

# INDAGINE CONOSCITIVA SUL BOSCO DI PALO LAZIALE FINALIZZATA ALLA CONSERVAZIONE DEGLI HABITAT NATURALI

## MULTIDISCIPLINARY ANALYSIS OF THE PALO LAZIALE WOOD FOR THE CONSERVATION OF ITS NATURAL HABITATS

*a cura di*

Luca Scarnati e Fabio Attorre





SAPIENZA  
UNIVERSITÀ DI ROMA

DIPARTIMENTO  
DI BIOLOGIA AMBIENTALE

INDAGINE CONOSCITIVA SUL BOSCO DI  
PALO LAZIALE FINALIZZATA ALLA  
CONSERVAZIONE DEGLI HABITAT NATURALI

*MULTIDISCIPLINARY ANALYSIS OF THE  
PALO LAZIALE WOOD FOR THE CONSERVATION  
OF ITS NATURAL HABITATS*

*a cura di*

**Luca Scarnati e Fabio Attorre**



Progetto finanziato dalla Fondazione Nando Peretti attraverso l'Associazione Alsium



Fondazione Nando Peretti  
Corso d'Italia, 19 – 00198 Roma, Italy  
www.nandoperettifound.org



Associazione Alsium  
Via del Corso, 267 – 00186 Roma, Italy



Sapienza Università di Roma  
Piazzale Aldo Moro, 5 – 00185 Roma, Italy



Università degli Studi della Tuscia  
Via del Paradiso, 47 – 01100 Viterbo, Italy

© 2014

Diritti riservati:

**CIRBFEP** - Centro Interuniversitario di Ricerca  
"Biodiversità, Fitosociologia ed Ecologia del Paesaggio"  
ISBN 978-88-97091-02-8

A cura di – *Edited by*: **Luca Scarnati, Fabio Attorre**

Cartografie – *Maps by*: **Luca Scarnati**

Fotografie – *Photo by*: **Luca Scarnati**

Traduzione a cura di – *Translation by*: **Sara Triulzi**

I e IV di copertina – *Cover photo*: **Luca Scarnati**

Stagno temporaneo nel bosco di Palo – *Temporary pool in the wood of Palo*;  
Quercia deperiente – *oak stunted*

Citazione consigliata per il volume – *Quotation sample of the volume*:

**Scarnati L., Attorre F.** (a cura di), 2014. INDAGINE CONOSCITIVA SUL BOSCO DI PALO LAZIALE FINALIZZATA ALLA CONSERVAZIONE DEGLI HABITAT NATURALI. **CIRBFEP** - Centro Interuniversitario di Ricerca "Biodiversità, Fitosociologia ed Ecologia del Paesaggio" (Italy). pagg. 76. ISBN 978-88-97091-02-8

Esempio per la citazione di un singolo contributo – *Quotation sample of single contribution*:

**Francesconi F., Farcomeni A.** Climatic characteristics of the wood of Palo Laziale. In: **Scarnati L., Attorre F.** (a cura di) 2014. INDAGINE CONOSCITIVA SUL BOSCO DI PALO LAZIALE FINALIZZATA ALLA CONSERVAZIONE DEGLI HABITAT NATURALI. **CIRBFEP** - Centro Interuniversitario di Ricerca "Biodiversità, Fitosociologia ed Ecologia del Paesaggio" (Italy). pagg. 31–37. ISBN 978-88-97091-02-8

Impaginazione grafica a cura di – *Graphic layout by*: **Giorgio Moretti**

Dipartimento di Biologia Ambientale – Laboratorio Servizio Grafico;  
Department of Environmental Biology – Laboratory Services Chart.

**La responsabilità dei singoli contributi è di esclusiva pertinenza degli Autori**  
**The scientific responsibility of the single contribution pertains only to the Authors**

## INDICE

### **Prefazione – Foreword**

*Maria Vittoria Massimo Lancellotti – Vittoria Odescalchi – Nicoletta Odescalchi*

*Antonio Rosati* ..... 5 – 8

### **Introduzione – Introduction**

**Il decline forestale – The Forest decline**

**L'area di studio – The study area**

**Finalità dello studio – Purpose of the Study**

*Luca Scarnati, Fabio Attorre, Roberto Valenti* ..... 9 – 15

### **Il bosco – The wood**

**Analisi forestale: struttura e dinamismo del bosco di Palo Laziale**

*Forestry analysis: structure and dynamics of the wood of Palo Laziale*

*Luca Scarnati* ..... 17 – 29

### **Il clima – The climate**

**Caratteristiche climatiche del bosco di Palo Laziale**

*Climatic characteristics of the wood of Palo Laziale*

*Fabio Francesconi, Alessio Farcomeni* ..... 31 – 37

### **L'idrogeochimica – The hydrogeochemistry**

**Studi idrogeochimici del bosco di Palo Laziale**

*Hydrogeochemical studies of the wood of Palo Laziale*

*Maurizio Barbieri, Maria Battistel, Angelica Garone, Barbara Parisse* ..... 39 – 46

### **Il suolo – The soil**

**Indagine pedologica nel bosco di Palo Laziale**

*Pedological investigation in the Palo Laziale wood*

*Giuseppina Dowgiallo, Daniela Ficara, Luca Scarnati* ..... 47 – 55

### **La fitopatologia – The phytopathology**

**Condizioni fitosanitarie del bosco planiziale di Palo Laziale**

*Phytosanitary status of the Palo Laziale wood*

*Giuseppina Natili, Andrea Vannini, Anna Maria Vettraino* ..... 57 – 63

### **Conclusioni – Conclusions**

*Luca Scarnati, Fabio Attorre, Roberto Valenti* ..... 65 – 69

**Gli autori – The authors** ..... 71 – 75



## Prefazione – Foreword



Il bosco di Palo appartiene alla nostra famiglia da molte generazioni. Ognuna di noi è cresciuta con accanto la sua presenza. Una presenza che abbiamo imparato a rispettare e ad apprezzare. In una zona che ha visto crescere l'area urbana circostante a dismisura, ci è sembrato il simbolo della

resistenza al degrado del territorio, alla scomparsa dei luoghi e dei paesaggi tipici del litorale laziale, oltre che un luogo della nostra infanzia. Un simbolo per la conservazione della natura che però negli anni abbiamo visto ammalarsi, deteriorarsi sempre di più. Abbiamo provato a capire cosa stesse succedendo e a cercare soluzioni, ma purtroppo il male di cui soffriva il nostro bosco è stato più veloce, tanto che siamo state costrette ad intervenire eliminando le sempre più numerose piante morte o deperienti. Ripararsi alla sua ombra rischiava di diventare solo un ricordo, così abbiamo chiesto aiuto al mondo della ricerca per un intervento ad ampio raggio che cercasse di determinare le cause di questa situazione e, per quanto possibile, proporre una soluzione. Ci hanno risposto dall'Università Sapienza di Roma, con un gruppo di lavoro che ha coinvolto anche l'Università della Tuscia e si è dedicato a studiare da diversi aspetti il fenomeno che si manifestava ai nostri occhi e grazie all'intervento della Fondazione Peretti, da sempre vicina alla conservazione dell'ambiente, siamo riuscite a promuovere un progetto di ricerca serio e completo. Per più di un anno abbiamo visto i ragazzi e i ricercatori osservare e misurare ciò che restava del bosco, aspettando una risposta.

Intanto abbiamo imparato che il nostro bosco è stato scelto come Sito di Importanza Comunitaria per le sue caratteristiche naturali, le sue aree umide



*The wood of Palo has belonged to our family for many generations. We all grew up with its close presence. A presence that we learned to respect and appreciate. Set in an area that has seen the neighbouring urban areas grow unremittingly, it appeared to us as a symbol of the resistance against land degradation, against the disappearance of Lazio's coast typical landscapes, besides being a place of our childhood memories. A symbol of Nature conservation, which we have seen grow ill and deteriorate over the years. We tried to understand what was happening and looked for solutions, but unfortunately the evil which had struck our wood was faster and we were forced to act by cutting down the increasingly numerous dead or dying plants. Enjoying the shade of its trees risked becoming a memory. So we asked researchers to help us determine the causes of this situation and, as far as possible, find a viable solution. The Sapienza University of Rome answered our call and, working with the University of Tuscia, studied the phenomenon from different perspectives. With the contribution of the Peretti Foundation's, always attentive to the conservation of our environment, we were able to promote a serious and thorough research project. For over a year, while waiting for our answers, we saw the young researchers study and measure what was left of the Palo wood.*

*In the process, we learned that our wood had been chosen as a Site of Community Importance for its natural features, especially for its humid areas, and had become part of the Natura 2000 network, a European network of protected areas; an important place then, to be preserved. We were explained that the wood's decline was due to several factors, some connected to the environmental characteristics of our area and others caused by man's actions. This document contains sectorial studies that present an analytical and in-depth analysis of the situation. On our part, we have listened to the solutions the researchers proposed in order to give the Palo wood new life; we have learned new words and new techniques, and now that we know what can be done, we will not give up.*

soprattutto, così da rientrare nella Rete Natura 2000, un network europeo di aree protette, un posto importante quindi, da conservare. Poi ci hanno spiegato che la causa del danno era da attribuire a più fattori, alcuni legati alle caratteristiche ambientali di quest'ambiente e altri dovuti all'azione dell'uomo. In questo documento sono contenuti gli studi settoriali che consentono una visione analitica e approfondita di questa realtà. Nel nostro piccolo abbiamo ascoltato le soluzioni che i ricercatori ci hanno proposto per dare nuova vita al Bosco di Palo, abbiamo conosciuto parole e tecniche nuove, e ora che sappiamo cosa è possibile fare non vogliamo tirarci indietro. Così con l'appoggio della Regione Lazio e dell'Università abbiamo proposto la realizzazione del Piano di Gestione del S.I.C. e presentato un progetto LIFE+. Speriamo tra qualche anno di poter tornare a sorridere, intanto un sincero ringraziamento a tutti coloro che ci hanno permesso di arrivare fino a questo punto.

*Maria Vittoria Massimo Lancellotti  
Vittoria Odescalchi  
Nicoletta Odescalchi*

*With the support of the regional administration and of the university, we have proposed the creation of a Management Plan for the S.C.I. and submitted a LIFE+ project. We hope to be smiling again in a few years. Meanwhile, we sincerely wish to thank all those who have helped us reach this point.*

*Maria Vittoria Massimo Lancellotti  
Vittoria Odescalchi  
Nicoletta Odescalchi*



Come Commissario straordinario dell'Agenzia Regionale per lo Sviluppo e l'Innovazione dell'Agricoltura del Lazio mi è stato affidato il compito di risanare al più presto questo ente, che ormai da troppo tempo sembra aver smarrito la sua fun-

zione essenziale di essere al servizio dell'agricoltura e del territorio regionale.

In un momento come questo, così difficile per lo sviluppo della Regione, intendiamo approntare un piano per valorizzare strategicamente le potenzialità dell'Agenzia, puntando su innovazione e formazione, tutela delle produzioni agricole, dei beni ambientali e culturali, nonché sul pieno utilizzo dei fondi europei.

Disponiamo di capacità non espresse e da impiegare a pieno, come il Servizio Integrato Agrometeorologico (SIARL), o quello che resta delle Aziende e Centri sperimentali - dimostrativi, le cui funzioni e modalità operative necessitano un ripensamento funzionale. Vogliamo quindi valorizzare il ruolo strategico che il supporto scientifico e tecnico dell'Agenzia può fornire al territorio, anche attraverso la collaborazione con gli atenei della regione.

In questo contesto abbiamo deciso di dare il nostro appoggio al ripristino ambientale del bosco di Palo Laziale, una sfida interessante che ci imporrà di impiegare le nostre migliori competenze. Seguendo le linee della Regione per la futura Programmazione per lo Sviluppo Rurale 2014-2020, vogliamo promuovere un uso sostenibile di un'area di così ampio interesse e fornitrice di servizi ecosistemici per la popolazione locale. Abbiamo così deciso di partecipare, insieme al Dipartimento di Biologia Ambientale della Sapienza Università di Roma, ad un bando LIFE+ per il finanziamento della complessa e necessaria opera di ricostruzione che attende il bosco di Palo.

Il territorio laziale è ricco di risorse, ma molto del nostro patrimonio è trascurato: l'ARSIAL può diventare uno strumento efficace a sostegno dello sviluppo sostenibile del territorio laziale .

*Antonio Rosati*  
 Commissario straordinario  
 di ARSIAL



*As Extraordinary Commissioner of Lazio's Regional Agency for Development and Innovation in Agriculture, I have been entrusted with the task of restoring this institution, which for too long seemed to have lost its true function: being at the service of agriculture and of the region's territory.*

*In times like these, difficult times for the development of our region, we intend to draw up a plan to strategically enhance the Agency's potential, by focusing on innovation and training, on safeguarding our agricultural production, our cultural and environmental heritage, as well as on the full use of European funds.*

*We have unexpressed potentialities which must be used at full, such as the Integrated Agro-Meteorological System (SIARL), or what remains of the Experimental-Demonstrative Centres and Farms, whose functions and operating modes need to be reviewed. We must enhance the strategic role of the scientific and technical support that our Agency can provide the territory, even through the collaboration with our region's universities.*

*In this context, we have decided to support the environmental restoration of the Palo Laziale wood, a stimulating challenge that will require our best skills. Following the Region's guidelines for the Rural Development Programmes 2014-2020, we want to promote a sustainable use of an area of such great interest and which provides ecosystem services to the local population. So we decided to present, together with the Department of Environmental Biology of the Sapienza University of Rome, a LIFE+ project for the financing of the complex but necessary restoration plan of the Palo wood.*

*The Lazio region is rich in resources, but much of our heritage is neglected: The ARSIAL can become an effective tool for sustainable development in our region.*

*Antonio Rosati*  
 Extraordinary Commissioner  
 of ARSIAL





Foto aerea risalente 2012, chiaramente visibile il degrado del bosco nell'area centrale;  
Aerial photo dating from 2012, clearly visible degradation of the wood in the central area.


# Introduzione – Introduction

*Luca Scarnati, Fabio Attorre, Roberto Valenti*

## IL DECLINO FORESTALE

Fenomeni di declino forestale sono stati riscontrati nelle ultime decadi in tutto il pianeta. Gli ecosistemi forestali hanno subito pressioni dall'azione diretta o indiretta dell'uomo, che li hanno sottoposti a numerosi fattori di stress. Questi hanno portato a cambiamenti sostanziali nella composizione e nella struttura dei popolamenti, fino a fenomeni di mortalità elevata ed improvvisa del bosco nei casi più estremi (forest dieback). In tutta Europa molti casi di declino hanno colpito boschi di querce, caratterizzato da una ampia varietà di sintomi. Tra questi l'assottigliamento della chioma, la decolorazione o l'ingiallimento delle foglie, la formazione di cluster di foglie, il deperimento di rami, la formazione di germogli epicormici e la comparsa di lesioni sulla corteccia. La bassa specificità di questi sintomi, insieme con i molti numerosi singoli fattori causali considerati responsabili del declino in varie parti d'Europa (Oosterbaan & Nabuurs, 1991; Brasier, 1996; Siwecki & Ulfarnski, 1998; Thomas & Hartmann, 1998; Gallego et al., 1999; Jung et al., 2000; Lloret et al., 2004; Jönsson, 2006), suggeriscono che questo possa essere attribuito a diversi fattori specifici del sito, abiotici e biotici, e che derivi da una loro azione sinergica (Thomas et al., 2002; Gutschick & BassiriRad, 2003; Bigler, 2006; Levanic, 2011). Fenomeni di declino di boschi di quercia sono stati ampiamente segnalati in Italia, da nord a sud della penisola, in una vasta gamma di condizioni ambientali (Anselmi et al., 2007; Di Filippo et al., 2010; Bertini et al., 2011). In generale tra i fattori di stress uno dei più rilevati è l'aumento generalizzato delle temperature e la variazione del regime delle piogge, associati ai cambiamenti climatici a livello globale (Desprez-Loustau et al., 2006; Ogaya & Penuelas, 2007; Horner et al., 2009; Allen, 2009; Allen et al., 2010;

## FOREST DECLINE

 In the last decades, phenomena of forest decline have been observed across the planet. Forest ecosystems have been under the pressure of man's direct or indirect action, which has subjected them to numerous stress factors. These have led to substantial changes in the composition and structure of tree populations, up to extreme cases of high and sudden mortality of forests (forest dieback). Throughout Europe, severe decline has affected many oak woods, with a wide variety of symptoms. Among these, crown thinning, discoloration or yellowing of leaves, formation of leaf clusters, dieback of branches, formation of epicormic shoots and bark lesions. The low specificity of these symptoms, together with the many single causal factors considered responsible for forest decline in various parts of Europe (Oosterbaan & Nabuurs, 1991; Brasier, 1996; Siwecki & Ulfarnski, 1998; Thomas & Hartmann, 1998; Gallego et al., 1999; Jung et al., 2000; Lloret et al., 2004; Jönsson, 2006), suggest that this decline could be attributed to several different site-specific factors, and/or that the decline may involve a synergistic activity of several abiotic and biotic factors (Thomas et al., 2002; Gutschick & BassiriRad, 2003; Bigler, 2006; Levanic, (2011). Cases of oak woods decline have been widely reported in Italy, from the north to the south of the peninsula, in a wide range of environmental conditions (Anselmi et al., 2007; Di Filippo et al., 2010; Bertini et al., 2011). In general, among the most common stress factors is a general increase in temperatures and the variation of precipitation regimes, connected to climate changes on a global level (Desprez-Loustau et al., 2006; Ogaya & Penuelas, 2007; Horner et al., 2009; Allen, 2009; Allen et al., 2010; Adams et al., 2009; Martínez-Vilalta et al., 2012). Considering that climate scenarios foresee an increase in global average temperature with significant peaks in certain regions,

Adams et al., 2009; Martínez-Vilalta et al., 2012). Considerando che gli scenari climatici prevedono l'aumento della temperatura media globale con significativi picchi in alcune regioni tra le quali il Mediterraneo, dove saranno accompagnati da una tendenza alla diminuzione delle precipitazioni (Korner et al., 2005; IPCC, 2007; Beniston et al., 2007; Beniston, 2013; Sarris et al., 2007; Giorgi & Lionello, 2008), questo provocherà probabilmente altri casi di deperimento. Anche la mancata gestione forestale, con una tendenza del bosco verso una eccessiva densità e competizione per le risorse, è stata indicata come concausa del declino, con numerosi casi segnalati anche tra querceti limitrofi all'area di Palo Laziale (Anselmi et al., 2007, 2008).

### L'area di studio: il bosco di Palo Laziale

Il bosco di Palo Laziale oggetto di questo studio si trova in provincia di Roma, circa 40 km a NO della Capitale. È all'interno di una proprietà privata interamente recintata. E' già presente nella cartografia dell'Istituto Geografico Militare della fine del secolo XIX (fig. 1). È stato progressivamente circondato da una antropizzazione sempre più estesa (fig. 2), in particolar modo dall'abitato di Ladispoli e da numerose attività agricole. E' stato governato a ceduo fino al 1975, quando l'area è stata destinata a oasi naturale e data in gestione al WWF. Da allora non sono stati più eseguiti trattamenti selvicolturali e il ceduo è andato ad invecchiare. A partire dal 1995 sono stati osservati i primi fenomeni di deperimento forestale. Questi sono aumentati progressivamente, fino a che dopo l'estate siccitosa del 2003 sono stati rilevati nel bosco circa il 40% degli individui arborei morti, in seguito alla presenza di *Biscogniauxia mediterranea* in fase patogenica. Nel 2004 sono stati quindi eseguiti tagli fitosanitari molto intensi, che hanno portato alla attuale fisionomia del bosco, che in alcuni punti è praticamente scomparso. Nel 2008 la proprietà, con il contributo della Fondazione Nando Peretti e il supporto dell'Associazione Alsium, ha affidato al Dipartimento di Biologia Ambientale della Sapienza Università di Roma l'indagine conoscitiva oggetto del presente lavoro.

Attualmente il bosco oggetto del presente studio copre un'area di circa 50 ettari all'interno del SIC IT6030022 "Bosco di Palo Laziale" (fig. 3), istituito in

among which the Mediterranean, and that these shall be accompanied by a tendency to diminished precipitations (Korner et al., 2005; IPCC, 2007; Beniston et al., 2007; 2013; Sarris et al., 2007; Giorgi & Lionello, 2008), this will probably bring about other cases of forest dieback. The lack of forest management, with the wood's tendency towards excessive density and competition for resources, has been indicated as a contributing factor to this decline, as reported in numerous cases of oak woods, some neighbouring the Palo Laziale area (Anselmi et al., 2007, 2008).

### The study area: the Palo Laziale wood

The Palo Laziale wood, object of this study, is located in the province of Rome, about 40 km NW of Italy's capital. It is set within an entirely fenced-off private property. It appears in maps of the Military Geographic Institute dating to the 19th century (fig. 1). Gradually, it found itself surrounded by an increasingly extending anthropization (fig. 2), especially of the town of Ladispoli and of the many agricultural activities of the area. It was ruled a copse until 1975, when the area was turned into a natural oasis and its management was passed over to the WWF. Since then, no silvicultural treatments have been performed and the copse has aged. The first signs of forest dieback were observed in 1995 and have progressively increased until, after the summer drought of 2003, approximately 40% of tree individuals were found to be dead, as a consequence of the presence of *Biscogniauxia mediterranea* at a pathogenic stage. In 2004, very intense plant cuts were performed, which explain why the wood has almost disappeared in some places. In 2008 the owners, with the contribution of the Nando Peretti Foundation and the support of the Alsium Association, entrusted a survey to the Department of Environmental Biology of the Sapienza University of Rome, whose results are here presented.

Today, the Palo Laziale wood covers an area of about 50 hectares within the SCI IT6030022 "Bosco di Palo Laziale" (fig. 3), established on the basis of the "Habitats" Directive 92/43 EC. It is mainly composed



**Fig. 1** – Cartografia I.G.M. fine XIX secolo (foglio 149 IV NE); Military Geographic Institute cartography, end of the 19th century (sheet 149 IV NE).



**Fig. 2** – Foto aeree anno 1954 - 1994;  
Aerial Photos, years 1954 to 1994.

of planitial oak woods, included in the Habitat 91M0 "Pannonian-Balkan Turkey oak - sessile oak forests", and of high sclerophyllous maquis. There is also a small portion of "Arborescent Matorral with *Laurus nobilis*" (habitat 5230\*), as well as some temporary ponds included in the priority habitat 3170\*.

The forest decline of the last twenty years has brought about a very high mortality, which is clearly visible (fig. 4), and can seriously question the survival of the habitats present in the area.

### *Purpose of the study*

The multidisciplinary study here presented aims at identifying the causes that have led to the wood's current condition, as a necessary first step towards any possible environmental restoration (Bagnato et al., 2012). A better understanding of mortality causes and of survival mechanisms of forest ecosystems, considering their importance, is of critical importance when trying to foresee how these forests will respond to global climate change, in terms of survival and distribution but also in terms of productivity and the associated carbon cycle (Bonan, 2008; Requardt et al., 2009). In our case, through the study of the wood's structure and dynamics, of environmental parameters (climate, hydrogeology, pedology, phytopathology) and their interactions, we hope to fully understand the causes of the decline and define a series of measures aimed at the wood's complete restoration and possibly suitable to be applied in similar situations, using Palo Laziale as an exemplary case.

base alla Direttiva “Habitat” 92/43 EC. È composto prevalentemente da querceti planiziali, compresi nell’habitat 91M0 “Foreste Pannonico-Balcaniche di cerro e rovere”, e da macchia alta a sclerofille. Vi è inoltre un piccolo lembo di “Matorral arborecenti di *Laurus nobilis*” (habitat 5230\*), nonché alcuni stagni temporanei compresi nell’habitat a priorità

di conservazione 3170\* “Stagni temporanei mediterranei”. Il declino forestale degli ultimi venti anni ha quindi portato a fenomeni di mortalità molto elevata, il cui progressivo risultato è chiaramente visibile (fig. 4), tanto da poter mettere seriamente in discussione la sopravvivenza degli habitat presenti.

