Francesco Aru del Dipartimento di Botanica dell'Università di Cagliari e la cara amica Laura Foddis del Dipartimento di Ingegneria del Territorio dell'Università di Cagliari.

Un doveroso ringraziamento va anche ai colleghi dell'Ente Parco Nazionale Arcipelago di La Maddalena per avermi sopportato nei lunghi mesi di costruzione della tesi: Barbara Sorgente, Enrico Addis, Antonino Faliero Belardinelli e Giuseppe Angelo Spinetti.

Infine desidero ringraziare gli amici Cristian Pisanu, Antonello Sanna, Luigi Moro, Fabio Aru, Thore Aru, Antonio Puddu, Francesco Mazzette e le amiche Ilaria Galiano, Toricca Delrio, Valentina Atzeni e non ultima, Teresa De Santis, per il grande sostegno morale.

Questo lavoro è stato segnato anche dalla dipartita di un mio vero, grande e indimenticato amico, alla cui memoria dedico con grande affetto, ma anche con grande dolore e rassegnazione, l'intero lavoro: Giovanni Zidda. Se sono qua a parlare del dottorato, un pò è anche merito tuo....