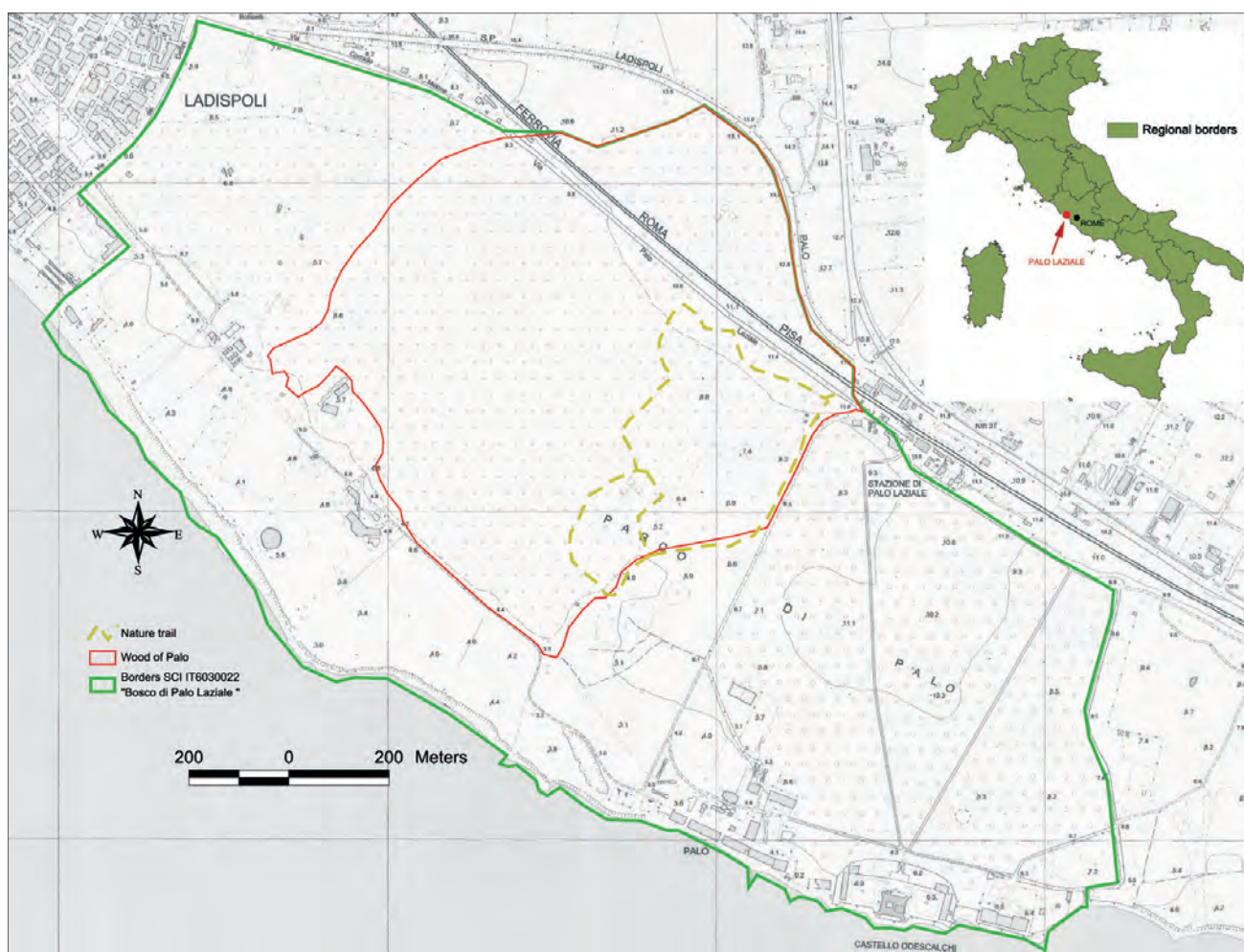


Fig. 3 – Mappa del SIC IT6030022 “Bosco di Palo Laziale”; Map of the SIC IT6030022 “Bosco di Palo Laziale”.

## Finalità dello studio

Lo studio multidisciplinare qui presentato mira a identificare le cause che hanno portato alle condizioni attuali, elemento necessario per qualsiasi ipotesi di ripristino ecologico (Bagnato et al., 2012). Migliorare la comprensione delle cause di mortalità e dei meccanismi di sopravvivenza degli ecosistemi forestali, considerando la loro importanza, è fondamentale per cercare di prevedere la risposta al cambiamento climatico globale di questi boschi, in termini di sopravvivenza e distribuzione, ma anche

di produttività e ciclo del carbonio associati (Bonan, 2008; Requardt et al., 2009). Nel nostro caso attraverso lo studio della struttura e della dinamica del bosco, dei parametri ambientali (clima, idrogeologia, pedologia, fitopatologia) e delle loro relazioni, si auspica di poter comprendere pienamente le cause del declino e definire una serie di azioni di intervento tese al completo ripristino del bosco, eventualmente idonee ad essere applicate in situazioni simili, utilizzando Palo Laziale come caso esemplare.

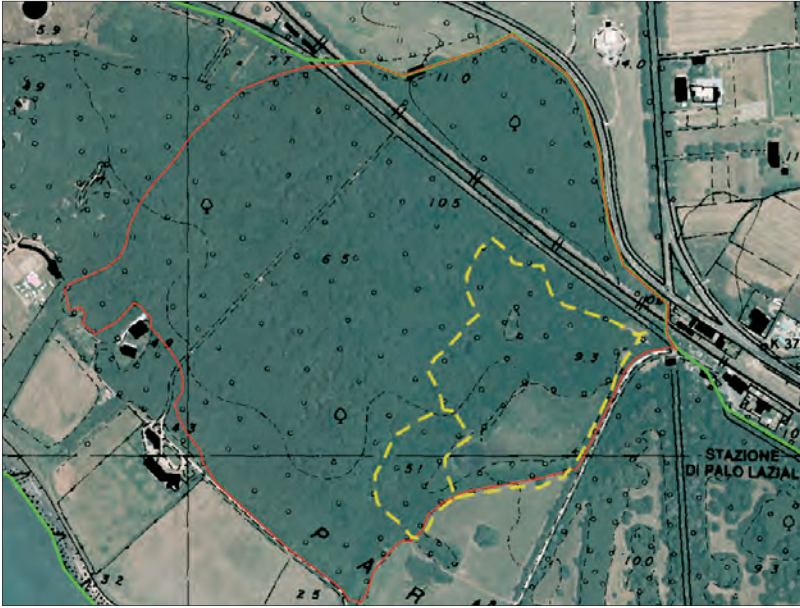


Fig. 4 – Foto aerea anno 2000;  
Aerial photo in 2000.

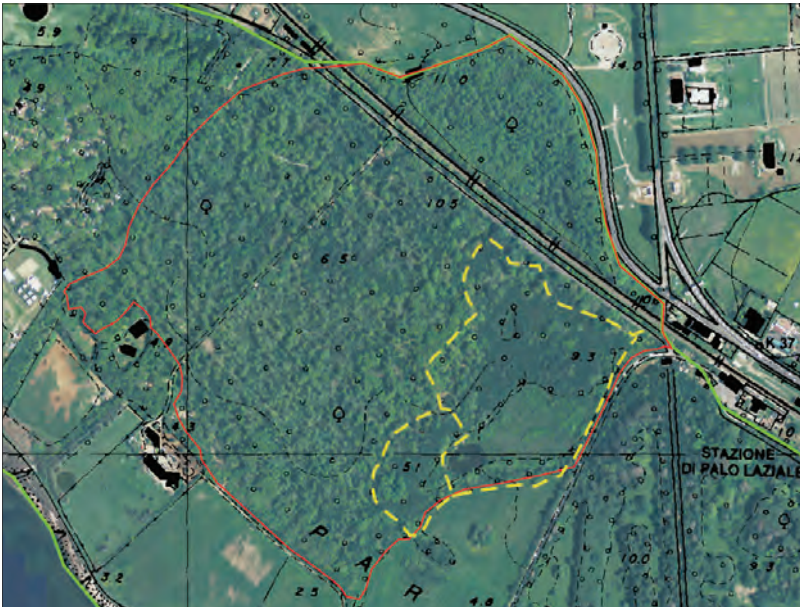


Foto aerea anno 2005;  
Aerial photo in 2005.

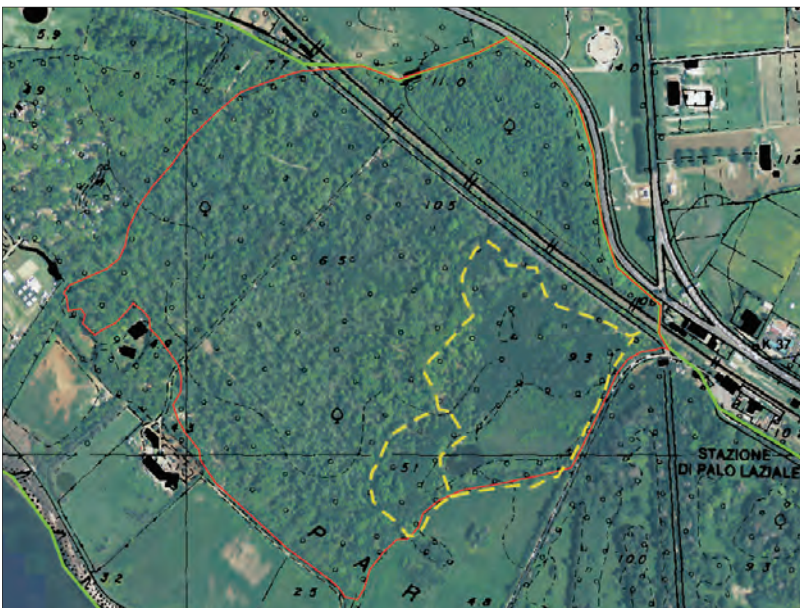


Foto aerea anno 2008;  
Aerial photo in 2008.

**BIBLIOGRAFIA – REFERENCES**

- Adams H. D., Guardiola-Claramonte M., Barron-Gafford G. A., Villegas J. C., Breshears D. D., Zou C. B., Troch P. A., Huxman T. E., 2009. Temperature sensitivity of drought-induced tree mortality portends increased regional die-off under global change-type drought. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 106:7063–7066.  
DOI:10.1073/pnas.0901438106
- Allen C.D., 2009. Climate-induced forest dieback: an escalating global phenomenon? *Unasylva* 60:43–49.
- Allen C.D., Macalady A.K., Chenchouni H., Bachelet D., McDowell N., Vennetier M., Kizberger T., Rigling A., Breshears D.D., Hogg E.H., Gonzalez P., Fensham R., Zhang Z., Castro J., Demidova N., Lim J.H., Allard G., Running S.W., Semerci A., Cobb N., 2010. A global overview of drought and heat-induced tree mortality reveals emerging climate change risks for forests. *Forest Ecology and Management* 259:660–684.  
DOI: 10.1016/j.foreco.2009.09.001
- Anselmi N., Nasini M., Gori M., Librandi I., Rocco E., Ravaioli F., 2007. Indagini sui fenomeni di deterioramento in ecosistemi forestali di aree protette. 6° Congresso Nazionale SISEF, Arezzo, 25–27 Set 2007, Contributo no. #c6.2.4,  
<http://sisefcongressi.org/2007/09/27/c6-2-4/>
- Anselmi N., Ferrari B., Nasini M., and Portoghesi L., 2008. Fitopatologia e selvicoltura di un bosco ceduo oltretutto. *Alberi e Territorio* 6:19–22.
- Bagnato S., Merlino A., Mercurio R., Solano F., Scarfò F., Spampinato G., 2012. Basic knowledge for forest restoration: the Pomieri forest case study (Madonie regional park, Sicily). *Forest@* 9(1):8–19.  
DOI:10.1016/j.foreco.2010.08.043.
- Beniston M., 2013. Exploring the behaviour of atmospheric temperatures under dry conditions in Europe: evolution since the mid-20th century and projections for the end of the 21st century. *International Journal of Climatology* 33 (2):457–462.  
DOI: 10.1002/joc.3436
- Beniston M., Stephenson D.B., Christensen O.B., Ferro C.A.T., Frei C., Goyette S., Halsnaes K., Holt T., Jylhä K., Koffi B., Palutikoff J., Schöll R., Semmler T., Woth K., 2007. Future extreme events in European climate; an exploration of regional climate model projections. *Climatic Change* 81:71–95.  
DOI: 10.1007/s10584-006-9226-z
- Bertini G., Amoriello T., Fabbio G., Piovosi M., 2011. Forest growth and climate change: evidences from the ICP-Forests intensive monitoring in Italy. *iForest* 4:262–267.  
DOI: 10.3832/ifor0596-004
- Bigler C., Braker O. U., Bugmann H., Dobbertin M., A. Rigling, 2006. Drought as an Inciting Mortality Factor in Scots Pine Stands of the Valais, Switzerland. *Ecosystems* 9:330–343.  
DOI: 10.1007/s10021-005-0126-2
- Bonan G.B., 2008. Forests and climate change: forcings, feedbacks, and the climate benefits of forests. *Science* 320:1444–1449.  
DOI: 10.1126/science.1155121
- Brasier C. M., 1996. *Phytophthora cinnamomi* and oak decline in southern Europe. Environmental constraints including climate change. *Annals of Forest Science* 53:347–358.  
DOI: 10.1051/forest:19960217
- Korner Ch., Sarris D., Christodoulakis D., 2005. Long-term increase in climatic dryness in the East-Mediterranean evidenced for the island of Samos. *Regional Environmental Change*, 5:27–36.  
DOI: 10.1007/s10113-004-0091-x
- Desprez-Loustau M.L., Marcais B., Nageleisen L.M., Piou, D., Vannini A., 2006. Interactive effects of drought and pathogens in forest trees. *Annals of Forest Science*, 63:597–612.  
DOI: 10.1051/forest:2006040
- Di Filippo A., Alessandrini A., Biondi F., Blasi S., Portoghesi L., Piovesan G., 2010. Climate change and oak growth decline: Dendroecology and stand productivity of a Turkey oak (*Quercus cerris* L.) old stored coppice in Central Italy. *Annals of Forest Science*, 67(7):706.  
DOI: 10.1051/forest/2010031
- Gallego F.J., Perez de Albaga A., Fernandez-Escobar R., 1999. Etiology of oak decline in Spain. *European Journal of Forest Pathology* 29:17–27.  
DOI: 10.1046/j.1439-0329.1999.00128.x
- Giorgi F., Lionello P., 2008. Climate change projections for the Mediterranean region. *Global and Planetary Change*, 63 (2–3):90–104.  
DOI: 10.1016/j.gloplacha.2007.09.005

- Gutschick V. P., BassiriRad H., 2003. Extreme events as shaping physiology, ecology, and evolution of plants: toward a unified definition and evaluation of their consequences. *New Phytologist* 160(1):21-42. DOI: 10.1046/j.1469-8137.2003.00866.x
- Horner G. J., Baker P. J., Mac Nally R., Cunningham S. C., Thomson J. R., Hamilton, F., 2009. Mortality of developing floodplain forests subjected to a drying climate and water extraction. *Global Change Biology* 15:2176–2186. DOI: 10.1111/j.1365-2486.2009.01915.x
- IPCC, 2007. Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, Pachauri, R.K and Reisinger, A. (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 104 pp.
- Jönsson U., 2006. A conceptual model for the development of Phytophthora disease in *Quercus robur*. *New Phytology* 171:55–68. DOI: 10.1111/j.1469-8137.2006.01743.x
- Jung T., Blaschke H., Osswald W., 2000. Involvement of Phytophthora species in Central European oak decline and the effect of site factors on the disease. *Plant Pathology* 49:706–718. DOI: 10.1046/j.1365-3059.2000.00521.x
- Levanic T., Cater M., McDowell N. G., 2011. Associations between growth, wood anatomy, carbon isotope discrimination and mortality in a *Quercus robur* forest. *Tree Physiology* 31:298–308. DOI: 10.1093/treephys/tpq111
- Lloret F., Siscart D., Dalmases C., 2004. Canopy recovery after drought dieback in holm-oak Mediterranean forests of Catalonia (NE Spain). *Global Change Biology* 10:2092–2099. DOI: 10.1111/j.1365-2486.2004.00870.x
- Martínez-Vilalta J., Lloret F., Breshears D. D., 2012. Drought-induced forest decline: causes, scope and implications. *Biology Letters* 8(5):689–691. DOI: 10.1098/rsbl.2011.1059
- Ogaya R., Penuelas J., 2007. Species-specific drought effects on flower and fruit production in a Mediterranean holm oak forest. *Forestry* 80 (3):351-357. DOI: 10.1093/forestry/cpm009
- Oosterbaan A., Nabuurs G. J., 1991. Relations between oak decline and groundwater class in the Netherlands. *Plant and Soil* 136:87–93. DOI:10.1007/BF02465223
- Requardt A., Schuck A., Köhl M., 2009. Means of combating forest dieback - EU support for maintaining forest health and vitality. *iForest* 2:38-42. DOI: 10.3832/ifor0480-002
- Sarris D., Christodoulakis D. and Korner C., 2007. Recent decline in precipitation and tree growth in the eastern Mediterranean. *Global Change Biology*, 13:1187–1200. DOI: 10.1111/j.1365-2486.2007.01348.x
- Siwecki R., Ulfarski K., 1998. Review of oak stand decline with special reference to the role of drought in Poland. *European Journal of Forest Pathology* 28 (2):99–112. DOI: 10.1111/j.1439-0329.1998.tb01171.x
- Thomas F. M.; Hartmann G., 1998. Tree rooting patterns and soil water relations of healthy and damaged stands of mature oak (*Quercus robur* L. & *Quercus petraea* [Matt.] Liebl.). *Plant and Soil* 203:145–158. DOI: 10.1023/A:1004305410905
- Thomas F. M.; Blank R.; Hartmann G., 2002. Abiotic and biotic factors and their interactions as causes of oak decline in Central Europe. *Forest Pathology* 32:277–307. DOI: 10.1046/j.1439-0329.2002.00291.x





# Analisi forestale: struttura e dinamismo del bosco di Palo Laziale

## Forestry analysis: structure and dynamics of the wood of Palo Laziale

**Luca Scarnati**

Biology Department University of Rome Tor Vergata

Via della Ricerca Scientifica, 00133 Rome Italy; e-mail: luca.scarnati@uniroma1.it

KEY WORDS: FOREST DECLINE, OAK WOODS, *QUERCUS CERRIS*, INDEX OF REGENERATION

### INTRODUZIONE

Il bosco di Palo si estende per circa 50 ettari all'interno del SIC IT6030022 "Bosco di Palo Laziale", istituito in base alla Direttiva Habitat 92/43 EC prevalentemente per la presenza al suo interno dell'habitat a priorità di conservazione 3170\* "Stagni temporanei mediterranei". Attualmente un fenomeno di declino del bosco è chiaramente visibile, minacciando la conservazione di tutti gli habitat presenti.

Il bosco è stato governato a ceduo fino al 1975. Da allora l'area è stata data in gestione al WWF e non sono stati più eseguiti trattamenti selvicolturali. In assenza di gestione si è innescato un processo di invecchiamento del ceduo (Bernetti, 1995; Ciancio & Nocentini, 2004). A partire dal 1995 sono stati osservati i primi fenomeni di deperimento forestale. Questi sono aumentati progressivamente, fino a quando, dopo l'estate siccitosa del 2003, sono stati rilevati nel bosco circa il 40% degli individui arborei morti e la presenza di *Biscogniauxia mediterranea*, l'agente causale del cancro carbonioso delle querce, in fase patogenica. L'anno successivo, il 2004, sono stati eseguiti tagli fitosanitari molto intensi, che hanno portato alla attuale fisionomia del bosco, che in alcuni punti è praticamente scomparso. Sembra quindi che il bosco abbia subito quel fenomeno di declino ormai diffuso in Europa e in Italia in particolare tra i boschi di querce, la cui causa prevalente sembra essere imputabile alla crescente aridità dovuta ai cambiamenti climatici su scala mondiale (Vannini et al., 2009; Di Filippo et al., 2010; Bertini et al., 2011; Levanic et al., 2011).

Allo stato attuale nell'area del bosco sono visibili due fisionomie:

- 1) macchia alta e chiusa, composta prevalentemente da arbusti mediterranei, con sporadica

### INTRODUCTION



The wood of Palo covers approximately 50 hectares of the SCI IT6030022 "Bosco di Palo Laziale", established under the "Habitat" Directive 92/43 EC. The SCI was established mostly because of the presence of the 91MO habitat, "Pannonian-Balcanic Turkey oak - sessile oak forests" and of the 3170\* priority habitat "Mediterranean temporary ponds". Currently, a phenomenon of forest decline is clearly visible and may seriously threaten the survival of both these habitats.

The wood was ruled a copse until 1975. The management of the area then passed over to the WWF and no silvicultural treatments have been performed since. The lack of management has triggered an ageing process (Bernetti, 1995; Ciancio & Nocentini, 2004). The first signs of forest dieback appeared in 1995. These have increased progressively, until, after the 2003 summer drought, about 40% of tree individuals were found dead and *Biscogniauxia mediterranea*, the causal agent of oaks' charcoal disease, was found to be present in a pathogenic phase. The following year, in 2004, very intense plant cuts were performed, which led to the wood's current appearance. It appears thus that the Palo wood has suffered the same decline that affected so many forests across Europe and Italy, especially among oak woods, and whose cause seems to be the growing aridity due to climate changes on a global level (Vannini et al., 2009; Di Filippo et al. 2010; Bertini et al., 2011; Levanic et al., 2011).

At present, two physiognomies are visible in the area:

- 1) A high and closed maquis, predominantly composed of Mediterranean shrub species, with sparse presence of tall tree individuals (fig. 1);

presenza di individui arborei d'alto fusto (fig. 1);  
 2) macchia bassa più o meno densa, composta da specie arbustive mediterranee e rinnovazione affermata, sia arbustiva che arborea; vi sono presenti sporadici esemplari d'alto fusto, sopravvissuti all'attacco di *B. mediterranea* ma per lo più deperienti, appartenenti prevalentemente ai generi *Quercus* e *Fraxinus* (fig. 2).

2) A low maquis of variable density, composed of Mediterranean shrub species and established shrub and tree regeneration with few tall tree individuals that survived the attack of *B. mediterranea* but are in most cases declining, mostly belonging to the *Quercus* and *Fraxinus* genera (fig. 2).



Fig. 1 – Macchia alta e chiusa; High and closed maquis.

La macchia bassa corrisponde all'area interessata dai tagli fitosanitari ed è ciò che resta del bosco deperiente e successivamente sarà indicata come tale. La macchia alta e chiusa, da quanto è possibile osservare, non mostra fenomeni di declino. Non ha in ogni caso subito tagli fitosanitari, è quindi il risultato di un'evoluzione indisturbata a partire almeno dal 1975. Analizzando la distribuzione spaziale, come approfondito in seguito, le due fisionomie appaiono distinte, con la macchia alta collocata prevalentemente all'interno dell'area delimitata dal Sentiero natura (fig. 3).

Al fine di definire lo stato attuale del bosco e i

The low maquis corresponds to the area where plant cuts were performed and is what remains of the declining wood and will be indicated as such from now on. The high and closed maquis as far as observed, does not show signs of decline. No cuts were carried out in this section, which is thus to be considered the result of an undisturbed evolution since 1975. Analysing the spatial distribution, as discussed in detail further on, the two groups appear distinct, with the high maquis located mostly within the area delimited by the Nature trail (fig. 3).

In order to define the current state of the wood and its ongoing dynamics, and to hypothesise the



**Fig. 2** – Bosco deperiente; Declining wood.

processi dinamici in corso, fare ipotesi sulle cause del declino e su eventuali interventi di ripristino ambientale, sono stati effettuati rilievi dendrometrici e della rinnovazione.

causes of decline and possible interventions for an environmental restoration, dendrometric and regeneration surveys have been performed.

## **MATERIALI E METODI**

Sono state realizzate 22 aree di saggio circolari, distribuite in modo omogeneo e con un raggio variabile da 5 a 15 metri secondo la densità della copertura, misurati mediante distanziometro laser (fig. 3). Le coordinate del centro di ogni area sono state prese mediante ricevitore GPS (fig. 4).

In ogni area di saggio è stato utilizzato un cavalletto dendrometrico (fig. 5) per misurare il diametro a petto d'uomo (ossia a 1.30 metri dal colletto) di ogni fusto (identificandone la specie) con diametro uguale o superiore a 2.5 cm, inserendo ogni rilievo in classi diametriche progressive di 5 cm. Sono stati così ricavati i principali parametri del soprassuolo: composizione, densità, distribuzione

## **MATERIALS AND METHODS**

22 circular sample plots, homogeneously distributed and with variable radius ranging from 5 to 15 meters depending on canopy density, were established. These were measured by laser range-finder (fig. 3). The coordinates for the centre of each plot were taken by GPS receiver (fig. 4).

In every sample plot, a calliper (fig. 5) was used to measure the diameter at breast height (i.e., at 1.30 meters from the collar) of each tree trunk (identifying the species) whose diameter is equal to or greater than 2.5 cm. Then each datum was inserted into progressive 5 cm diametrical classes. Thus, the main parameters of the stand were determined: composition, density, diametrical distribution and

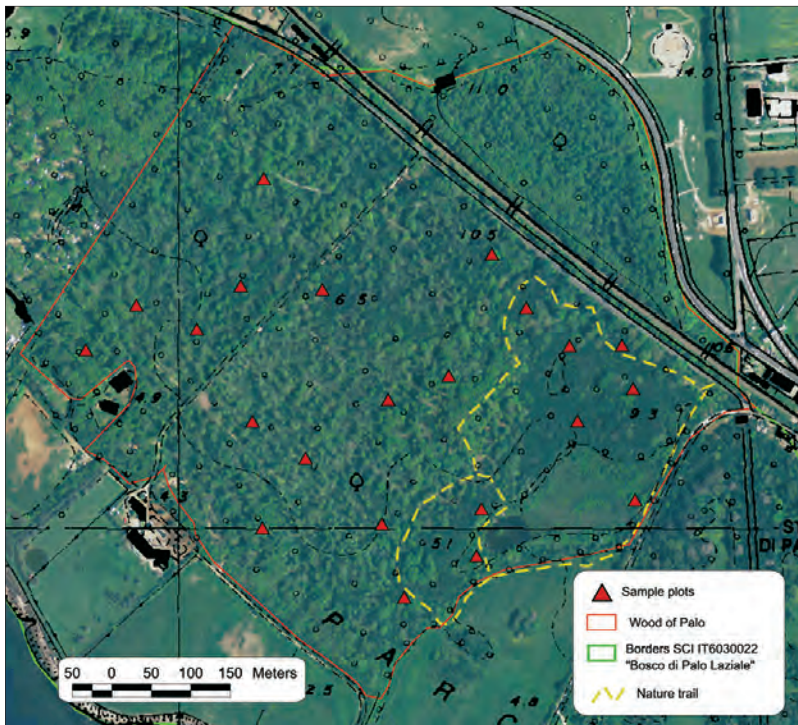


Fig. 3 – Distribuzione aree di saggio; Distribution of sample plots.



Fig. 4 – Ricevitore GPS e centro aree di saggio; GPS Receiver and sample plot's centre.



Fig. 5 – Cavalletto dendrometrico; The calliper.

diametrica e area basimetrica. L'area basimetrica si calcola dal diametro e fornisce un'indicazione circa l'entità della dominanza, della copertura delle chiome. La distribuzione diametrica è stata analizzata anche mediante l'applicazione della funzione di distribuzione di Weibull, dove il parametro di scala ( $\alpha$ ) è approssimativamente uguale alla mediana della distribuzione, mentre il parametro di forma ( $\gamma$ ) controlla l'asimmetria della distribuzione (Kamziah et al., 2000; Zhang & Liu, 2006; Attorre et al., 2011).

basal area. The basal area is calculated from the diameter and provides an indication of the extent of dominance of the canopy. The diametrical distribution was also analysed by applying the Weibull distribution, where the scale parameter ( $\alpha$ ) is approximately equal to the median of the distribution, while the shape parameter ( $\gamma$ ) controls the asymmetry of distribution (Kamziah et al., 2000; Zhang & Liu, 2006; Attorre et al., 2011).

Furthermore, a regeneration analysis was carried out by measuring the height of all plants with a diameter below 2.5 cm and a height above 20 cm, identifying their species. In this way, an Index of Regeneration (IR) was created, by multiplying the density of regeneration (per square metre) times the average regeneration height expressed in centimetres, which provided a measure of the extent of the regeneration (White & Paci, 2008; Scarnati et al., 2009). The average regeneration height was used as an indicator of the quality of regeneration itself, by attributing to a greater height a greater degree of affirmation.

To determine the statistical reliability of the data, the coefficient of variation for the averages was calculated and T-test performed, given the low number of areas, for the differences between the two types.

Inoltre è stata eseguita un'analisi della rinnovazione misurando l'altezza di tutte le piantine con un diametro inferiore a 2.5 cm e più alte di 20 cm, identificandone la specie. In questo modo è stato realizzato un Indice di Rinnovazione (IR), calcolato moltiplicando la densità di rigenerazione (al metro quadro) per l'altezza media della rinnovazione espressa in centimetri, che fornisce una misura dell'entità della rinnovazione (Bianchi & Paci,

2008; Scarnati et al., 2009). L'altezza media della rinnovazione è stata utilizzata come indicatore della qualità della stessa, attribuendo ad una maggiore altezza un maggior grado di affermazione.

Per determinare l'affidabilità statistica dei dati è stato calcolato il Coefficiente di variazione per le medie ed eseguito il T-test, dato il numero contenuto delle aree, per le differenze tra le due tipologie.

## RISULTATI

Di seguito sono indicati i valori delle medie di tutte le aree di saggio, espressi per le due diverse tipologie precedentemente indicate, così da evidenziarne le differenti caratteristiche e la specifica distribuzione spaziale.

### Piante a ettaro - densità

Le densità dei due gruppi sono significativamente differenti secondo il T-test, con  $P < 0.0001$  (tab. 1). Nella figura 6 è evidenziata graficamente la densità per le singole aree di saggio ed è possibile osservare come le due fisionomie siano spazialmente distinte, con le aree a maggiore densità collocate prevalentemente all'interno del sentiero natura.

## RESULTS

The following are the average values of all the sample plots, referred to the two distinct physiognomies mentioned above, so as to highlight the different characteristics and the specific spatial distribution.

### Plants per hectare - density

The density of the two groups is significantly different according to the T-test, with  $P < 0.0001$  (tab. 1). In figure 6, the density for the single sample plot is highlighted graphically and we can notice how the two physiognomies are spatially distinct, with the areas of greater density located mostly within the Nature trail.

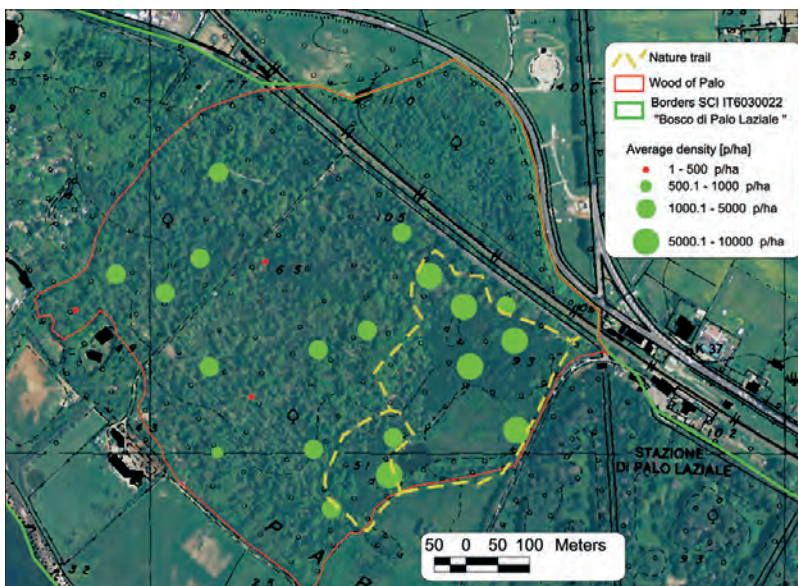


Fig. 6 – Densità nelle aree di saggio;  
Density in sample plots.

	High maquis	Declining wood
Density [p/ha]	6688	782
Variation coefficient	0.16	0.17

**Tab. 1** – Densità media per le due fisionomie;  
Average density for the two physiognomies.

Confrontando la densità tra le diverse specie che costituiscono i due gruppi (tab. 2), risulta che la differenza è certamente significativa per *Phyllirea angustifolia* e *P. latifolia* ( $P < 0.01$ ), *Pistacia lentiscus* ( $P < 0.05$ ) e *Ulmus minor* ( $P < 0.05$ ), con densità molto maggiori nella macchia alta.

La macchia alta è quindi molto più densa del bosco deperiente e la sua percentuale di arbusti molto maggiore (84% contro 62%).

By comparing the density of the various species that constitute the two groups (tab. 2), it appears that the difference is significant for *Phyllirea angustifolia* and *P. latifolia* ( $P < 0.01$ ), *Pistacia lentiscus* ( $P < 0.05$ ) and *Ulmus minor* ( $P < 0.05$ ), which have a much higher density in the high maquis.

The high maquis is therefore much thicker than the declining wood and its percentage of shrubs much greater (84% against 62 %).

**Tab. 2** – Densità media [p/ha] per le diverse specie per ogni fisionomia, in neretto le differenze significative;  
Average Density [p/ha] of the different species for each type, significant differences in bold.

	<i>Phyllirea</i> spp.	<i>Pistacia</i> <i>lentiscus</i>	<i>Laurus</i> <i>nobilis</i>	<i>Quercus</i> <i>pubescens</i>	<i>Quercus</i> <i>cerris</i>	<i>Quercus</i> <i>Ilex</i>	<i>Fraxinus</i> <i>ornus</i>	<i>Ulmus</i> <i>minor</i>	Others
High maquis [p/ha]	<b>4010</b>	<b>1015</b>	2	21	67	4	149	<b>584</b>	170
%	66.59	16.85	0.03	0.35	1.11	0.07	2.47	9.70	2.82
Declining wood [p/ha]	<b>555</b>	<b>36</b>	124	33	86	8	99	<b>4</b>	10
%	58.12	3.77	12.98	3.46	9.01	0.84	10.37	0.42	1.05

## Distribuzione delle classi diametriche

Analizzando il numero di piante ad ettaro per ogni classe diametrica di 5 cm, otteniamo una indicazione della struttura del popolamento per i due gruppi (tab. 3).

Analizzando la distribuzione delle classi diametriche si osserva come la maggior parte degli individui siano concentrati nelle classi diametriche più piccole, mentre alle classi diametriche superiori ai 10 cm corrispondono valori progressivamente molto più bassi. Una distribuzione progressivamente decrescente viene indicata anche dalla funzione di Weibull (tab. 4), con  $\gamma < 1$  che corrisponde ad una

## Distribution of diametrical classes

Analysing the number of plants per hectare for every 5 cm diametrical class, we have an indication of the population structure for the two groups (tab.3).

Analysing the distribution of the diametrical classes, the majority of individuals are concentrated in the smaller diametrical classes, while the diametrical classes over 10 cm have progressively lower values. A progressively decreasing distribution is also indicated by the Weibull function (tab. 4), with  $\gamma < 1$  which corresponds to a distribution curve of the diametrical classes in the form of an inverted J. The function thus indicates an optimal state of population

**Tab. 3** – Densità media [p/ha] per classi diametriche per le due diverse fisionomie, in neretto le differenze significative; Density average for diametrical class for the two physiognomies.

Diameter classes [cm]	5	10	15	20	25	30	35
High maquis [p/ha]	<b>5676</b>	<b>1398</b>	184	163	50	21	28
%	75.48	18.59	2.45	2.17	0.66	0.28	0.37
Variation coefficient	0.24	0.38	0.58	0.59	0.85	0.56	1.00
<b>T-test</b>	< 0.01	< 0.05	> 0.05	> 0.05	> 0.05	> 0.05	> 0.05
Declining wood [p/ha]	<b>764</b>	<b>124</b>	33	54	32	35	1
%	73.25	11.89	3.16	5.18	3.07	3.36	0.10
Variation coefficient	0.23	0.34	0.69	0.63	0.71	0.50	1.00

curva di distribuzione delle classi diametriche a forma di J rovesciata. La funzione indica quindi un ottimo stato di rigenerazione dei popolamenti, con abbondanti individui giovani e con mortalità progressivamente decrescente andando dalle classi più piccole a quelle più grandi. Inoltre solo le prime due classi diametriche, 5 e 10 cm, sono significativamente differenti, con la densità della macchia alta superiore rispetto a quella del bosco deperiente.

regeneration, with a great number of young individuals and with a progressively decreasing mortality, from smaller classes to larger ones. In addition, only the first two diametrical classes, 5 and 10 cm, differ significantly, with a higher density in the high maquis than in the declining wood.

**Tab. 4** – Valori della funzione di distribuzione di Weibull per le due fisionomie; Weibull function values for the two physiognomies.

	shape parameter $\gamma$	scale parameter $\alpha$	Regeneration status
High maquis	0.45	0.56	eccellente
Declining wood	0.47	2.72	eccellente

### Area basimetrica - dominanza

I valori di area basimetrica dei due gruppi sono significativamente differenti secondo il T-test, con  $P < 0.001$  (tab.5). La copertura della macchia alta è quindi molto maggiore rispetto al bosco deperiente. Nella foto 7 è evidenziata graficamente l'area basimetrica per le singole aree di saggio ed è possibile osservare come le due fisionomie siano spazialmente distinte, con le aree a maggiore area basimetrica collocate prevalentemente all'interno del sentiero natura.

### Basal Area - Dominance

The basal area values for the two groups are significantly different according to the T-test, with  $P < 0.001$  (tab. 5). The canopy of the high maquis is therefore much wider than the declining wood's canopy. Figure 7 illustrates the basal area for single sample plots graphically and shows how the two groups are spatially distinct and that the portion with greater basal area is mostly set within the Nature trail.



	High maquis	Declining wood
Basal area [m <sup>2</sup> /ha]	24.82	9.80
Variation coefficient	0.12	0.17

Tab. 5 – Valori di Area Basimetrica per le due fisionomie;  
Basal area values for the two physiognomies.

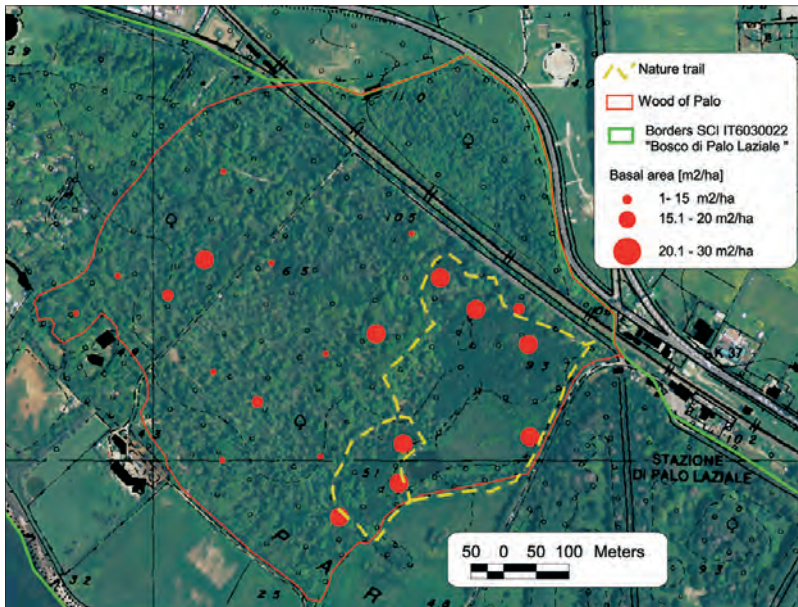


Fig. 7 – Area basimetrica nelle diverse aree di saggio;  
Basal area in the different sample plots.

### Indice di Rinnovazione (IR)

In merito all'IR i due gruppi non sono significativamente differenti (tab. 6), con  $P > 0.05$ . L'entità della rinnovazione tra le due fisionomie non può essere considerato differente.

	High maquis	Declining wood
IR [cm/m <sup>2</sup> ]	33.35	26.90
Variation coefficient	0.25	0.31

### Index of Regeneration (IR)

Regarding the IR, the two groups are not significantly different (tab. 6), with  $P > 0.05$ . The extent of regeneration between the two physiognomies can not be considered different.

Tab. 6 – Valori dell'Indice di Rinnovazione per le due fisionomie;  
IR values for the two physiognomies.

Inoltre confrontando il valore IR per singole specie, attraverso il T-test, è possibile attribuire una differenza significativa unicamente ai valori relativi al *Quercus cerris*, che nel bosco deperiente è significativamente maggiore ( $P < 0.001$ ), con un valore medio di 5,32 cm/m<sup>2</sup> contro lo 0,07 cm/m<sup>2</sup> della macchia alta.

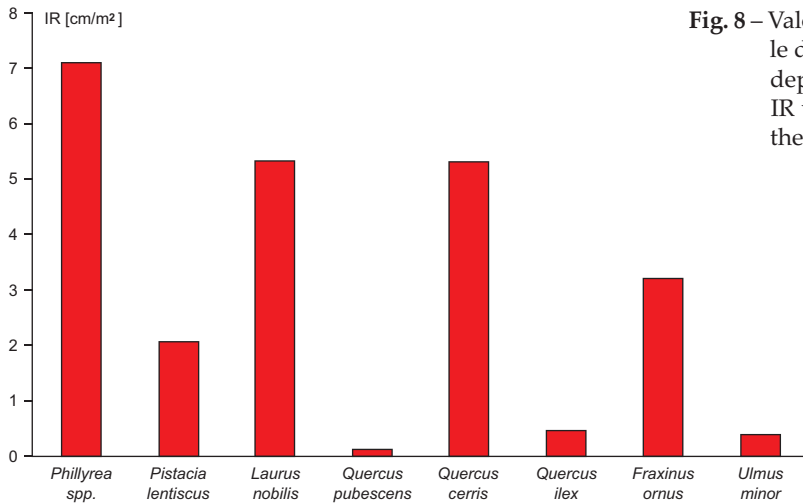
In figura 8 è riportato l'istogramma relativo alle diverse specie per il solo bosco deperiente, dove si

Furthermore, by comparing the IR value for individual species, through T-test, we can attribute a significant difference only to the values relating to the *Quercus cerris*, which in the declining wood are significantly higher ( $P < 0.001$ ), with an average value of 5,32 cm/m<sup>2</sup> against the 0,07 cm/m<sup>2</sup> of the high maquis.

Figure 8 shows the histogram of the different species for the declining wood only, where

nota la presenza di rinnovazione sia, in diversa misura, per le specie arboree che componevano il bosco originario (prevalentemente *Quercus cerris* e *Fraxinus ornus*) che per quelle arbustive.

regeneration is present both, though in different measure, in the tree species that comprised the original wood (mainly *Quercus cerris* and *Fraxinus ornus*) and in the shrubs species.



**Fig. 8** – Valori dell’Indice di Rinnovazione per le diverse specie all’interno del bosco deperiente; IR values for different species within the declining wood.

**Altezza media della rinnovazione**

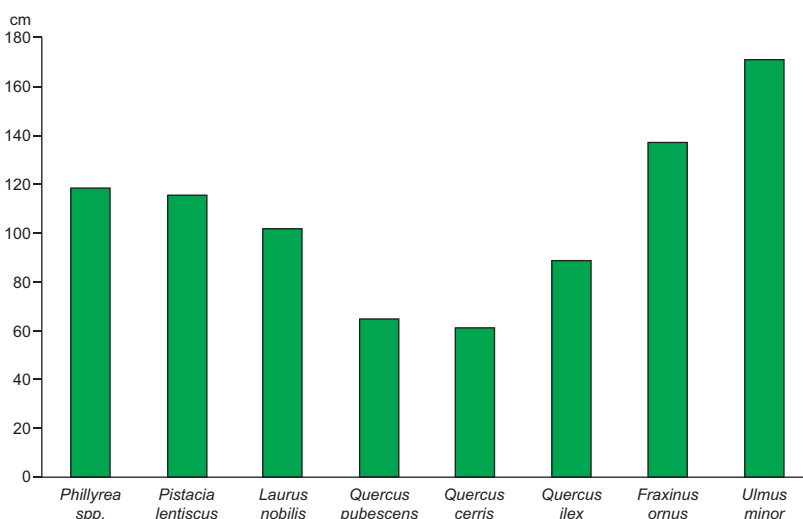
**Average height of regeneration**

Anche in merito all’altezza media della rinnovazione i due gruppi non sono significativamente differenti (tab. 7), con  $P > 0.05$ . Il grado di affermazione della rinnovazione quindi non può essere considerato differente.

Even in the average height of regeneration, the two groups are not significantly different (tab. 7), with  $P > 0.05$ . The regeneration's degree of affirmation can't thus be considered different.

	High maquis	Declining wood
Average height [cm]	71.11	106.45
Variation coefficient	0.18	0.07

**Tab. 7** – Altezza media per le due fisionomie; Average height for the two physiognomies.



**Fig. 9** – Altezza media [cm] della rinnovazione per le diverse specie all’interno del bosco deperiente; Average height [cm] of the regeneration for different species within the declining wood.

## DISCUSSIONI E CONCLUSIONI

Il progressivo declino ha portato il bosco di Palo a condizioni di degrado tali da rendere necessari intensi tagli fitosanitari su gran parte dell'area, determinando una forte riduzione del soprassuolo forestale. Nel contesto più generale del declino forestale, evidenziare l'effetto delle diverse pressioni è sicuramente una priorità (Bertini et al., 2011). L'analisi forestale ci ha quindi permesso di evidenziare le principali concause che hanno determinato questa situazione e di ipotizzare possibili rimedi, così da fornire un esempio per casi simili. Nel dettaglio, osservando i risultati relativi alla struttura del bosco, è possibile definire le principali caratteristiche delle due diverse fisionomie riscontrate, nonché verificare la loro distinta collocazione spaziale:

- macchia alta - densità molto elevata (tab. 1), dovuta soprattutto a specie arbustive quali *Phyllirea spp.* e *Pistacia lentiscus* (tab.2), concentrate nelle classi diametriche più piccole (tab. 3 e 4) e con una copertura molto elevata (tab. 5), quindi molte piante di piccole dimensioni che formano una struttura chiusa; collocata prevalentemente all'interno del sentiero natura (fig. 6 e 7).
- Bosco degradato - bassa densità (tab. 1) e scarsa copertura (tab. 5), con una minore presenza di arbusti (tab. 2), quindi poche piante di piccole dimensioni (tab. 3 e 4) che formano una struttura aperta; ricopre la restante superficie dell'area (fig. 6 e 7).

Per quanto riguarda la macchia alta essa vegeta apparentemente in buono stato e presenta rinnovazione spontanea affermata (tab. 6 - 7; fig 8 -9), sembra quindi confermato che non risenta di fenomeni di deperimento.

I risultati confermano invece lo stato di consistente degrado del bosco. Per il quale è anche evidente come la rinnovazione sia quantitativamente presente (tab. 6; fig. 8) e affermata (tab. 7; fig. 9), tanto da formare uno strato inferiore a tratti piuttosto fitto. In esso è stata inoltre rilevata una maggiore presenza di rinnovazione di *Quercus cerris* rispetto alla macchia alta, specie caratteristica di questa formazione. Evidentemente i tagli fitosanitari realizzati nell'area del bosco, da ultimo quello molto intenso del 2004, hanno portato ad un'apertura del suolo. Questo, in

## DISCUSSIONS AND CONCLUSIONS

The progressive decline has led the Palo wood to such a degree of degeneration that this has required intense plant cuts on large part of the area. This caused a strong reduction of the wood's stand. In the more general context of the wood's decline, highlighting the effect of the various pressures is surely a priority (Bertini et al., 2011). Forestry analysis has therefore allowed us to highlight the major contributing factors which have determined this situation, and to hypothesise possible solutions, so as to provide an example for similar cases. In detail, by observing the data on the wood's structure, the main features of the two different physiognomies present can be identified, and their distinct spatial distribution verified:

- high maquis - very high density (tab. 1), mainly due to shrub species such as *Phyllirea spp.* and *Pistacia lentiscus* (tab.2), concentrated in lower diametrical classes (tab. 3 and 4) and with a very wide canopy (tab. 5), thus, many plants of small dimensions which form a closed structure; Mainly set within the Nature trail (fig. 6 and 7).
- Declining wood - low density (tab. 1) and scarce canopy (tab. 5), with a lower presence of shrubs (tab. 2), thus, few plants of small dimensions (tab.3 and 4) which form an open structure; it covers the remaining surface of the area (fig. 6 and 7).

Regarding the high maquis, it apparently is in good condition and has an established spontaneous regeneration (tab. 6 and 7; fig. 8 and 9); It therefore appears that the high maquis is not affected by the decline phenomena.

The results have instead confirmed the significant declining of the wood. Then again, the regeneration is quantitatively significant (tab. 6; fig. 8) and established (tab. 7; fig. 9), so as to form a lower layer that is quite thick. A greater regeneration, if compared to the high maquis, of the *Quercus cerris* - characteristic species of this physiognomy - was detected. Evidently, the plant cuts carried out in the wood area, as the very intense ones in 2004, have led to a clearing of the ground. This, in an area where no maintenance activities were performed, at least since 1975, clearly favoured the dissemination of the surviving plants

un'area in cui non si eseguivano interventi almeno dal 1975, ha evidentemente favorito la disseminazione da parte delle piante sopravvissute e la conseguente germinazione e attecchimento della rinnovazione. Vi sono quindi le condizioni favorevoli per il ripristino del bosco.

Attualmente però, le poche piante adulte rimaste mostrano visibili segni di deperimento e non sembrano in grado di poter fornire ulteriore seme. Inoltre appare in atto una competizione tra rinnovazione arborea e arbustiva. Vi è quindi la possibilità, dato che la vegetazione arbustiva è presente anche con numerosi individui adulti di piccole dimensioni, che essa possa prevalere e chiudersi, dando vita ad una formazione simile a quella della macchia alta. Situazione difficilmente reversibile, come dimostrato in casi simili (Acàcio et al., 2007). Inoltre, considerando che il deperimento è imputato principalmente ad una progressiva aridità, questo confermerebbe quanto riportato in letteratura in merito alla maggiore adattabilità e resilienza delle specie arbustive più diffuse a Palo. La fillirea (*Phillyrea spp.*), rispetto ad altre specie anche esse tipicamente mediterranee quali il leccio (*Quercus ilex*) (Martínez-Vilalta et al., 2002a, 2002b; Ogayaa & Penuelas, 2007; Vitale et al., 2007), o il lentisco (*Pistacia lentiscus*) rispetto alle querce caducifoglie (Manes et al., 1998). È quindi indispensabile un intervento in tempi brevi, ricorrendo a tagli selettivi che favoriscano l'affermazione delle specie arboree e/o ad interventi di messa a dimora di piantine di almeno 3 anni (con l'accortezza di utilizzare materiale di propagazione reperito in situ). In tal modo le specie arboree, per lo più presenti in forma di rinnovazione, riuscirebbero a prendere il sopravvento per formare un bosco d'alto fusto.

Per quanto riguarda l'effetto dell'inquinamento atmosferico di origine antropica come possibile concausa del deperimento forestale, non sono stati effettuati studi specifici sull'area in questione. Ciò non toglie che si tratti di un territorio che ha subito una consistente e progressiva urbanizzazione e che l'emissione di sostanze fitotossiche in atmosfera è considerato come uno dei fattori in grado di contribuire allo stress degli ecosistemi forestali, in particolar modo per quanto riguarda l'ozono, la cui azione è particolarmente dannosa in concomitanza con i cambiamenti climatici (Clauser, 1998; Gerosa et al., 2009; De Marco et al., 2013).

In merito alla successiva gestione del bosco, si

and consequent germination and regeneration processes. Thus, there are favourable conditions for the wood's restoration.

However, currently, the few remaining adult plants show visible signs of deterioration and do not seem capable of producing new seeds. In addition, a competition between tree and shrub regeneration appears to be taking place. So there is a chance, given that the shrub vegetation is present with many small size adult individuals, that this may prevail and thicken, creating a formation similar to that of the high maquis. This situation would be difficult to reverse, as demonstrated in similar cases (Acacio et al., 2007). Furthermore, since the deterioration is attributed mainly to a progressive aridity, it confirms what is reported in literature regarding the greater adaptability and resilience of the shrub species which are prevalent at Palo: the Phillyrea (*Phillyrea spp.*) over other typically Mediterranean species such as the holm oak (*Quercus ilex*) (Martínez-Vilalta et al., 2002a, 2002b; Ogayaa & Penuelas, 2007; Vital et al., 2007), and the lentisk (*Pistacia lentiscus*) over deciduous oaks (Manes et al., 1998). An intervention in the near future is therefore essential, with selective cuts to encourage the affirmation of tree species and/or planting interventions of 3 years old minimum individuals (taking care to use propagation material found in situ). This way, the tree species, now mostly present as regeneration, could take over and form a wood of tall trees.

As regards the effect of anthropogenic air pollution as a possible contributing cause of the wood's decline, no specific studies have been performed on the area. That does not alter the fact that this territory has undergone a substantial and progressive urbanization, and that the emission of phytotoxicants in atmosphere is considered as one of the contributing factors to forest ecosystems' stress; And this is especially true about ozone, whose action is particularly harmful in conjunction with climate changes (Clauser, 1998; Gerosa et al., 2009; De Marco et al., 2013).

On the future management of the wood, we must bear in mind that the lack of forestry operations, even simple thinning cuts, has been postulated as a contributing factor to wood decline in many other woods of the region where all forestry practice had been interrupted (Anselmi et al., 2007, 2008). This because an increase in density and the consequent competition for resources bring about stress

consideri che la mancanza di interventi selvicolturali, anche semplici tagli di diradamento, è stata ipotizzata come una delle concause di declino forestale in numerosi altri boschi della regione in cui era stata interrotta ogni pratica selvicolturale (Anselmi et al., 2007, 2008). Questo a causa di un aumento della densità e della conseguente competizione per le risorse, determinando condizioni di stress che contribuiscono a rendere le piante vulnerabili ai parassiti di debolezza (Fensham & Holman, 1999; Gallego et al. 1999; Thomas et al., 2002; Guarin & Taylor, 2005; Priyantha Ranjan et al., 2006). Ne segue che una volta che la copertura sarà ripristinata, bisognerà prendere in considerazione una gestione selvicolturale tale da escludere un'eccessiva densità, in modo da evitare che si verificano nuovamente condizioni di stress tali da dare il via a fenomeni di deperimento. In generale secondo i principi della selvicoltura naturalistica, sarebbe poi buona norma favorire la biodiversità e la disetaneità, aumentando così la resilienza del bosco a tutte le sollecitazioni esterne.

conditions that contribute to making the plants vulnerable to weakness parasites (Fensham & Holman, 1999; Gallego et al. 1999; Thomas et al., 2002; Guarin & Taylor, 2005; Priyantha Ranjan et al., 2006). It follows that, once the canopy has been restored, forestry management must aim at preventing an excessive density and the re-occurrence of stress conditions which might trigger new deterioration phenomena. In general, according to the principles of naturalistic silviculture, good practice should encourage biodiversity and age diversity, thus increasing the wood's resilience to all external stress factors.

## BIBLIOGRAFIA – REFERENCES

Acácio V., Holmgren M., Jansen P. A., Schrotter O., 2007. Multiple recruitment limitation causes arrested succession in mediterranean cork oak systems. *Ecosystems* 10:1220–1230.

DOI: 10.1007/s10021-007-9089-9

Anselmi N., Nasini M., Gori M., Librandi I., Rocco E., Ravaioli F., 2007. Indagini sui fenomeni di deperimento in ecosistemi forestali di aree protette. 6° Congresso Nazionale SISEF, Arezzo, 25 – 27 Set 2007, Contributo no. #c6.2.4

<http://sisefcongressi.org/2007/09/27/c6-2-4/>

Anselmi N., Ferrari B., Nasini M., and Portoghesi L., 2008. Fitopatologia e selvicoltura di un bosco ceduo oltretorno. *Alberi e Territorio* 6:19–22.

Attorre F., Taleb N., De Sanctis M., Farcomeni A., Guillet A., Vitale M., 2011. Developing conservation strategies for endemic tree species when faced with time and data constraints: *Boswellia* spp. on Socotra (Yemen). *Biodiversity and Conservation* 7:1483-1499. DOI: 10.1007/s10531-011-0039-7

Bernetti G., 1995. *Selvicoltura speciale*. UTET Torino (Italy), pp. 197-220. ISBN 88-02-04867-3.

Bertini G., Amoriello T., Fabbio G., Piovosi M., 2011. Forest growth and climate change: evidences from the ICP-Forests intensive monitoring in Italy. *iForest* 4:262- 267.

DOI: 10.3832/ifor0596-004

Bianchi L., Paci M., 2008. Dinamica evolutiva e gestione delle abetine toscane: sintesi di quarant'anni di ricerche. *Forest@* 5(1):122–130.

DOI: 10.3832/efor0517-0050122

Ciancio O., Nocentini S., 2004. Il bosco ceduo: selvicoltura, assestamento, gestione, *Accademia Scienze Forestali*, Firenze (Italy). ISBN: 8887553068.

Clauser F., 1998. Crisi ecologica del bosco. In Pignatti S. (a cura di) 1998. *I BOSCHI D'ITALIA*. UTET Torino (Italy), pp. 499-518. ISBN 88-02-05251-4.

De Marco A., Screpanti A., Attorre F., Proietti C., Vitale V., 2013. Assessing ozone and nitrogen impact on net primary productivity with a Generalised non-Linear Model. *Environmental Pollution*

172:250-263.

DOI: 10.1016/j.envpol.2012.08.015

Di Filippo A., Alessandrini A., Biondi F., Blasi S., Portoghesi L., Piovesan G., 2010. Climate change and oak growth decline: Dendroecology and stand productivity of a Turkey oak (*Quercus cerris* L.) old stored coppice in Central Italy. *Annals of Forest Science*, 67(7):706.

DOI: 10.1051/forest/2010031

Fensham R.J., Holman J.E., 1999. Temporal and spatial patterns in drought-related tree dieback in Australian savanna. *Journal of Applied Ecology*, 36:1035-1050.

DOI: 10.1046/j.1365-2664.1999.00460.x

Gallego F.J., Perez de Albaga A., Fernandez-Escobar R., 1999. Etiology of oak decline in Spain. *European Journal of Forest Pathology* 29:17-27.

DOI: 10.1046/j.1439-0329.1999.00128.x

Gerosa G., Finco A., Mereu S., Vitale M., Manes F., Ballarin Denti A., 2009. Comparison of seasonal variations of ozone exposure and fluxes in a Mediterranean Holm oak forest between the exceptionally dry 2003 and the following year. *Environmental Pollution* 157:1737-1744.

DOI: 10.1016/j.envpol.2007.11

Guarín A., Taylor A.H., 2005. Drought triggered tree mortality in mixed conifer forests in Yosemite National Park, California, USA *Forest Ecology and Management* 218:229-244.

DOI: 10.1016/j.foreco.2005.07.014

Kamziah A.K., Ahmad M.I., Ahmad Zuhaidi Y., 2000. Modelling diameter distribution in even-aged and uneven-aged forest stands. *Journal of Tropical Forest Science* 12:669-681.

Levanic T., Cater M., McDowell N. G., 2011. Associations between growth, wood anatomy, carbon isotope discrimination and mortality in a *Quercus robur* forest. *Tree Physiology* 31:298-308.

DOI: 10.1093/treephys/tpq111

Manes F., Donato E., Vitale M., 1998. Eco fisiologia di alcune specie presenti nella vegetazione del Parco Nazionale del Circeo. In: Stanisci A., Zerunian S. (Eds.), 1998. Flora e vegetazione del Parco Nazionale del Circeo. Ministero per le Politiche agricole, Gestione ex A.S:F.D. (Sabaudia): 149-167.

Martínez-Vilalta J., Pinol J., Beven K., 2002a. A hydraulic model to predict drought-induced

mortality in woody plants: an application to climate change in the Mediterranean. *Ecological Modelling* 155: 127-147.

DOI: 10.1016/S0304-3800(02)00025-x

Martínez-Vilalta J., Prat E., Oliveras I., Piñol J., 2002b. Xylem hydraulic properties of roots and stems of nine Mediterranean woody species. *Oecologia* 133:19-29.

DOI: 10.1007/s00442-002-1009-2

Ogayaa R., Penuelas J., 2007. Species-specific drought effects on flower and fruit production in a Mediterranean holm oak forest *Forestry* 80(3): 351-357.

DOI:10.1093/forestry/cpm009

Priyantha Ranjan S., Kazama S., Sawamoto M., 2006. Effects of climate and land use changes on groundwater resources in coastal aquifers. *Journal of Environmental Management* 80:25-35.

DOI: 10.1016/j.jenvman.2005.08.008

Scarnati L., Attorre F., De Sanctis M., Farcomeni A., Francesconi F., Mancini M., Bruno F., 2009. A multiple approach for the evaluation of the spatial distribution and dynamics of a forest habitat: the case of Apennine beech forests with *Taxus baccata* and *Ilex aquifolium*. *Biodiversity and Conservation* 18:3099-3113.

DOI: 10.1007/s10531-009-9629-z

Thomas F. M.; Blank R.; Hartmann G., 2002. Abiotic and biotic factors and their interactions as causes of oak decline in Central Europe. *Forest Pathology* 32:277-307.

DOI: 10.1046/j.1439-0329.2002.00291.x

Vannini A., Lucero G., Anselmi N., Vettraino A.M., 2009. Response of endophytic *Biscogniauxia mediterranea* to variation in leaf water potential of *Quercus cerris*. *Forest Pathology* 39:8-14.

DOI: 10.1111/j.1439-0329.2008.00554.x

Vitale M., Capogna F., Manes F., 2007. Resilience assessment on *Phillyrea angustifolia* L. maquis undergone to experimental fire through a big-leaf modelling approach. *Ecological modelling* 203: 387-394.

DOI: 10.1016/j.ecolmodel.2006.12.004

Zhang L.J., Liu C.M., 2006. Fitting irregular diameter distributions of forest stands by Weibull, Modified Weibull, and Mixture Weibull models. *Journal of Forest Research*, 11:369-372.

DOI: 10.1007/s10310-006-0218-7



# Caratteristiche climatiche del bosco di Palo Laziale

## *Climatic characteristics of the wood of Palo Laziale*

Fabio Francesconi<sup>1</sup>, Alessio Farcomeni<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Environmental Biology Department;* <sup>2</sup>*Department of Experimental Medicine – Statistics Unit*  
*Sapienza University of Rome, P.le A. Moro 5 – 00185 Rome Italy; e-mail: fabio.francesconi@uniroma1.it*

KEY WORDS: CLIMATIC DATA, CLIMATIC TREND

### INTRODUZIONE


Il clima e i suoi cambiamenti hanno una grande influenza sugli ecosistemi forestali, tanto da essere indicati come uno dei principali fattori in grado di determinare variazioni nella loro struttura e composizione, nonché come una delle principali cause del deperimento forestale attualmente visibile a livello mondiale (Guarìn & Taylor, 2005; Bertini et al., 2011; Martínez-Vilalta, 2012). Per verificare l'esistenza di variazioni a livello locale, così da poter ipotizzare il loro ruolo nel fenomeno di declino forestale che ha interessato il bosco di Palo, abbiamo analizzato serie storiche di dati climatici.

### MATERIALI E METODI

L'area di studio è caratterizzata da un clima mediterraneo, dove nel periodo estivo le alte temperature e la scarsità delle precipitazioni danno luogo a periodi di aridità e a valori negativi del bilancio idrico del suolo (Blasi, 1994).

La stazione meteorologica di Ladispoli, la più vicina all'area di studio, ha in archivio dati che riguardano solo le precipitazioni, registrate nel periodo 1951-1999. L'interruzione delle registrazioni pluviometriche avvenuta nel 2000, e la completa mancanza di dati riguardanti le temperature, hanno reso necessaria la ricerca di altre stazioni meteorologiche limitrofe. A questo scopo sono state individuate le stazioni più vicine all'area di studio, per un raggio di 35 Km, che avessero serie storiche di registrazioni termopluviometriche più lunghe e più complete possibili. Per le stazioni individuate è stata effettuata un'analisi di significanza (ANOVA) sui valori della serie pluviometrica, con l'obiettivo di

### INTRODUCTION

 Climate and its changes have great influence on forest ecosystems and are in fact considered one of the main factors that determine variations in ecosystems' structure and composition, as well as one of the main causes of the forest dieback now visible on a global level (Guarìn & Taylor, 2005; Bertini et al., 2011; Martínez-Vilalta, 2012). To verify the existence of local variations at Palo and postulate their role in the forest decline that has affected the Palo wood, we have analysed historical series of climatic data.

### MATERIALS AND METHODS

The area is characterized by a mediterranean climate, and during summer the high temperatures and the low precipitation result in a dry period in which evapotranspiration shows a negative ratio for the soil's water system (Blasi, 1994).

The meteorological station of Ladispoli, the closest to the study area, has archived data on precipitation only between 1951 and 1999. The interruption of rainfall recordings in 2000, and the complete lack of data regarding temperatures, forced us to look to other meteorological stations in the neighbouring area. For this purpose, we identified the stations closest to the study area, with a maximum distance of 35 Km, which had historical series of thermopluviometric recordings, as long and as comprehensive as possible. For the stations identified, a significance analysis (ANOVA) was performed on the values of the rainfall series, with the aim of finding the one whose trend was most similar to that of the Ladispoli station. The ANOVA analysis was



individuare quella con il trend più simile a quello della stazione di Ladispoli. L'analisi ANOVA è stata condotta dopo aver reso omogenee le diverse serie storiche, analizzando solo i periodi di registrazione in comune. Sono state così individuate le stazioni utili e le corrispondenti serie di dati per temperature e delle precipitazioni.

È stato quindi analizzato il trend delle anomalie sulla media del periodo per i parametri di: temperatura media annua ( $T_{av}$ ), media annua delle temperature massime ( $T_{mx}$ ), media annua delle temperature minime ( $T_{mn}$ ), media delle temperature massime di Luglio ( $T_{mx7}$ ), media delle temperature minime di Gennaio ( $T_{mn1}$ ), media delle precipitazioni totali annue ( $P_{tot}$ ), media delle precipitazioni invernali ( $P_w$ ), media delle precipitazioni primaverili ( $P_{sp}$ ), media delle precipitazioni estive ( $P_{sm}$ ) e media delle precipitazioni autunnali ( $P_a$ ).

Nella rappresentazione grafica delle anomalie per evitare un istogramma con forti oscillazioni legate alla periodicità del fenomeno, i dati sono stati standardizzati (phase averaging) e gli istogrammi riportano le conseguenti anomalie sulla media del periodo.

Per evidenziare graficamente gli andamenti del periodo considerato i dati sono stati analizzati mediante natural B-splines, essendo fortemente non lineari, e rappresentati mediante grafici. La significatività statistica del trend è stata valutata utilizzando stime Sandwich della matrice di informazione. I p-value risultanti sono stati aggiustati per la molteplicità tramite correzione di Bonferroni. Riportiamo i p-value aggiustati, per cui un  $p < 0.05$  indica significatività statistica.

## RISULTATI

I tests ANOVA sulle serie storiche dei dati delle precipitazioni, hanno evidenziato come la stazione di Maccarese Idrovora sia la più simile a quella di Ladispoli. Questa stazione inoltre possiede registrazioni fino al 2007. Sono stati quindi utilizzati i dati di precipitazioni riferiti ad entrambe le stazioni e di temperature riferiti a quella di Maccarese.

Per le precipitazioni i dati mostrano dagli anni '70 una visibile decrescita dei valori delle precipitazioni totali annue ( $P_{tot}$ ), dovuta prevalentemente alla diminuzione delle precipitazioni invernali ( $P_w$ ) e

carried out after having rendered the different historical series homogeneous, taking into account only the common recording periods. Thus, the useful stations and the corresponding data series for temperatures and precipitations were identified.

The trend of anomalies on the average period for the following parameters was then analysed: Mean annual temperature ( $T_{av}$ ), mean annual maximum temperatures ( $T_{mx}$ ), mean annual minimum temperatures ( $T_{mn}$ ), mean maximum temperatures in July ( $T_{mx7}$ ), mean minimum temperatures in January ( $T_{mn1}$ ), average annual precipitation ( $P_{tot}$ ), average winter precipitation ( $P_w$ ), average spring precipitation ( $P_{sp}$ ), average summer precipitation ( $P_{sm}$ ) and average autumn precipitation ( $P_a$ ).

In the graphical representation of the anomalies, in order to avoid a histogram with strong fluctuations due to the periodicity of the phenomenon, the data were standardized (phase averaging) and the histograms show the consequent anomalies on the period's average.

To display the trends of the period taken into consideration, and because these trends were substantially non-linear, the data were analysed using natural B-splines and represented by graphs. The statistical significance of the trends was evaluated by using Sandwich estimators for the information matrix. Resulting p-values were then adjusted for multiplicity using the Bonferroni correction. We report adjusted p-values, so a  $p < 0.05$  can be considered as statistically significant.

## RESULTS

The ANOVA tests on the historical series of precipitation data have highlighted how the Maccarese Idrovora station is the most similar to the one in Ladispoli. Furthermore, this station has records up to 2007. So, we used the precipitation data reported at both stations and the temperature data from the Maccarese station.

The precipitation data show that, starting in the 70s, a visible decrease in the values of average annual precipitation ( $P_{tot}$ ) occurred, mainly due to the reduction of winter ( $P_w$ ) and autumn ( $P_a$ ) precipitations rather than to summer precipitation (fig.1).

The histogram in fig. 2 shows the  $P_{tot}$  trend for

autunnali (Pa) piuttosto che a quelle estive (fig.1).

L'istogramma di figura 2 mostra l'andamento delle Ptot per la stazione di Maccarese dal 1951 al 2007, dove è evidente il decremento dei valori a partire dal 1999, con più di 400 mm in meno negli anni 2006-2007. È inoltre visibile, sempre per gli ultimi anni del periodo, il declino dei valori di precipitazioni estive (Psm) (fig. 3).

the Maccarese station from 1951 to 2007, where the decrease in values from 1999 onwards is evident, with over 400 mm less rain in 2006 and 2007. Also noticeable, again for the last years of the period examined, is a decrease in the values of summer precipitation (PSM) (fig. 3).

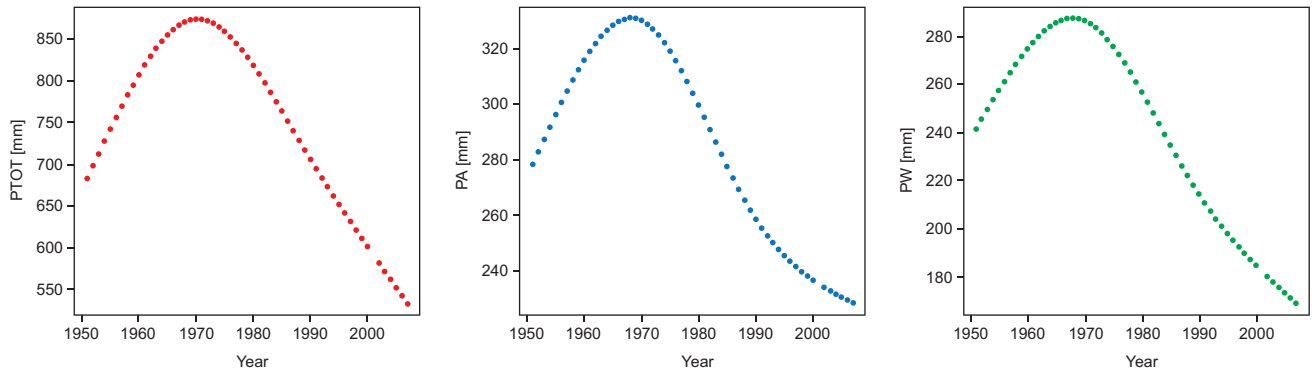


Fig. 1 – Andamento dei valori delle precipitazioni (Ptot – Pa – Pw) nel periodo 1951-2007; Precipitation trend (Ptot – Pa – Pw) from 1951 to 2007.

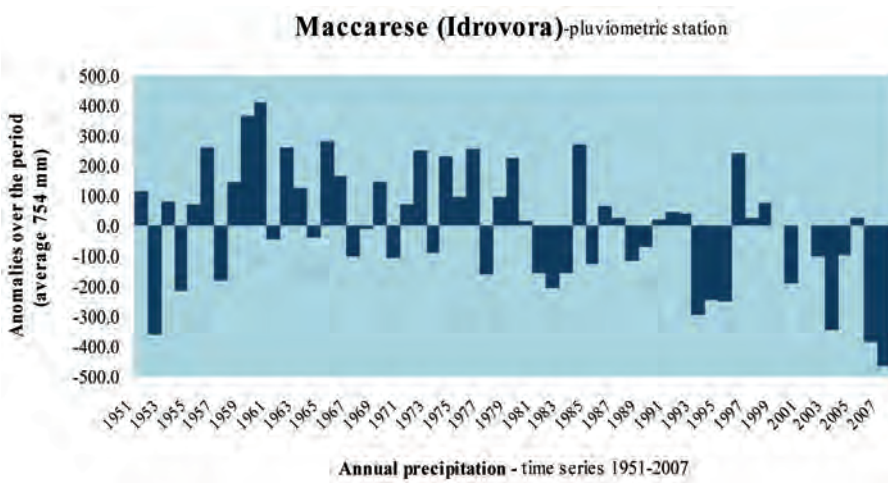


Fig. 2 – Le precipitazioni annue (Ptot) della stazione di Maccarese registrate nel periodo 1951-2007; Maccarese station: annual precipitation (Ptot) for the 1951-2007 period.

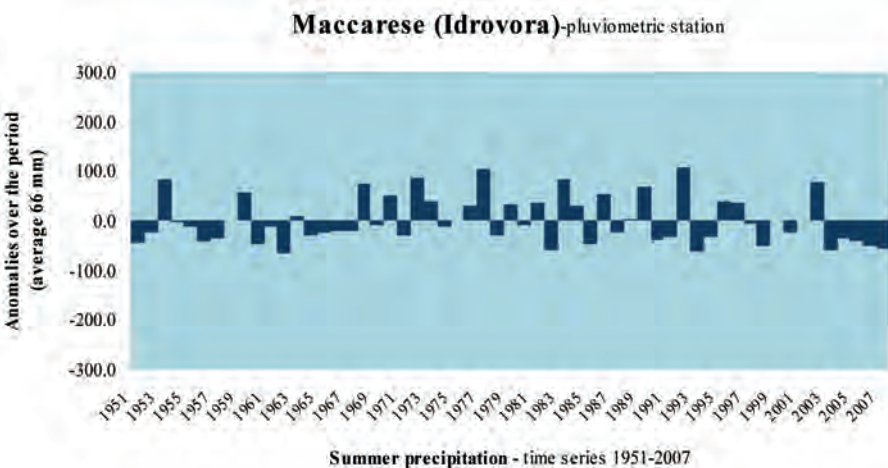


Fig. 3 – Le precipitazioni estive (Psm) della stazione di Maccarese registrate nel periodo 1951-2007; Maccarese station: summer precipitation (Psm) for the 1951-2007 period

Per quanto riguarda i dati delle temperature, registrati dalla stazione di Maccarese, si evidenzia una tendenza all'aumento delle temperature medie annue (Tav), dovuto sia all'aumento delle medie delle massime annue (Tmx) che delle minime annue (Tmn) (fig. 4).

In particolare, i valori delle temperature medie annue (Tav), che mostrano per il periodo 2003-2007, un significativo aumento di 1.87 °C al sopra della media del periodo di riferimento 1951-2007, che è di 16.03 °C. Sempre per il periodo 2003-2007 l'incremento della media annua delle temperature minime (Tmn), riporta valori più alti di 3 °C sopra la media del periodo di riferimento (10.9 °C), con il picco più alto registrato nel 2003, con un valore dell'anomalia pari a 4.11 °C.

E' infine significativo il dato relativo alle media delle temperature minime di Gennaio (Tmn1) riportato nel grafico di figura 5. Qui sono evidenti anomalie di 4-5 °C negli anni 1996, 2004 e 2006 per raggiungere il picco di 7.39 °C registrato nel 2007, sopra la media del periodo di 4.11 °C.

As regards the data on temperatures recorded by the Maccarese station, an increase in mean annual temperatures (Tav) can be noted, due to the increase of both mean maximum temperatures (Tmx) and mean minimum temperatures (Tmn) (fig. 4).

More specifically, the values of mean annual temperatures (Tav), show for the 2003-2007 period a significant increase of 1.87 °C above the average of the 1951-2007 reference period, which was 16.03 °C. The same 2003-2007 period shows an increase of the mean annual minimum temperatures (Tmn), reporting values 3 °C higher than the average for the reference period (10.9 °C), with the highest peak in 2003, with an anomaly value of 4.11 °C.

Finally, the data on the mean minimum temperatures in January (Tmn1) shown on the graph of fig. 5 is significant. Here, 4-5 °C anomalies in the years 1996, 2004 and 2006 are noticeable and reach a peak of 7.39 °C in 2007, over the 4.11 °C average for this period.

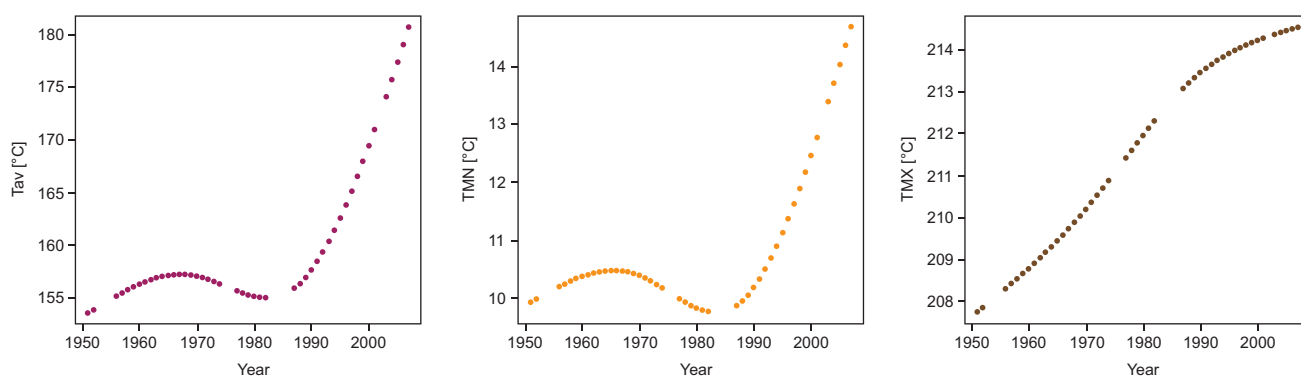


Fig. 4 – Andamento dei valori delle temperature (Tav- Tmn - Tmx) nel periodo 195 -2007; Temperature trend (Tav - Tmn - Tmx) from 1951 to 2007.

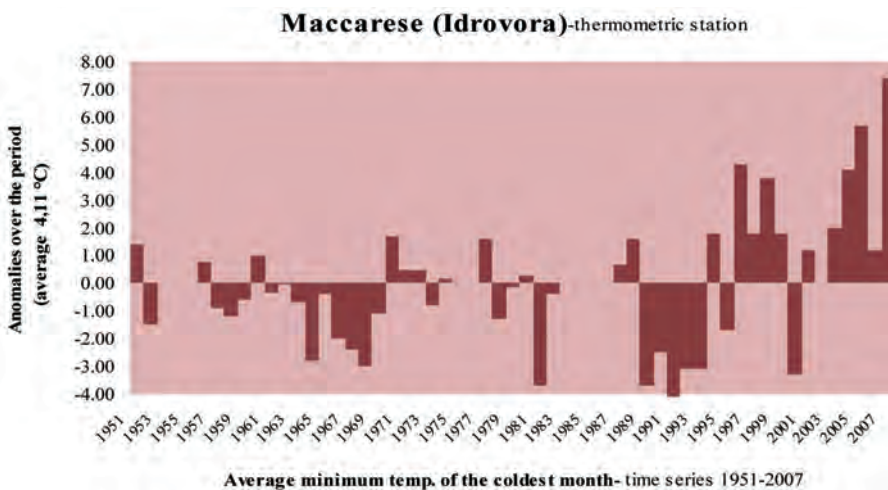
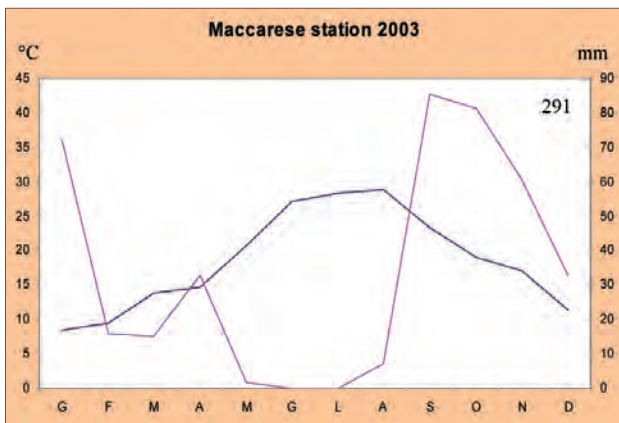


Fig. 5 – Le medie delle temperature minime di Gennaio (Tmn1) registrate a Maccarese nel periodo 1951-2007; Maccarese station: mean minimum temperatures in January (Tmn1) registered in the period 1951-2007.

I dati delle media delle temperature massime di Luglio (Tmx7) mostrano invece un andamento complessivo che non si discosta in modo significativo dalla media del periodo.

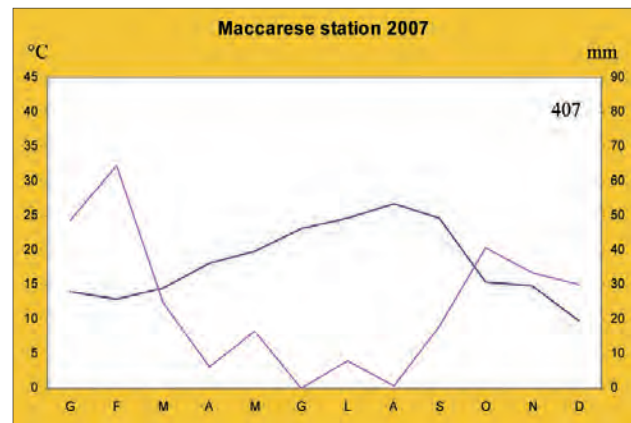
In merito ad annate particolarmente significative per gli andamenti climatici, la figura 6a mostra il grafico di Bagnouls-Gausсен dei dati relativi al 2003, in cui la posizione del principale periodo arido è posizionata tra aprile ed agosto, seguente ad un periodo minore, sulla sinistra del grafico, nei mesi di febbraio e marzo. In confronto, si segnala la tendenza registrata nel 2007 dalla stessa stazione, riportata nel grafico di figura 6b, dove il periodo arido è molto più ampio e va da marzo a ottobre, e soprattutto non viene compensato nei mesi autunnali da un'adeguata ricarica idrica.



**Fig. 6a** – Il grafico di Bagnouls-Gausсен dei dati del 2003 registrati dalla stazione di Maccarese; Maccarese station: Bagnouls-Gausсен diagram for 2003.

The data on mean maximum temperatures in July (Tmx7) show an overall trend that does not differ significantly from the average of the period.

With regards to years with particularly significant climate trends, figure 6a shows the Bagnouls-Gausсен graph on data relating to 2003, where the main dry period goes from April to August, with a smaller appendix, on the left side of the chart, during February and March. In comparison, we must point out the trend observed in 2007 by the same station, shown in figure 6b, where the dry period is far wider, going from March to October, and especially is not compensated in the autumn months by an adequate water recharge.



**Fig. 6b** – Il grafico di Bagnouls-Gausсен dei dati del 2007 registrati dalla stazione di Maccarese; Maccarese station: Bagnouls-Gausсен diagram for 2007.

## DISCUSSIONI E CONCLUSIONI

La stazione meteorologica di Maccarese, adiacente all'area di studio e con andamenti significativamente simili a quella di Ladispoli, ha registrato dal 1951 al 2007 delle serie storiche di dati dal cui andamento è risultato evidente un incremento delle temperature medie (Tav), minime (Tmn) e massime (Tmx) (fig. 4). L'analisi dei dati delle precipitazioni, per entrambe le stazioni e per lo stesso periodo, ha mostrato un'evidente diminuzione delle precipitazioni totali annue (Ptot), dovuto prevalentemente alla diminuzione delle precipitazioni autunnali (Pa) e invernali (Pw) (fig. 1).

## DISCUSSIONS AND CONCLUSIONS

The weather station of Maccarese, adjacent to our study area and whose trends are significantly similar to that of Ladispoli, has recorded historical series of data from 1951 to 2007, whose analysis has shown a significant increase of mean (Tav), minimum (TMN) and maximum (TMX) temperatures (fig. 4). The data analysis on precipitation, for both stations and for the same period, has shown a clear decrease in annual precipitations (Ptot), due mainly to the decrease of autumn (Pa) and winter (Pw) precipitation values (fig. 1).

Trends such as these may have increased the area's

Andamenti di questo tipo possono aver aumentato le condizioni di aridità dell'area, in particolare in merito al perdurare del periodo di aridità, non più limitato al solo periodo estivo. È probabile che questo abbia giocato un ruolo determinante nel declino forestale del bosco di Palo.

In merito alle temperature i meccanismi attraverso i quali il loro aumento, anche in assenza di importanti deficit delle precipitazioni, possono causare fenomeni di mortalità degli alberi, comprendono sia gli effetti sulla fisiologia dell'ospite che sugli agenti biotici (Lyr, 1996; Ayres & Lombardero, 2000; Adams et al., 2009). L'incremento della temperatura aumenta il deficit di pressione di vapore e quindi l'evaporazione nell'atmosfera. Inoltre, influisce negativamente sulla capacità di stoccaggio del carbonio degli alberi, soprattutto perché il tasso di consumo dei carboidrati necessari per mantenere il metabolismo cellulare è fortemente legato alla temperatura (Amthor, 2000).

Non ci sono dati precisi in letteratura che indicano i valori critici delle singole specie arboree oltre le quali, durante il periodo di riposo vegetativo della pianta, subentra uno stato di stress fisiologico. Sicuramente una condizione di forte criticità potrebbe essere stata raggiunta in casi come quello dell'inverno del 2007, dove la media del Tmn1 registrata ha raggiunto gli 11.5 °C, esattamente 7.4 °C al di sopra della media del periodo di riferimento.

Per quanto riguarda i dati sulle precipitazioni, le analisi effettuate ne hanno evidenziato una diminuzione a partire dagli anni '90. In particolare per il periodo 2003-2007 i valori delle precipitazioni totali annue (Ptot) indicano una diminuzione del 34% rispetto alla media del periodo (fig. 2), e del 74% per quanto riguarda i valori delle precipitazioni estive (Ps) (fig. 3).

Sono infine confermati anche per Palo eventi climatici eccezionali, a partire dall'anno 2003 (fig. 6a), conosciuto nella letteratura del settore come l'anno in cui l'aridità ha causato enormi danni alle foreste (Breda et al, 2006; Landmann & Dreyer, 2006; Amoriello & Costantini, 2007; Vennetier et al, 2007). Nonché il 2007, che per Palo potrebbe essere stato anche più critico (fig. 6b).

Sulla base di questi dati, il bosco presente nella nostra area di studio ha probabilmente subito uno stress fisiologico dovuto alla concomitante diminuzione delle precipitazioni e dall'aumento delle temperature, che hanno determinato l'accentuarsi delle condizioni di aridità e il prolungamento

aridità, especially because of a longer dry season, no longer limited to summer months only. It is likely that this has played a decisive role in the decline of the Palo Laziale wood.

Regarding temperatures, the mechanisms by which increasing temperatures, even in the absence of severe precipitation deficits, may result in increased tree mortality include impacts both on host physiology and biotic agents (Lyr, 1996; Ayres & Lombardero, 2000; Adams et al., 2009). Increasing temperature raises the vapour pressure deficit and evaporation into atmosphere. Furthermore, it affects the carbon storage capacity of trees negatively, especially because the rate of carbohydrate consumption required to maintain cellular metabolism is strongly linked to temperature (Amthor, 2000).

There are no accurate data in literature on the critical thresholds for individual species of trees beyond which, during the plant's dormant season, a state of physiological stress sets in. Surely, a critical condition may have been reached in the winter of 2007, when the Tmn1 average reached 11.5 °C, exactly 7.4 °C above the average for the reference period.

As regards the data on precipitation, the analysis carried out showed a decrease starting in the 90s. In particular, for the 2003-2007 period, the values of annual precipitation (Ptot) indicate a 34% decrease, if compared to the average of the period (fig. 2), and a 74% decrease of the values of summer precipitation (Ps) (fig.3).

Finally, exceptional climatic events can be confirmed for Palo as well: in 2003 (fig. 6a), known in literature as the year which caused massive damage to forests (Breda et al, 2006; Landmann & Dreyer, 2006; Amoriello & Costantini, 2007; Vennetier et al, 2007) and in 2007, which might have been even more critical for Palo (fig. 6b).

Based on this data, the Palo Laziale wood has probably suffered a physiological stress due to a concomitant decrease in precipitation and rising in temperatures, which have determined a greater aridity and the extension of the water deficit period. Moreover, this trend seems to be ongoing and to have accentuated in the recent years of observations, making it thus necessary, for Palo, to plan adequate interventions for the conservation of its habitats.

nell'arco dell'anno del periodo di deficit idrico. Inoltre questa tendenza sembra essere tuttora in corso, accentuandosi negli ultimi anni di osservazioni, rendendo quindi necessario per il bosco di Palo valutare eventuali rimedi per la conservazione degli habitat presenti.

## BIBLIOGRAFIA – REFERENCES

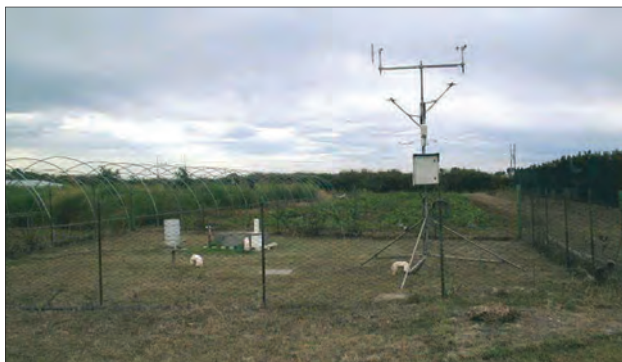
Adams H.D., Guardiola-Claramonte M., Barron-Gafford G. A., Villegas J.C., Breshears D.D., Zou C.B., Troch P.A., Huxman T.E., 2009. Temperature sensitivity of drought-induced tree mortality portends increased regional die-off under global-change-type drought. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 106(17):7063-7066. DOI: 10.1073/pnas.0901438106

Ayres M.P., Lombardero J.M., 2000. Assessing the consequences of global change for forest disturbance from herbivores and pathogens. *The Science of the Total Environment*, 262:262-286. DOI: 10.1016/S0048-9697(00)00528-3

Amoriello T., Costantini A., 2007. Fluttuazioni climatiche e stress idrici nelle foreste italiane negli ultimi 12 anni. 6° Congresso Nazionale SISEF, Arezzo, 25 – 27 Set 2007, Contributo no. #c6.2.1

Amthor J.S., 2000. The McCree-de-Wit-Penning de Vries-Thornley respiration paradigms: 30 years later. *Annals of Botany* 86:1–20

Bertini G., Amoriello T., Fabbio G., Piovosi M., 2011. Forest growth and climate change: evidences from the ICP-Forests intensive monitoring in Italy. *iForest* 4:262-267. DOI: 10.3832/ifor0596-004



Stazione meteorologica ARSIAL;  
Meteorological station ARSIAL.

Blasi C. 1994: Fitoclimatologia del Lazio. *Fitosociologia* 27: 151-175

Bréda N., Huc R., Granier A., Dreyer E., 2006. Temperate forest trees and stands under severe drought: a review of ecophysiological responses, adaptation processes and long-term consequences. *Annals of Forest Science* 63:625-644. DOI: 10.1051/forest:2006042

Guarín A., Taylor A.H., 2005. Drought triggered tree mortality in mixed conifer forests in Yosemite National Park, California, USA *Forest Ecology and Management* 218:229–244. DOI: 10.1016/j.foreco.2005.07.014

Landmann G., Dreyer E. (Eds.), 2006. Special Issue: Impacts of drought and heat on forest. Synthesis of available knowledge, with emphasis on the 2003 event in Europe. *Annals of Forest Science* 63(6): 567–652.

Lyr H., 1996. Effect of the root temperature on growth parameters of various European tree species. *Annales des Sciences Forestières*, 53(2-3):317-323. DOI: 10.1051/forest:19960214

Martínez-Vilalta J., Lloret F., Breshears D. D., 2012. Drought-induced forest decline: causes, scope and implications. *Biology Letters* 8(5):689–691. DOI: 10.1098/rsbl.2011.1059

Vennetier M., Vila B., Liang E.Y., Guibal F., Thabeet A., Gadbin-Henry C., 2007. Impact of climate change on pine forest productivity and on the shift of a bioclimatic limit in a Mediterranean area. *Options Méditerranéennes, Serie A*, n.8-75, CIHEAM/IAMB, Bari, Italy, pp. 189–197.



Stagno temporaneo;  
Temporary pond.



# Studi idrogeochimici del bosco di Palo Laziale

## Hydrogeochemical studies of the Palo Laziale Wood

Maurizio Barbieri, Maria Battistel, Angelica Garone, Barbara Parisse

Department of Earth Sciences

Sapienza University of Rome, P.le A. Moro 5 – 00185 Rome - Italy; e-mail: maurizio.barbieri@uniroma1.it

KEY WORDS: ELECTRICAL CONDUCTIVITY, SEAWATER INTRUSION, AQUITARD


### INTRODUZIONE

L'analisi geochimica ed idrologica è stata realizzata al fine di comprendere il ruolo delle acque sotterranee nel fenomeno di deterioramento del bosco planiziale di Palo Laziale. Sono state quindi monitorate le acque sotterranee, analizzate le caratteristiche geochimiche e valutata l'esistenza di fenomeni quali l'intrusione marina.

### AREA DI STUDIO

I campioni di acque sotterranee sono stati prelevati da 12 pozzi, profondi massimo 24 metri e distanti dal mare dai 125 ai 730 metri (Tabella 1).

### INTRODUCTION

 The geochemical and hydrological approach was used to evaluate the role of groundwater in the deterioration of the planitial wood of Palo Laziale. To this purpose, groundwater was monitored, its geochemical characteristics were analysed and the possible presence of phenomena such as seawater intrusion were studied.

### STUDY AREA

Groundwater samples were collected from 12 sites, to a maximum depth of 24 meters and a distance from the sea ranging from 125 to 730 meters (Tab. 1).

**Tab. 1** – Pozzi campionati, [Sistema di coordinate: ED50 UTM zona 33N] P: pozzo in emungimento, SP: pozzo in emungimento modo stagionale, NP: pozzo non in emungimento, O: ruscello superficiale;  
Sampled wells, [Coordinate System: AND50 UTM zone 33N] P: Pumped well, SP: Well pumped seasonally, NP: not-pumped well, O: aboveground.

Id	Latitude	Longitude	Deep well	Altitude well	Dist. from the Coastline	Note
	m	m	m agl	m asl	m	
c1	4647177	259021	5.3	4.1	190	SP
c2	4647137	258970	4.3	3.2	125	SP
c3	4647126	259101	6.0	3.6	235	SP
c5	4647306	258999	16.0	4.5	250	P
c7	4647498	258823	13.5	5.0	225	SP
c8	4647801	259211	10.0	8.5	730	P
c9	4646984	259274	24.0	2.8	150	SP
c10	4647059	258888	–	0.3	1	O
c11	4647369	258989	–	–	–	RG
c12	4647309	260194	19.0	11.3	830	NP
c14	4646761	260220	7.0	8.3	180	SP
c15	4647016	260201	9.1	9.3	435	SP
c16	4647579	258956	8.5	6.2	380	NP



Nella figura 1 è mostrata la geologia dell'area di Palo Laziale con la collocazione dei pozzi monitorati.

La litologia attuale presenta un'alternanza di materiale sedimentario di tipo alluvionale e deltizio. In particolare, nell'area in esame affiorano:

- Spiagge Sabbiose e Attuali;
- Alluvioni Attuali e Recenti: argille torbose e terre nere palustri (su cui sono situati i pozzi c9 e c15);
- Conglomerato di Palidoro: conglomerati a grossi elementi (su cui sono situati i pozzi c1, c2, c3, c5, c7, c8);
- Conglomerati di Fosso Vaccina: puddinghe e ciottolami poligenici fluvio deltizi, con elementi a grandi e medie dimensioni, privi di ciottoli vulcanici.

Figure 1 shows the geological map of the Palo Laziale area with the location of the monitored wells.

Current lithology presents an alternation of alluvial and deltaic sediments. More specifically, the area under consideration comprises:

- Current sandy shores;
- Current and recent floods: Peaty clays and black marshlands (where wells c9 and c15 are located);
- Conglomerates of Palidoro: conglomerates with large elements (where wells c1, c2, c3, c5, c7, c8 are located)
- Conglomerates of Fosso Vaccina: pudding stones and polygenic fluvial deltaic pebbles, with large and medium-sized elements, devoid of volcanic pebbles.

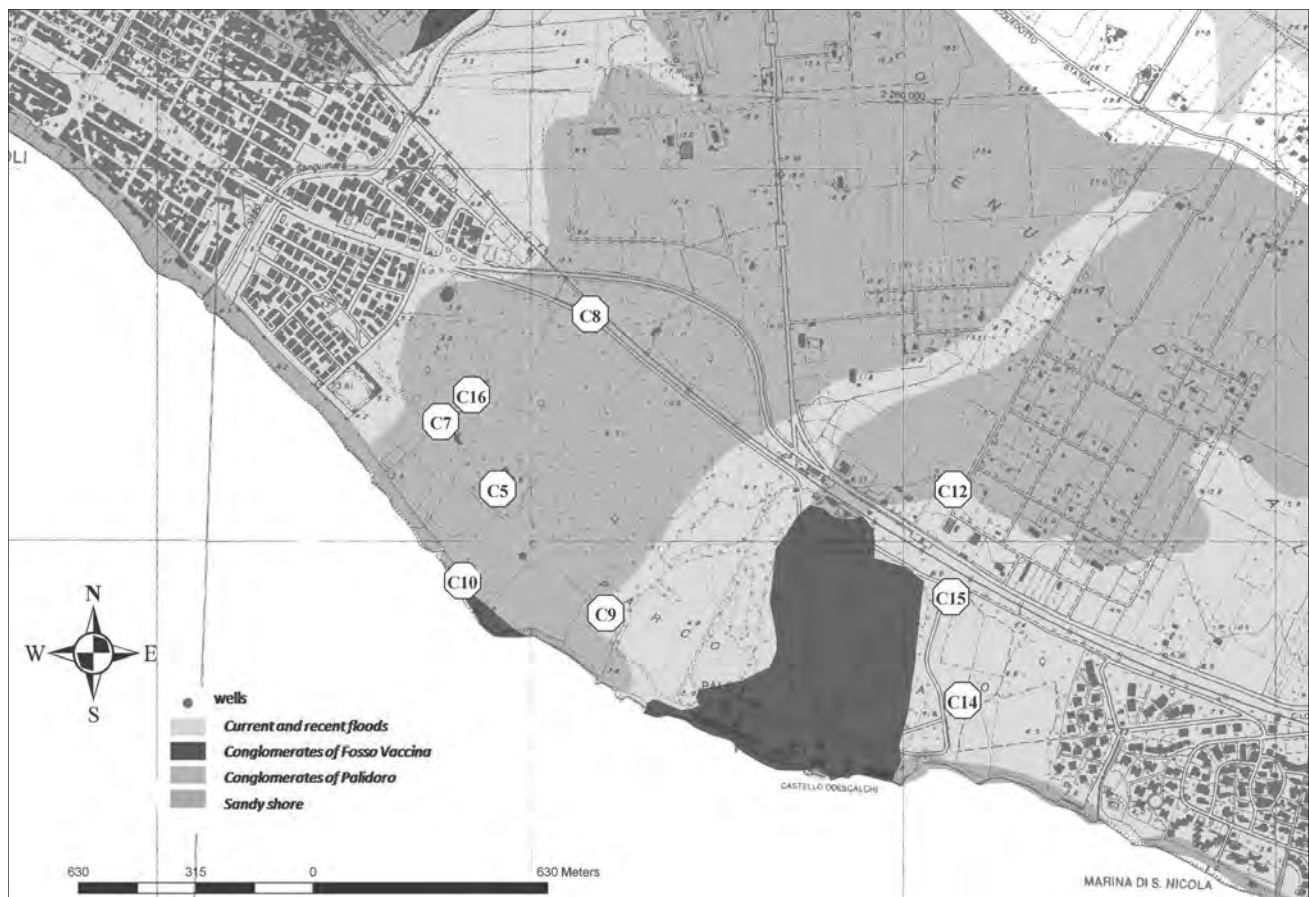


Fig. 1 – Carta geologica e collocazione dei pozzi monitorati nell'area di Palo Laziale; Geological Map and location of the wells monitored in the Palo Laziale area.

I depositi pliocenici e quaternari poggiano su un substrato sedimentario costituito da terreni pelitici del Pliocene inferiore (argille azzurre, argille marnose e marne grigio-azzurre). Da un punto di vista idrogeologico, tale substrato riveste un'importanza

Pliocene and Quaternary deposits rest on a sediment substrate consisting of pelites of the Early Pliocene (blue clays, marly clays and blue-gray marl). From a hydrogeological point of view, this substrate is crucial because it forms the impermeable base that

fondamentale poiché costituisce la base impermeabile che sostiene l'acquifero regionale. Quest'ultimo ha sede sia nei depositi vulcanici, sia nei sedimenti marini e continentali (Ventriglia, 1988).

La successione di differenti termini è caratterizzata dall'alternanza di litologie a permeabilità differente. Più precisamente, risultano permeabili le sabbie e le biocalcareni del Pliocene medio della formazione del Macco, i depositi alluvionali ed i livelli sabbiose ghiaiosi del Pleistocene, le sabbie litorali ed il ciottolame poligenico con elementi vulcanici rimaneggiati dell'Olocene; possono considerarsi poco permeabili i depositi Quaternari costituiti da argille, limi-argillosi lacustri e palustri, torba e sabbie cementate. A causa delle continue variazioni di permeabilità delle differenti litologie presenti nell'area, la circolazione idrica sotterranea può essere considerata distribuita in più livelli formando un acquifero sospeso.

Le acque sotterranee si ritrovano ad una profondità media di 2 metri dalla superficie; inoltre, l'andamento del flusso sotterraneo è controllato dalla topografia e le variazioni del gradiente idraulico dipendono dalle caratteristiche spaziali dell'acquifero e dalla presenza di pozzi.

## MATERIALI E METODI

La campagna di monitoraggio ha previsto il campionamento di acque sotterranee da 12 pozzi privati ed è stata effettuata mensilmente da settembre 2010 fino ad agosto 2011. I parametri chimico-fisici (temperatura, conducibilità elettrica e pH) sono stati misurati in campo mediante l'utilizzo di una sonda multiparametrica (Multi-Parameter PCTSTestr 35 EUTECH INSTRUMENTS), mentre gli ioni bicarbonato sono stati determinati mediante titolazione chimica con HCl 0.1N. I campioni prelevati sono stati filtrati con un filtro di cellulosa con porosità 0.45  $\mu\text{m}$ , per eliminare la parte solida in sospensione, e introdotti in contenitori di polietilene (APHA, 1995). Successivamente, in laboratorio, sono state determinate le concentrazioni costituenti degli ioni maggiori mediante l'utilizzo del cromatografo ionico Dionex DX-120 (rilevabilità 2%). È stata utilizzata la colonna Dionex CS-12 per determinare le concentrazioni dei cationi ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^{+}$ ,  $\text{K}$ ), e la colonna Dionex AS9-SC per gli anioni ( $\text{F}^{-}$ ,  $\text{HCO}_3^{-}$ ,  $\text{Cl}^{-}$ ,  $\text{NO}_3^{-}$ ,  $\text{PO}_4^{2-}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ).

supports the regional aquifer. The latter is located both in volcanic deposits and in marine and continental sediments (Ventriglia, 1988).

The succession of different terms is characterized by the alternation of lithologies with different permeability. More precisely, sands and biocalcareni of the Middle Pliocene (Macco formation), alluvial deposits and sand layers of the Pleistocene, coastal sand and polygenic pebbles reworked with volcanic elements of the Holocene are all more permeable, while the Quaternary deposits consisting of clay, silt and clay of lakes and marshes, peat and cemented sand may be considered of low permeability. Because of the continuous variations in permeability of the different lithologies present in the study area, the flow of groundwater must be considered as distributed on different levels, forming a suspended aquifer.

Groundwater can be found at an average depth of 2 meters below ground surface; Furthermore, the flow system is controlled by the topography, and the variations in the hydraulic gradient are related to the spatial characteristics of the aquifer and the presence of wells.

## MATERIALS AND METHODS

The monitoring campaign has provided the sampling of groundwater from 12 private wells every month, from September 2010 to August 2011. The physical-chemical parameters (water temperature, electrical conductivity and pH values) were measured in the field with a multi-parameter tester (Multi-Parameter PCTSTestr 35 EUTECH INSTRUMENTS), while bicarbonate ions were determined by titration with 0.1 N HCl. Water samples were filtered through cellulose filters (0.45  $\mu\text{m}$ ) (APHA, 1995). Later, major ions were determined in laboratory with a Dionex DX-120 ion chromatograph (reliability 2 %). A Dionex CS-12 column was used to determine cations ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^{+}$ ,  $\text{K}$ ), whereas a Dionex AS9-SC column was used for anions ( $\text{F}^{-}$ ,  $\text{HCO}_3^{-}$ ,  $\text{Cl}^{-}$ ,  $\text{NO}_3^{-}$ ,  $\text{PO}_4^{2-}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ).

## RISULTATI

I parametri chimico-fisici (temperatura, conducibilità elettrica e pH), le concentrazioni degli elementi maggiori (Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, F<sup>-</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, Cl<sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, PO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) ed i valori dei livelli piezometrici sono stati utilizzati per l'analisi statistica. La tabella 2 riassume i parametri misurati, la media e la deviazione standard, su un totale di undici sondaggi effettuati con cadenza mensile durante la campagna di monitoraggio nel periodo settembre 2010 - agosto 2011.

**Tab. 2** – Statistica descrittiva dei principali componenti analizzati;  
Descriptive statistics of the main components analysed.

Id	N total	T		pH		EC		Piezometric levels		Ca <sup>2+</sup>		Mg <sup>2+</sup>		Na <sup>+</sup>		K <sup>+</sup>		Cl <sup>-</sup>		SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>		HCO <sub>3</sub>		Br <sup>-</sup>		F <sup>-</sup>		NO <sub>3</sub>	
		°C		(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)
c1	11	17.0	2.3	7.4	0.3	1541	256	2.08	0.30	96.6	35.1	42.5	15.0	109.3	42.4	4.6	2.9	208.4	57.4	162.1	42.3	434.7	102.2	0.44	0.14	0.70	0.14	65.0	9.4
c2	11	17.2	1.7	7.2	0.1	1896	215	1.24	0.30	91.2	34.3	61.8	15.4	159.6	62.9	2.6	1.3	266.4	56.5	219.2	24.7	524.6	83.8	0.55	0.16	0.72	0.16	72.6	8.1
c3	11	16.4	2.3	7.2	0.1	1764	313	2.63	0.80	116.3	42.7	46.8	12.8	121.9	45.3	3.3	2.9	281.6	65.3	215.4	40.5	459.3	91.7	0.52	0.11	0.72	0.12	71.1	14.2
c5	11	17.3	2.3	7.3	0.1	1877	114	4.42	3.30	81.5	32.5	57.9	14.5	174.7	71.5	2.6	1.4	246.3	72.9	212.1	26.6	513.8	79.0	0.58	0.17	0.82	0.27	85.8	8.4
c7	11	18.6	3.2	7.3	0.3	2062	246	4.39	2.40	96.8	35.9	62.7	17.6	213.3	93.4	4.5	2.8	318.2	63.2	229.6	34.3	541.2	132.0	0.61	0.20	0.77	0.35	133.2	20.9
c8	9	18.4	1.3	7.4	0.2	1007	123	6.49	0.20	81.6	34.0	23.8	8.4	69.9	26.6	2.6	1.3	87.2	21.8	75.8	28.9	362.8	59.9	0.23	0.10	0.62	0.09	55.1	33.4
c9	11	16.4	1.9	7.3	0.2	2086	209	1.72	8.70	113.6	39.6	66.7	17.2	158.3	61.4	3.4	2.4	359.8	53.6	261.4	40.7	490.6	85.4	0.70	0.22	0.73	0.10	87.2	9.1
c10	9	16.7	1.4	7.5	0.1	1917	116	0.30	0.00	88.4	34.1	57.4	16.8	170.8	82.8	2.4	1.7	283.7	47.5	200.5	33.9	514.3	81.1	0.60	0.18	0.73	0.22	66.0	6.1
c12	8	18.9	1.1	7.7	0.2	1226	87	7.75	2.30	95.8	40.8	24.9	7.8	69.9	32.1	10.0	5.9	136.5	33.9	58.0	9.8	451.5	90.5	0.46	0.26	0.36	0.11	27.7	20.9
c14	6	17.4	2.1	7.3	0.1	1163	124	7.06	0.80	122.4	11.3	23.9	2.3	80.6	12.2	4.9	2.2	89.9	14.3	70.8	11.0	454.1	18.0	0.20	0.10	0.38	0.09	60.3	6.3
c15	9	17.8	0.9	7.1	0.1	1278	105	7.19	1.70	107.7	46.2	16.9	5.0	72.3	34.7	4.5	3.0	123.3	29.5	80.9	11.9	484.3	83.0	0.34	0.09	0.37	0.10	54.3	5.5
c16	5	15.5	2.1	7.3	0.1	17	130	5.32	0.60	126.2	15.4	40.1	10.5	165.0	34.2	8.7	8.1	206.4	62.3	139.6	62.5	478.4	17.0	0.53	0.14	0.62	0.10	86.8	44.3

La tabella 2 mostra i dati relativi alla statistica descrittiva di 12 pozzi monitorati, di cui cinque interni all'area di studio (c1, c2, c3, c5, c9). La temperatura ha un valore compreso tra 15.5°C (c16) e 18.9°C (c12). Il valore di pH è compreso in un range di 7.1 (c15) e 7.7 (c12).

La conducibilità elettrica (CE) dei pozzi tende ad aumentare con la vicinanza alla costa; il valore medio più basso equivale a 1007 µS/cm (c8), mentre il valore medio più elevato è pari a 2086 µS/cm (c9).

La figura 2 mostra la variazione dei livelli piezometrici nel periodo settembre 2010 - agosto 2011. Nell'area di studio, il livello piezometrico mensile non varia significativamente nell'acquifero superficiale. In ogni caso, il livello dell'acqua tende ad aumentare in inverno e a diminuire fino ad un valore minimo in estate.

I maggiori cambiamenti dei livelli piezometrici si osservano nei pozzi c7, c9 e c15 e ciò può essere spiegato con l'elevato emungimento che si fa di essi nel periodo estivo. In generale, nei mesi che vanno da dicembre a marzo i livelli piezometrici non variano significativamente, mentre i mesi di maggio e giugno sono quelli in cui si registrano, rispettivamente, il

## RESULTS

The physical-chemical parameters (temperature, electrical conductivity and pH), the concentrations of major elements (Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, F<sup>-</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, Cl<sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, PO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) and piezometric level in the groundwater samples were used for a statistical analysis. Table 2 summarizes the measured variables, the mean and standard deviation, found in eleven surveys carried out on a monthly basis during the monitoring campaign in 2010-2011.

Table 2 shows the data of descriptive statistics of the 12 monitored wells, including five located within the study area (c1, c2, c3, c5, c9). The groundwater temperature ranges between 15.5 °C (c16) and 18.9 °C (C12). The groundwater pH ranges between 7.1 (c15) and 7.7 (c12).

The electrical conductivity (EC) of the private wells increases with proximity to the coastline. The lowest average EC value is 1007 µS/cm (c8 well), while the highest average EC value is 2086 µS/cm (c9).

Figure 2 shows the variation of piezometric water levels during the September 2010 - August 2011 period. In the study area, the monthly piezometric level does not fluctuate significantly in the shallow aquifer. However, the water level rises during the winter season and declines to a minimum during the summer.

Major changes occur in the piezometric levels of the c7, c9 and c15 monitoring wells, and this can be explained by the intense groundwater extraction during the summer months. In general, in the period from December to March, the piezometric levels do not change significantly, while May and June are the months during which we have the minimum and

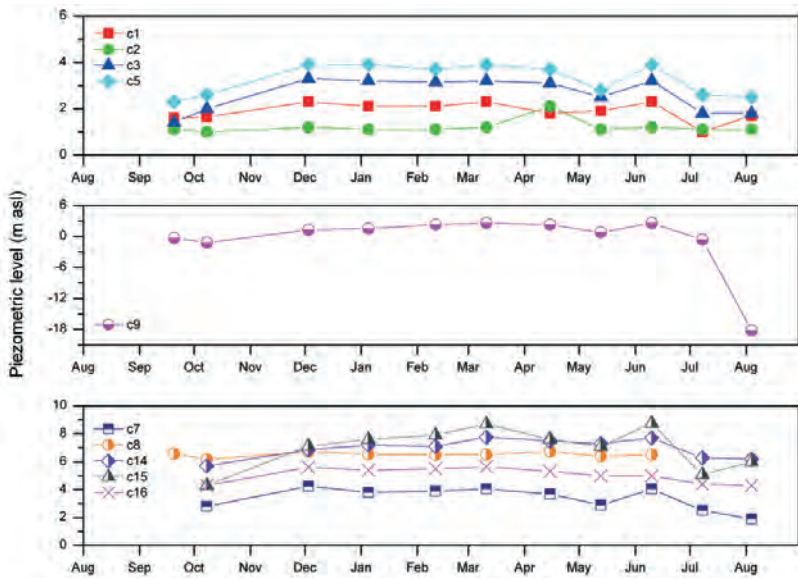


Fig. 2 – Variazioni temporali dei livelli piezometrici in 11 mesi, da settembre 2010 ad agosto 2011; Temporal variations of the piezometric level over a 11 month period, from September 2010 to August 2011.

minimo e il massimo valore dei livelli piezometrici, eccezione fatta per il pozzo c9. Il livello piezometrico di quest’ultimo nei mesi di agosto, settembre e ottobre è al di sotto del livello del mare. Inoltre, la figura mostra una uniformità di comportamento dei differenti pozzi, deducibile dall’andamento delle spezzate che li rappresentano (per esempio, c1, c2, c3 e c5 per i pozzi interni; c8, c14 e c16 per i pozzi esterni; c7 sembra avere un comportamento molto simile al pozzo c15 per l’area esterna).

In alcuni mesi sono stati misurati anche i valori di conducibilità elettrica in relazione alla profondità.

La figura 3 mostra i logs di conducibilità elettrica (CE) ottenuti in due differenti periodi su alcuni pozzi monitorati: c1, c3 e c5 campionati ad aprile 2011; c9 e c12 campionati a febbraio 2011.

maximum piezometric level, excepting well c9. The piezometric level of well c9 in August, September and October is below sea level. Figure 2 shows a uniformity of behaviour of the different wells, deducible by the form of lines which represent them (e.g. c1, c2, c3 and c5, for internal wells; c8, c14 and c16 for external wells; c7 seems to be much more similar to c15 for the external area).

For some months, the values of electrical conductivity in relation to depth were measured.

Figure 3 shows examples of electrical conductivity logs of some monitored wells in two different periods: c1, c3 and c5 sampled in April 2011; c9 and c12 sampled in February 2011.

Observation of EC logs was carried out at variable depths from the water table to the bottom of the wells,

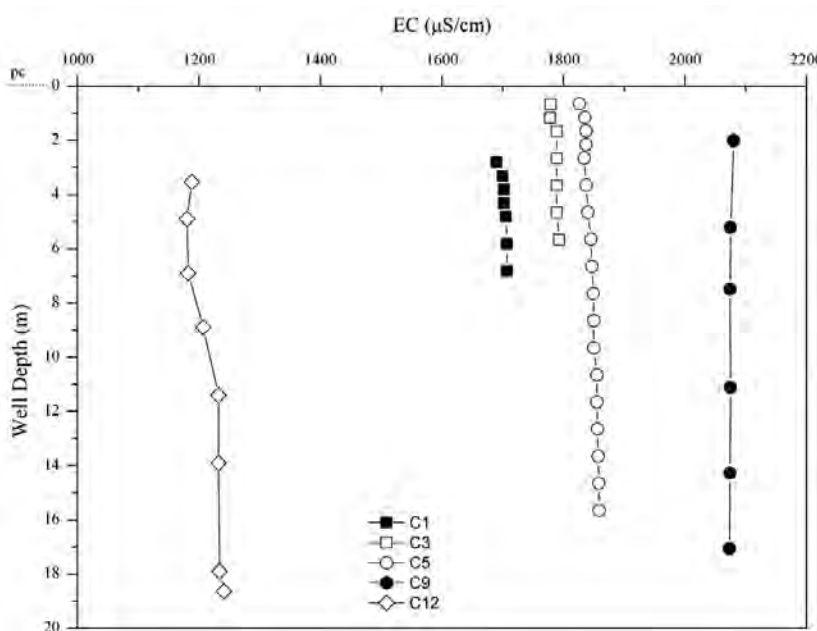


Fig. 3 – Logs di conducibilità elettrica per i pozzi selezionati; Electrical conductivity (EC) logs for selected wells.

L'osservazione dei logs di conducibilità elettrica (CE) è stata effettuata a intervalli variabili dalla tavola d'acqua fino al fondo dei pozzi, dove possibile. Non si osservano forti variazioni lungo i profili; soltanto il pozzo c12, localizzato a 830 m dalla linea di costa, presenta un incremento di CE pari a  $60 \mu\text{S}/\text{cm}$  dalla profondità di 7 m fino a 19 m.

La Figura 4 rappresenta la composizione media delle acque sul diagramma trilineare (Piper, 1944), indipendentemente dalla stagione, ed enfatizza l'esistenza di due condizioni estreme: (1) acque a bicarbonati di calcio e magnesio, a cui appartengono i pozzi c8, c12, c14 e c15, esterni all'area di studio; (2) acque a solfati e cloruro alcalino-terrosi che caratterizzano i pozzi c1, c2, c3, e c9. Inoltre, le acque dei pozzi c5, c7 e lo sbocco a mare c10, si avvicinano al secondo tipo di composizione chimica, soprattutto in estate.

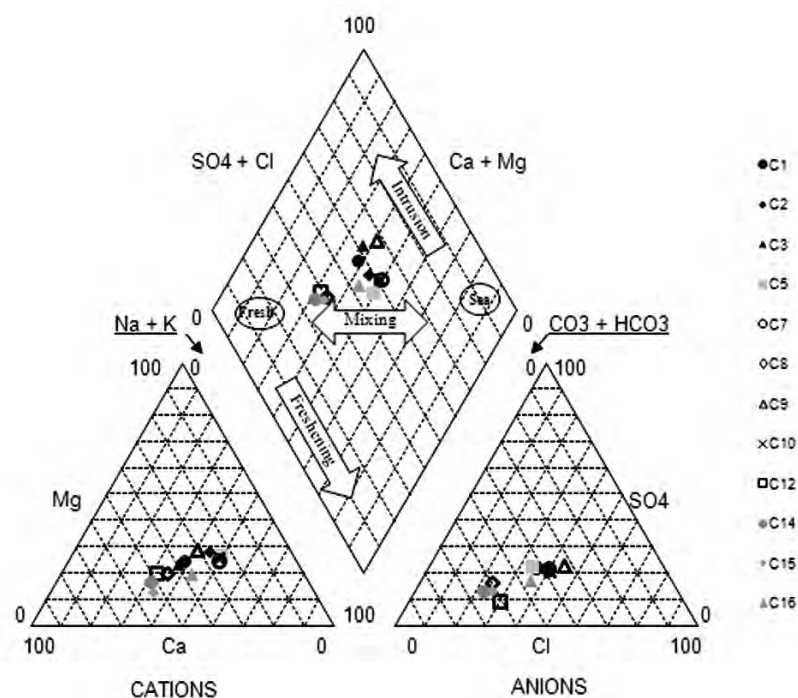


Fig. 4 – Diagramma di Piper che mostra la composizione media delle acque campionate; Piper diagram representing the mean composition of sampled waters.

Nel diagramma di Piper è rappresentata anche la composizione media dell'acqua dolce (fresh) e quella dell'acqua di mare (sea); la linea retta tra i due tipi di composizione indica fenomeni di mixing tra i due end-member. I campioni d'acqua campionati nell'area di Palo Laziale mostrano un surplus di  $\text{Ca}^{2+}$ , comparata con la miscela conservativa, che può implicare una leggera intrusione di acqua marina (Appelo & Postma, 2005).

Si è rivelato molto utile lo studio di alcuni rapporti caratteristici (per esempio il rapporto Cl/Br) al fine di

when possible. There was no strong variations along the profiles; Only well c12, located 830 m from the coastline, shows an increase of about  $60 \mu\text{S}/\text{cm}$  from a depth of 7 m to 19 m.

Figure 4 represents the mean composition of well waters on a trilinear diagram (Piper, 1944) regardless of the sampling period (September 2010 - August 2011). It emphasises the existence of two extreme conditions: (1) a fresh groundwater zone which has a  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ -type composition, including wells c8, c12, c14 and c15, outside the study area; (2) a groundwater zone which has a  $\text{CaCl}_2$ -type composition which includes wells c1, c2 c3, and c9. The (Na)Cl- type waters of wells c5, c7 and the outflow to the sea of c10 are closer to the 2<sup>nd</sup> type composition, especially during the summer.

The average composition of the fresh water (cyan area at the top left of the trilinear diagram, fig. 4) and sea water (magenta area at the top left of the trilinear diagram, fig.4) are shown and the straight line between the two indicates a water composition due to conservative mixing. The groundwater samples of the Palo Laziale area show a low surplus of  $\text{Ca}^{2+}$ , compared to the conservative mixture, which can imply low sea intrusion (Appelo & Postma, 2005).

The study of characteristic ratios (e.g. the Cl/Br ratio) was very useful to gather information about the

ricavare ulteriori informazioni circa l'acquifero in esame (Alcalà & Custodio, 2008).

Gli anioni Cl<sup>-</sup> e Br<sup>-</sup> sono soluti ubiquitari nell'acqua naturale. Il primo è il componente anionico maggiore, il secondo è presente in concentrazioni minori. Il rapporto tra cloro e bromo è utilizzato come tracciante per determinare l'origine e l'evoluzione delle acque sotterranee.

La figura 5 mostra il rapporto Cl/Br di agosto 2011. E' stato scelto questo mese a causa dell'elevato emungimento dei pozzi durante l'estate, pertanto è più elevata la probabilità che si verificano fenomeni di intrusione marina.

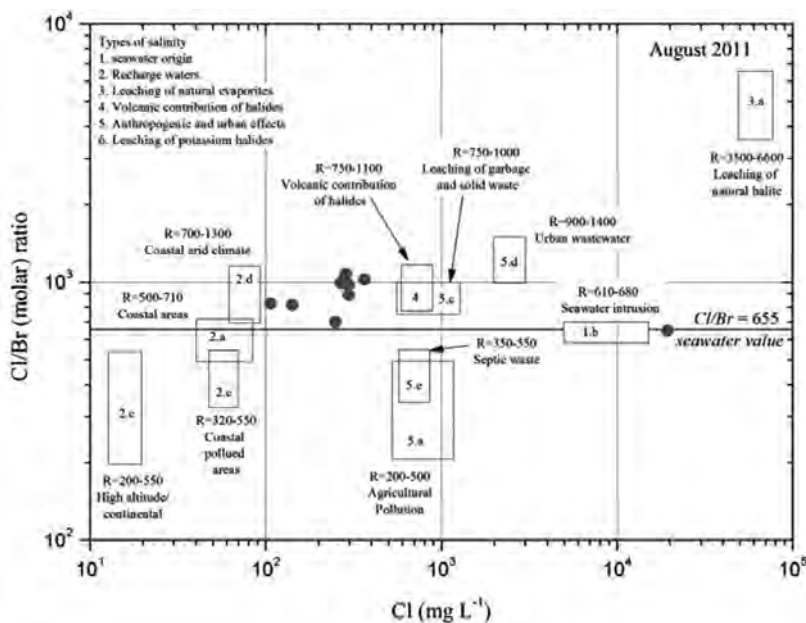


Fig. 5 – Grafico del rapporto Cl/Br vs. Cl (in mg/L) nel mese di agosto 2011; sono mostrati anche i principali processi che determinano l'incremento di salinità (Modificati da Alcalà & Custodio, 2008); Plots of Cl/Br ratio vs. Cl (in mg/L) in August 2011; Also shown are six main salinity acquisition processes (Modified from Alcalà & Custodio, 2008).

La maggior parte dei pozzi campionati sono posizionati tra i comparti "2. Acqua di ricarica" e "5. Effetti urbani ed antropogenici".

Il rapporto Cl/Br rinvenuto nelle acque dei pozzi monitorati presenta valori molto inferiori rispetto a quello presente nell'acqua di mare (655) e potrebbe essere legato a fenomeni di aerosol marino, mixing e evapotraspirazione. Questi bassi valori, tuttavia, potrebbero essere dovuti all'utilizzo di erbicidi o pesticidi a base di bromo nelle zone irrigate che determina la riduzione del rapporto Cl/Br rispetto a quello presente nell'acqua di mare.

**DISCUSSIONI E CONCLUSIONI**

Questo studio evidenzia come tutti i pozzi presi in esame attingono allo stesso acquifero superficiale

acquifer (Alcalà & Custodio, 2008).

Chloride and bromide ions are ubiquitous solutes in all natural water. The first is a major anionic component, the latter a minor one. The Cl/Br ratio is used as a tracer to determine the origin and evolution of groundwater and surface water.

Figure 5 shows the Cl/Br ratio of August 2011; We chose this month because of the high pumping of wells during the summer, which entails a higher probability of sea intrusion.

Most of the water sampled is positioned between the "2. Recharge waters" and "5. Anthropogenic and urban effects" area types of salinity.

The Cl/Br ratio found in the monitored wells, much lower than that of seawater (655), could be explained by phenomena of marine aerosol, mixing and evapotranspiration in the shallow aquifer, which should be further analysed. The use of Br-based agrochemicals in the irrigated areas may further determine a Cl/Br ratio below that of seawater.

**DISCUSSIONS AND CONCLUSIONS**

This study suggests that all the wells examined draw from the same superficial aquifer, separated

separato da quello vulcanico profondo da argille azzurre, argille marnose e marne grigio-azzurre del Pliocene; questi si comportano da aquitard tra l'acquifero vulcanico profondo e l'acquifero carbonatico superficiale.

La profondità, la distanza dalla linea di costa e l'emungimento dei pozzi sono i tre fattori che influenzano maggiormente i parametri chimico-fisici e chimici dei pozzi esaminati i quali non raggiungono l'acquifero vulcanico profondo e non entrano in contatto con l'acqua marina. Ciò è confermato dall'analisi di diversi parametri, quali la conducibilità elettrica (fig. 3), non così elevata da giustificare un fenomeno di mixing tra acqua dolce e salata, e il rapporto Cl/Br (fig. 5), che escludono il fenomeno di intrusione marina nell'acquifero studiato.

È possibile ipotizzare diverse azioni di gestione della risorsa idrica sotterranea per prevenire l'intrusione marina e/o un futuro deterioramento del bosco in seguito all'assorbimento dell'acqua. Le principali azioni da portare avanti sono: 1) utilizzo dei pozzi in maniera discontinua e per brevi periodi di tempo; 2) costruzione di un sistema per la raccolta delle acque di pioggia allo scopo di utilizzarle per l'irrigazione; 3) proseguire con il monitoraggio delle acque.

## BIBLIOGRAFIA – REFERENCES

Alcalà F.J., Custodio E., 2008. Using the Cl/Br ratio as a tracer to identify the origin of salinity in aquifers in Spain and Portugal. *Journal of Hydrology* 359: 189-207.

DOI:10.1016/j.jhydrol.2008.06.028

Appelo C.A.J., Postma D., 2005. *Geochemistry, groundwater and pollution*. Taylor & Francis Group (UK). ISBN: 0415364213

APHA, 1995. *Standard methods for examination of water and wastewater*. In Eaton AD, Clesceri LS, Greenberg AE [18th Edition]. American Public Health Association (APHA), Washington.

Ventriglia U., 1988-1990. *Idrogeologia della Provincia di Roma*. Vol. I - Regione Tolfetana.

from the deep volcanic aquifer by blue clays, marly clays and blue-grey marl of the Pliocene, which act as an aquitard between the deep volcanic aquifer and the surface carbonate aquifer.

The depth of the wells, the proximity to the coastline and the pumping activities are the three main factors that affect the chemical and physical parameters of the wells that were analysed. These wells cross the Holocene alluvial deposits and the sandy organogenic limestone facies but do not reach the deep volcanic aquifer or the salt water. This is also confirmed by the analysis of different parameters, such as electrical conductivity (fig. 3), and the Cl/Br ratio (fig. 5), which exclude seawater intrusion in the aquifer studied.

To prevent future sea intrusion and /or further deterioration of the wood because of the absorbed water, a number of groundwater management actions can be hypothesised: 1) Establishing a discontinuous use of the wells and for short periods at a time; 2) Creating a system to collect rainwater to be reused for irrigation; 3) Continuing the water monitoring.



Uno dei pozzi utilizzati per i prelievi;  
One of the wells used for sampling.

# Indagine pedologica nel bosco di Palo Laziale

## *Pedological investigation in the Palo Laziale wood*

Giuseppina Dowgiallo<sup>1</sup>, Daniela Ficara<sup>1</sup>, Luca Scarnati<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Environmental Biology Department

Sapienza University of Rome, P.le A. Moro 5 – 00185 Rome - Italy; e-mail: giuseppina.dowgiallo@uniroma1.it

<sup>2</sup>Biology Department University of Rome Tor Vergata – Via della Ricerca Scientifica, 00133 Rome Italy

KEY WORDS: SOIL SALINITY, ESP, ELECTRICAL CONDUCTIVITY

## INTRODUZIONE


Lo studio pedologico effettuato nel bosco di Palo Laziale vuole essere un contributo alla comprensione delle cause del deperimento di questo ecosistema forestale planiziale.

In particolare sono stati analizzati parametri specifici correlati con la salinità dei suoli, essendo essa uno dei maggiori rischi per le aree naturali costiere in tutto il mondo (Priyantha-Ranjan et al., 2006; Alvarez-Rogel et al., 2007; Naher et al., 2011). Anche in Italia, con i suoi 8.500 km di coste, la salinizzazione secondaria dei suoli sta diventando un problema sempre più diffuso (Puddu et al., 2002; Fidelibus & Tulipano, 2004; Teobaldelli et al., 2004; Capaccioni et al., 2005; Napoli, 2010).

## MATERIALI E METODI

Dopo un'indagine preliminare, nelle stesse aree di saggio in cui sono stati effettuati i rilievi forestali, sono stati scavati profili di suolo alla profondità di 1 metro, secondo metodi standard (FAO, 2006) e campionati a diverse profondità (0-10, 10-25, 25-50, 50-75, 75-100 cm) utilizzando una trivella manuale (fig. 1). Utilizzando i metodi standard indicati dal Ministero per le Politiche Agricole e Forestali (MIPAAF, 1999) sono state effettuate le seguenti analisi chimico-fisiche: pH (in estratti 1:2.5 suolo / H<sub>2</sub>O), carbonati totali, conducibilità elettrica in estratti 1:5 suolo / acqua (CE<sub>1:5</sub>), basi scambiabili (Ca, Mg, Na, K), capacità di scambio cationico (C.S.C.), granulometria. Inoltre, al fine di valutare il grado di sodicità di questi terreni e di evidenziare un eventuale rischio di alcalinizzazione, è stata calcolata la percentuale di sodio scambiabile (ESP).

## INTRODUCTION

 Soil analyses have been carried out in the Palo Laziale wood as a contribution to understanding the causes of the planitial forest ecosystem's decline.

In particular, this study has focused on specific parameters related to soil salinity, this being one of the major risks for coastal natural areas all over the world (Priyantha-Ranjan et al., 2006; Alvarez-Rogel et al., 2007; Naher et al., 2011). In Italy, with its 8,500 km of coastline, soil secondary salinization is an ever increasing problem (Puddu et al. 2002; Fidelibus & Tulipano, 2004; Teobaldelli et al., 2004; Capaccioni et al., 2005; Naples, 2010).

## MATERIALS AND METHODS

After a preliminary survey, in the same plots where vegetation relevés were carried out, soil profiles were dug to the depth of 1 meter, following standard methods (FAO, 2006), and sampled at different depths (0-10, 10-25, 25-50, 50-75, 75-100 cm) using a soil auger (fig. 1). Complying with the standard methods specified by the Ministry of Agricultural and Forestry Policies (MIPAAF, 1999), the following chemical-physical analysis were carried out: pH (in 1:2.5 soil / H<sub>2</sub>O extracts), total carbonates, electrical conductivity in 1:5 soil/water extracts (EC<sub>1:5</sub>), exchangeable bases (Ca, Mg, Na, K), cation exchange capacity (C.E.C.), particle-size analysis. Moreover, in order to estimate the degree of sodicity of these soils and to state the risk of alkalinisation, the Exchangeable Sodium Percentage (ESP) was calculated. Data interpretation followed the general guidelines and the evaluation classes reported in



L'interpretazione dei dati è stata fatta secondo le linee guida e le classi di valutazione riportate in Costantini (2007). Infine i dati sono stati spazialmente interpolati mediante software ArcGis, usando l'algoritmo Universale kriging.

Costantini (2007). Finally, the data were spatially interpolated with ArcGis software, using the Universal kriging algorithm.



**Fig. 1** –Trivella manuale;  
Soil auger.

## RISULTATI

Il contenuto di argilla dei suoli, sia nello strato 0-50 cm che in quello 50-100 cm, ha mostrato un gradiente piuttosto evidente andando da NO verso SE (fig. 2a, b). Infatti nel settore nord-occidentale i terreni hanno una tessitura moderatamente grossolana o media (sabbioso franca o franca) per tutto il profilo, con meno del 24% di argilla. Nella parte centrale dell'area solo lo strato 0-50 cm è moderatamente grossolano o di medio impasto, mentre l'orizzonte profondo ha una tessitura franco argillosa, franco limosa argillosa o franco sabbiosa

## RESULTS

The clay content of the soil, both in the 0-50 cm and in the 50-100 cm layers, showed a rather evident gradient going from NW to SE (fig. 2a, b). In fact, in the north western sector of the estate, soils have a moderately coarse or medium texture (loamy sand or loam) throughout the entire profile, with less than 24% clay. In the central part of the area, only the 0-50 cm top layer is moderately coarse or medium textured, while the subsurface horizon (50-100 cm) has a texture of clay loam, silty clay loam or sandy clay loam. In the SE sector, soils are moderately fine

argillosa. I terreni del settore SE hanno tessitura moderatamente fine per tutto lo spessore indagato, 0- 100 cm, con 25-40% di argilla in tutti gli orizzonti.

textured throughout the depth of 100 cm, having 25-40% clay in all horizons.

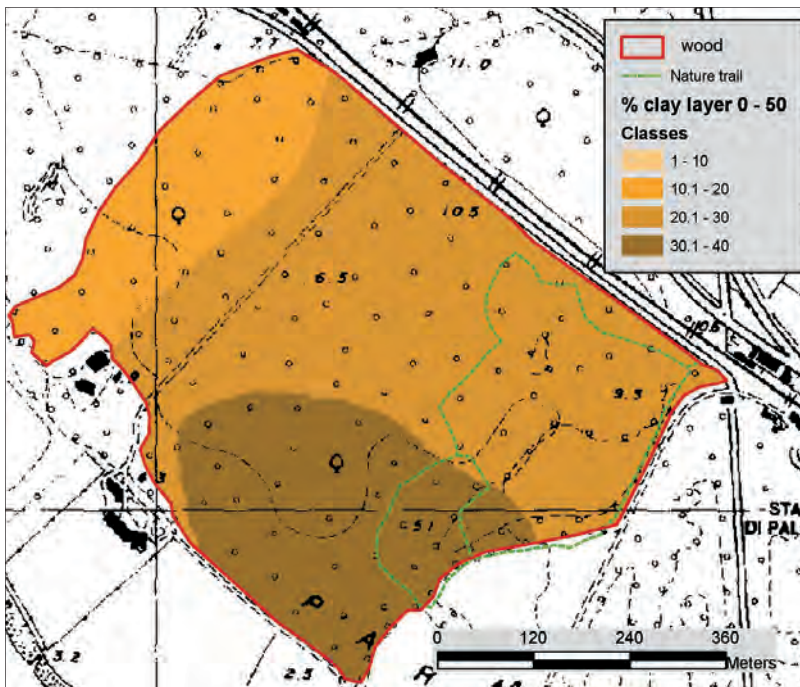


Fig. 2a – Il contenuto di argilla [%] dei suoli nello strato 0 - 50 cm;  
Soil clay content [%] in the 0 - 50 cm layer.

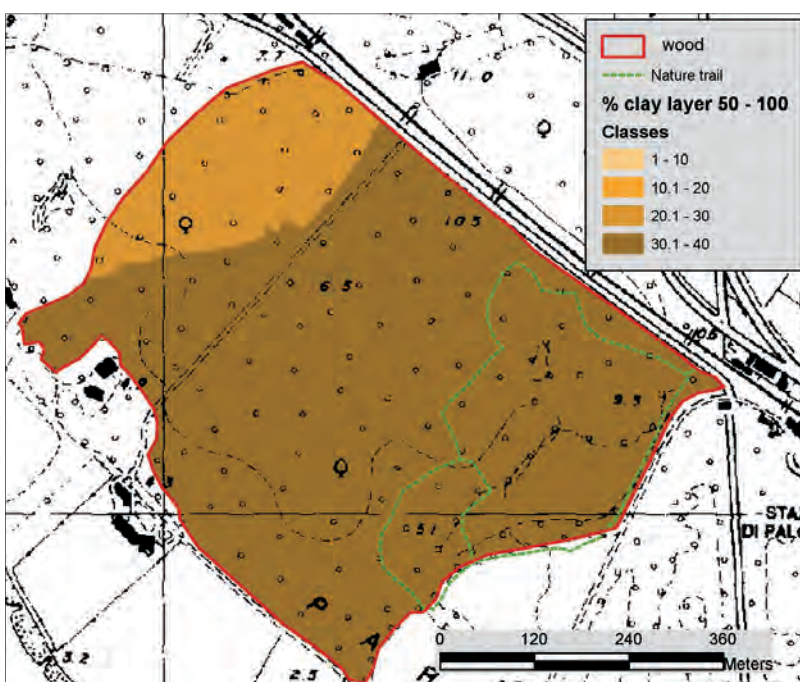


Fig. 2b – Il contenuto di argilla [%] dei suoli nello strato 50 - 100 cm;  
Soil clay content [%] in the 50 - 100 cm layer.

Questa tessitura piuttosto fine degli orizzonti causa saturazione del suolo da parte delle acque sotterranee in alcuni periodi dell'anno, come dimostrano le numerose caratteristiche redoximorfiche (noduli e concrezioni di Fe-Mn, screziature, colori grigio scuri degli orizzonti) che sono state osservate durante il lavoro di campo a diverse profondità.

This rather fine texture of horizons causes soil saturation by groundwater in certain periods of the year, as demonstrated by the numerous redoximorphic features (nodules and concretions of Fe-Mn oxides, redox depletions, dark grey colours of the horizons) which were observed during the fieldwork at different depths.

Per quanto riguarda i parametri relativi alla salinità -  $CE_{1.5}$  e ESP - la loro variabilità orizzontale e verticale in tutta l'area è rappresentata nelle figure 3a-b e 4a-b.

As for the parameters related to salinity -  $EC_{1.5}$  and ESP - their horizontal and vertical variability throughout the area is represented in figures 3a-b and 4a-b.

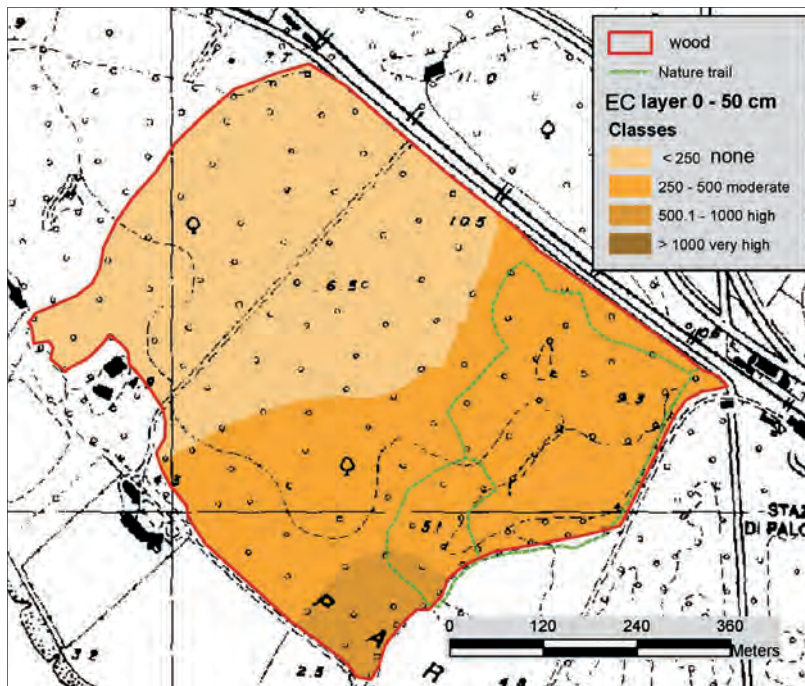


Fig. 3a – La salinità dei suoli nello strato 0 - 50 cm espressa mediante parametro  $CE_{1.5}$  [ $\mu\text{S}/\text{cm}$ ]; Soil salinity in the 0 - 50 cm layer expressed by parameter  $EC_{1.5}$  [ $\mu\text{S}/\text{cm}$ ].

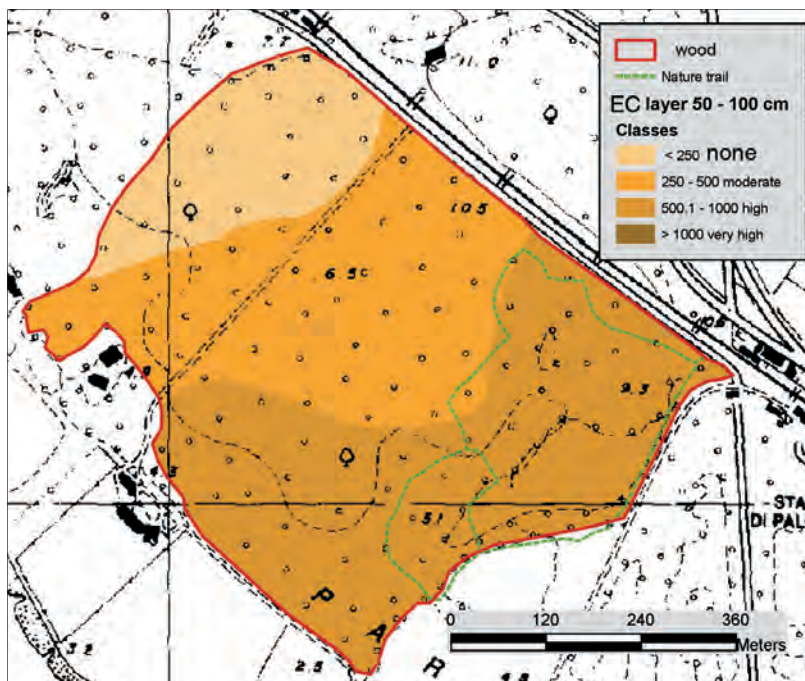


Fig. 3b – La salinità dei suoli nello strato 50 - 100 cm espressa mediante parametro  $CE_{1.5}$  [ $\mu\text{S}/\text{cm}$ ]; Soil salinity in the 50 - 100 cm layer expressed by parameter  $EC_{1.5}$  [ $\mu\text{S}/\text{cm}$ ].

Dai valori di  $CE_{1.5}$  i terreni del settore NO del bosco possono essere distinti da quelli situati in tutto resto dell'area, in quanto sono "non salini", con valori molto bassi di  $CE_{1.5}$  ( $< 250 \mu\text{S}/\text{cm}$ ) in tutti gli strati entro 100 cm dalla superficie del suolo (fig. 3 a, b).

Andando da questo settore verso SE, i profili

From the  $EC_{1.5}$  values, the soils of the NW sector of the wood can be differentiated from those located in the remainder of the area, as they are 'non-saline', with very low  $EC_{1.5}$  values ( $< 250 \mu\text{S}/\text{cm}$ ) in all the layers within 100 cm from the soil surface (fig. 3a, b).

Going from this sector towards SE, profiles

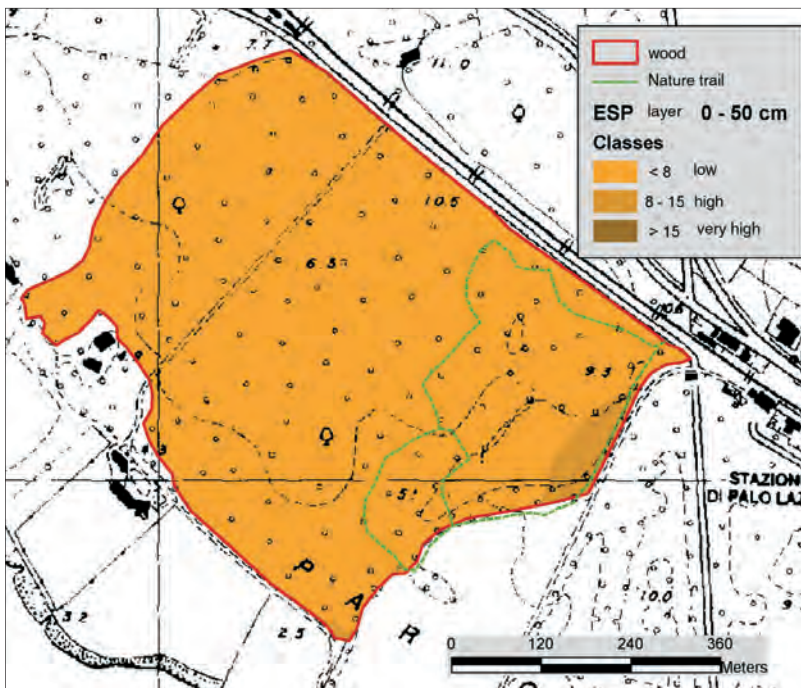


Fig. 4a – La percentuale di  $\text{Na}^+$  scambiabile dei suoli nello strato 0 - 50 cm espressa mediante parametro ESP; The proportion of exchangeable  $\text{Na}^+$  in the 0 - 50 cm layer expressed by parameter ESP.

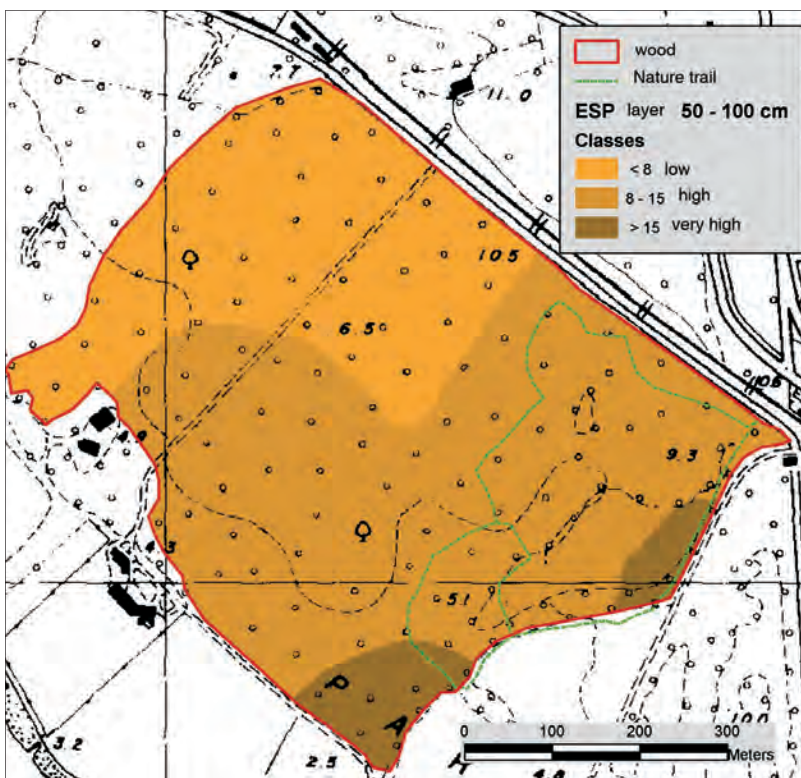


Fig. 4b – La percentuale di  $\text{Na}^+$  scambiabile dei suoli nello strato 50 - 100 cm espressa mediante parametro ESP; The proportion of exchangeable  $\text{Na}^+$  in the 50 - 100 cm layer expressed by parameter ESP

diventano da moderatamente a fortemente salini negli orizzonti 50-100 cm, mentre vicino al confine orientale dell'area tutti gli orizzonti del suolo sono ricchi di sali solubili.

Il sodio scambiabile segue un andamento piuttosto simile: la sua concentrazione è leggermente alta (1-2 cmol/kg) nel settore nord-occidentale e progressivamente da alta a molto alta (> 6 cmol/kg) verso il

become moderately to strongly saline in the 50-100 cm horizons, while near the eastern border of the area all horizons are rich in soluble salts.

The exchangeable sodium follows a rather similar pattern; its concentration being slightly high (1-2 cmol/kg) in the north western sector and progressively becoming from high to very high (> 6 cmol/kg) towards the eastern border of the area.

confine orientale dell'area.

Inoltre considerando la percentuale di  $\text{Na}^+$  scambiabile nel complesso di scambio, i valori di ESP indicano un grado piuttosto forte di sodicità ( $8 < \text{ESP} < 15$ ) negli orizzonti 50-100 cm nella maggior parte dell'area di studio (fig. 4 a, b). Solo i terreni del settore nord-occidentale risultano essere non sodici in tutti i livelli tra 0 e 100 cm.

In conclusione, sulla base dei parametri relativi alla salinità, i suoli del bosco di Palo possono essere raggruppati in 3 gruppi principali:

- 1) suoli non salini/non sodici, con  $\text{CE}_{1:5} < 250 \mu\text{S/cm}$  e  $\text{ESP} < 8$  in tutto lo spessore indagato. Situati nel settore occidentale dell'area.
- 2) Suoli con orizzonti profondi (50-100 cm) salini - sodici, nei quali si ha una  $\text{CE}_{1:5}$  moderata (250-500  $\mu\text{S/cm}$ ) o forte (500 -> 1000  $\mu\text{S/cm}$ ) e valori di  $\text{ESP} > 8$ . Ubicati nella parte centrale dell'area.
- 3) Terreni salini-sodici con  $\text{CE}_{1:5}$  da moderata (250-500  $\mu\text{S/cm}$ ) a forte (500 -> 1000  $\mu\text{S/cm}$ ) e  $\text{ESP} > 8$  in tutti gli orizzonti tra 0 e 100 cm. Per lo più localizzati vicino al confine orientale dell'area.

Considerando i gradienti di variazione della tessitura in tutta l'area, è piuttosto evidente come questi trends del contenuto di sali solubili e di  $\text{Na}^+$  siano paralleli a quelli dell'argilla, aumentando in modo significativo quando la tessitura diventa più fine.

## DISCUSSIONI E CONCLUSIONI

Sebbene numerose siano le ricerche fatte in tutto il mondo sulla tolleranza delle piante, sia spontanee che coltivate, per terreni ricchi di sali solubili e /o sodio (Kozlowsky, 1997; Tester & Davenport, 2003; Teobaldelli et al., 2004; Carter et al., 2006; Chartzoulakis, 2005; Barazani & Golan-Goldhirsh, 2009; Ayala-Astorga & Alcaraz-Meléndez, 2010; Chen & Polle, 2010), molto poco è disponibile in letteratura circa i limiti di tolleranza alla salinità e sodicità per le specie del gen. *Quercus* che sono una componente importante del bosco mediterraneo planiziale (Alaoui-Sossé et al., 1998; Mc Leod et al., 1999).

Per questa ragione i valori dei parametri pedologici analizzati nel bosco di Palo sono stati confrontati con

Moreover, considering the proportion of exchangeable  $\text{Na}^+$  in the cation exchange complex, the ESP values indicate a rather strong degree of sodicity ( $8 < \text{ESP} < 15$ ) in the 50-100 cm horizons in most of the study area (fig. 4a, b). Only in the north western sector soils resulted to be non sodic in all layers between 0 and 100 cm.

In conclusion, on the basis of the parameters related to salinity, the soils of the Palo wood can be grouped into 3 main groups:

- 1) Non- saline, non-sodic soils, with  $\text{EC}_{1:5} < 250 \mu\text{S/cm}$  and  $\text{ESP} < 8$  throughout the investigated depth. Located in the western sector of the wood.
- 2) Soils with saline - sodic subsurface horizons (50-100 cm), having  $\text{EC}_{1:5}$  moderate (250-500  $\mu\text{S/cm}$ ) or strong (500 -> 1000  $\mu\text{S/cm}$ ) and  $\text{ESP} > 8$ . Located in the central part of the area.
- 3) Saline - sodic soils with  $\text{EC}_{1:5}$  moderate (250-500  $\mu\text{S/cm}$ ) to strong (500 -> 1000  $\mu\text{S/cm}$ ) and  $\text{ESP} > 8$  in all horizons between 0 and 100 cm. Mostly located in proximity of the eastern border of the wood.

Considering the patterns of soil textural variations throughout the area, it appears evident that these trends in salt and  $\text{Na}^+$  content are parallel to those of clay, and increase significantly when the soil's texture becomes finer.

## DISCUSSIONS AND CONCLUSIONS

Although numerous researches have been carried out across the world on the tolerance of both wild and cultivated plants, for soils rich in soluble salts and/or sodium (Kozlowsky, 1997; Tester & Davenport, 2003; Teobaldelli et al., 2004; Carter et al., 2006; Chartzoulakis, 2005; Barazani & Golan-Goldhirsh, 2009; Ayala-Astorga & Alcaraz-Meléndez, 2010; Chen & Polle, 2010), very little is available in literature on the tolerance limits to salinity and sodicity of the *Quercus* species, which are an important component of the Mediterranean planifolia forests (Alaoui-Sossé et al., 1998; Mc Leod et al., 1999).

For this reason, the ranges of the above mentioned parameters analysed in the Palo wood have been compared with data derived from studies carried out

i dati tratti da studi effettuati in altri habitat costieri del Lazio (Tenuta di Castel Porziano, Bosco del Padiglione, Parco Nazionale del Circeo), in analoghe condizioni climatiche, dove i segni di stress della foresta planiziale non erano evidenti. Per questi terreni i valori di CE1: 5 erano risultati compresi tra 30 e 150  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , le concentrazioni di Na scambiabile erano inferiori a 1 cmol/kg e soltanto il 1-4% della C.S.C. totale (Gisotti & Collamarini, 1982; Biondi et al., 2001; Falcinelli, 2010; Terzano, 2012), indicando così per queste aree condizioni non saline e non sodiche.

Dai risultati del presente studio si può ipotizzare che i livelli di sali solubili e di sodio rilevati negli orizzonti dei suoli, probabilmente molto al di sopra dei limiti di tolleranza della maggior parte delle specie arboree, possano essere tra i fattori responsabili del declino e della mortalità del bosco di Palo. Infatti è ben noto che le piante sono negativamente influenzate da elevate concentrazioni di sali solubili che provocano una diminuzione di assorbimento dell'acqua da parte delle radici delle piante. L'eccesso di Na scambiabile ha effetti ancora più negativi, essendo tossico per le piante e interagendo negativamente sull'assorbimento radicale degli altri nutrienti. Ma influisce anche sulle proprietà fisiche del terreno: come la percentuale di sodio scambiabile aumenta, il terreno tende a diventare più disperso, con il risultato di una distruzione degli aggregati del suolo e di una diminuita permeabilità all'aria e all'acqua. La dispersione comporta anche la formazione di dense croste superficiali impermeabili che possono ostacolare la germinazione delle piantule.

Cause possibili dell'accumulo di sali sono riconducibili al drenaggio lento di alcuni orizzonti del suolo, dovuto come visto alla presenza di strati argillosi: l'acqua ristagna, evapora e i sali si accumulano. Soprattutto quando l'evapotraspirazione è favorita dall'aumento delle temperature in seguito ai cambiamenti climatici. Possiamo inoltre ipotizzare che l'accumulo sia favorito dalla vicinanza del mare e dai venti carichi di salsedine ormai privi di barriere naturali, data la scomparsa del cordone dunale. Oltre ad ipotizzare un'azione di ripristino di barriere frangivento, sarebbe utile migliorare il drenaggio del suolo attraverso lavorazioni superficiali del terreno, così da favorire nel tempo un'azione di dilavamento dei sali.

in other coastal habitats of the Lazio region (Castel Porziano Estate, Padiglione Wood, Circeo National Park), where climatic conditions are similar but signs of stress or dieback of the planitial forest are not yet visible. For these soils, EC 1 :5 values ranged between 30 and 150  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , exchangeable Na concentrations were less than 1 cmol/kg and only 1-4% of the C.E.C. (Gisotti & Collamarini, 1982; Biondi et al., 2001; Falcinelli, 2010; Terzano, 2012), thus indicating for these areas non-saline and non-sodic conditions.

The results of the present study allow us to hypothesise that the levels of soluble salts and sodium detected in soil horizons, probably far above the tolerance limits of most tree species, may be among the factors responsible for the decline and mortality of the Palo wood. In fact, it is well known that plants are negatively affected by high concentrations of soluble salts, which cause a decrease in water uptake by plant roots. An excess of exchangeable Na has even more negative effects, being toxic to plants and interfering with the roots' absorption of other nutrients; It also affects the soil's physical properties: as the proportion of exchangeable sodium increases, the soil tends to become more dispersed with the result of a breakdown of soil aggregates and a diminished permeability to air and water. Dispersion also results in the formation of dense, impermeable surface crusts that may hinder the emergence of seedlings.

A possible cause for the excessive salinity is the slow drainage of some soil horizons, due to the presence of clay layers: water stagnates then evaporates, and the salts accumulate, especially when evaporation is favoured by an increase in temperatures due to climate changes. We can also suppose that the proximity of the sea and the presence of salt-laden winds, unhindered by natural barriers because of the disappearance of the dune cordon, have favoured salinization. Besides a restoration of windbreak barriers, an improved soil drainage system obtained with surface soil works would be necessary, so as to favour over time a leaching of the salts from the soil.

**BIBLIOGRAFIA – REFERENCES**

- Alaoui-Sossé B., Sehmer L., Barnola P., Dizengre P., 1998. Effect of NaCl salinity on growth and mineral partitioning in *Quercus robur* L., a rhythmically growing species. *Trees* 12:424-430.  
DOI: 10.1007/PL00009726
- Alvarez-Rogel J.A., Carrasco L., Marin C.M., Martínez-Sánchez J.J., 2007. Soils of a dune coastal salt marsh system in relation to groundwater level, micro-topography and vegetation under a semiarid Mediterranean climate in SE Spain. *Catena* 69(2):111–121. DOI: 10.1016/j.catena.2006.04.026
- Ayala-Astorga G.I., Alcaraz-Meléndez L., 2010 . Salinity effects on protein content, lipid peroxidation, pigments, and proline in *Paulownia imperialis* (Siebold & Zuccarini) and *Paulownia fortunei* (Seemann & Hemsley) grown in vitro. *Electronic Journal of Biotechnology* 13(5).  
DOI: 10.2225/vol13-issue5-fulltext-13
- Barazani O., Golan-Goldhirsh A., 2009. Salt-driven interactions between *Pistacia lentiscus* and *Salsola inermis*. *Environmental Science and Pollution Research* 16(7):855–861.  
DOI: 10.1007/s11356-009-0231-4
- Biondi F.A., Dowgiallo G., Gisotti G., Tinelli A., Figliolia A., Scarascia Mugnozza G., 2001. Il sistema ambientale della tenuta Presidenziale di Castelporziano. Ricerche sulla complessità di un ecosistema forestale costiero mediterraneo. Acc. Naz. delle Scienze detta dei XL. Suppl. al vol. "Scritti e documenti" XXVI:3 – 38
- Capaccioni B., Didero M., Paletta C., Didero L., 2005. Saline intrusion and refreshing in a multilayer coastal aquifer in the Catania Plain (Sicily, Southern Italy): dynamics of degradation processes according to the hydrochemical characteristics of groundwaters. *Journal of Hydrology* 307:1–16.  
DOI: 10.1016/j.jhydrol.2004.08.037
- Carter J.L., Colmer T.D., Veneklaas E.J., 2006. Variable tolerance of wetland tree species to combined salinity and waterlogging is related to regulation of ion uptake and production of organic solutes. *New Phytologist* 169:123–134.  
DOI: 10.1111/j.1469-8137.2005.01552.x
- Chartzoulakis K.S., 2005. Salinity and olive: Growth, salt tolerance, photosynthesis and yield. *Agricultural Water Management* 78:108–121.  
DOI: 10.1016/j.agwat.2005.04.025
- Chen S., Polle A., 2010. Salinity tolerance of *Populus*. *Plant Biology* 12:317–333.  
DOI: 10.1111/j.1438-8677.2009.00301.x
- Costantini E.A.C.(Editor), 2007. Linee guida dei metodi di rilevamento e informatizzazione dei dati pedologici. CRA-ABP, Firenze.
- Falcinelli V., 2010. Indagini pedologiche come contributo all'analisi delle cause dei deperimento del Bosco di Palo. Elaborato finale (Relatori Attorre F, Dowgiallo G.). Facoltà di Scienze Ambientali, Sapienza Università di Roma. Anno Acc. 2009-10.
- FAO, 2006 . Guidelines for soil description . 4th Edition. Rome.
- Fidelibus D., Tulipano L., 2004. Inquinamento salino ed antropico degli acquiferi costieri della Murgia e del Salento: azioni di salvaguardia. *Geologi e territorio*. Suppl. al n°1/2004: 95-104.
- Gisotti G., Collamarini, D. 1982. Suolo e vegetazione nella Tenuta di Castelporziano. *Genio Rurale* 9:3556.
- Kozłowski T.T., 1997. Responses of woody plants to flooding and salinity .Tree Physiology Monograph No. 1. Heron Publishing, Victoria (Canada).
- McLeod K.W., McCarron J.K., Conner W.H., 1999. Photosynthesis and water relations of four oak species: impact of flooding and salinity. *Trees* 13: 178-187. DOI: 10.1007/s004680050231
- MIPAAF, 1999. DECRETO MINISTERIALE 13/09/1999 Approvazione dei "Metodi ufficiali di analisi chimica del suolo". Ministero delle Risorse Agricole Alimentari e Forestali. Gazz. Uff. n° 248 del 21/10/1999 Suppl. Ordin. 185.  
<http://www.guritel.it/freesum/ARTI/1999/10/21/sommario.html>
- Naher N., Uddin M.K., Alam A.K.M.M., 2011. Impacts of salinity on soil properties of coastal areas in Bangladesh. *Agrivita* 33(2):161-173.
- Napoli R. (Editor), 2010. Valutazione del rischio di salinizzazione dei suoli e di intrusione marina nelle aree costiere delle regioni Meridionali in relazione agli usi irrigui. INEA 240 pagg.  
<http://dspace.inea.it/handle/inea/445>
- Priyantha Ranjan S., Kazama S., Sawamoto M., 2006. Effects of climate and land use changes on

groundwater resources in coastal aquifers. *Journal of Environmental Management* 80:25-35.

DOI:10.1016/j.jenvman.2005.08.008

Puddu R., Sanna F., Fanni S., Fantola F., Manca D., Mereu G., Fadda D., Lai P., Onano M., 2002. Realizzazione di un sistema di monitoraggio per il controllo del fenomeno di salinizzazione dei suoli: risultati della fase conoscitiva nella Piana di Muravera-Villaputzu (Sardegna Sud-orientale). *Bollettino Società Italiana Scienza del Suolo* 51: 607-625.

Teobaldelli M., Mencuccini M., Piussi P., 2004. Water table salinity, rainfall and water use by umbrella pine trees (*Pinus pinea* L.). *Plant Ecology* 171:23-33.

Terzano D., 2012. Indagini sullo stato di salinizzazione dei suoli delle aree costiere laziali: evidenze dai boschi planiziali della Tenuta di Castelporziano e dall'oasi di Palo Laziale. Elaborato finale (Relatori Attorre F., Dowgiallo G.). Facoltà di Scienze Ambientali, Sapienza Università di Roma. Anno Acc. 2011-12.

Tester M., Davenport R., 2003. Na tolerance and Na transport in higher plants. *Annals of Botany* 9:503-527. DOI: 10.1093/aob/mcg058



Il bosco deperiente; The declining wood.





# Condizioni fitosanitarie del bosco planiziale di Palo Laziale

## *Phytosanitary status of the Palo Laziale wood*

Giuseppina Natili, Andrea Vannini, Anna Maria Vettraino

Department for Innovation in Biological Systems, Agri-Food and Forestry

University of studies of Tuscia – Via San Camillo De Lellis – 01100 Viterbo - Italy; e-mail: vannini@unitus.it

KAY WORDS: *BISCOGNIAUXIA MEDITERRANEA*, BIO-INDICATOR, DECLINE DESCRIPTORS, SPATIAL ANALYSIS

### INTRODUZIONE

Gli effetti del cambiamento climatico sugli ecosistemi forestali, sia su scala locale che globale, rappresenta uno dei principali problemi per la comunità scientifica. L'aumento delle temperature medie rischia di tradursi in un'intensificazione degli eventi estremi (Esterling et al., 2000), quali inondazioni o siccità, che potrebbero portare a variazioni imprevedibili negli ecotipi forestali. Molti microrganismi possono essere considerati degli ottimi bio-indicatori dei cambiamenti climatici, grazie alla loro capacità a rispondere rapidamente ai cambiamenti di temperatura, umidità o fisiologia dell'ospite, in termini di dimensioni della popolazione, riproduzione e diffusione. Alcuni funghi patogeni secondari, con comportamento endofitico, sono particolarmente sensibili alle variazioni fisiologiche dell'ospite in condizioni di stress (Paoletti et al, 2001; Desprez-Loustau et al, 2006; Capretti & Battisti, 2007). Tra questi *Biscogniauxia mediterranea* (De Not.) O. Kuntze, l'agente causale del cancro carbonioso delle querce, trascorre parte del suo ciclo vitale come endofita nei tessuti dell'ospite: ramoscelli, cortecce, foglie e, in minor misura nel legno (Mazzaglia et al, 2001.; Collado et al., 2001; Luchi et al., 2005). In caso di ospiti sottoposti a stress ambientale, *B. mediterranea* è in grado di colonizzare rapidamente i tessuti dello xilema e della corteccia, inducendo la formazione di cancri e accelerando il declino della pianta fino alla sua eventuale morte (Desprez-Loustau et al, 2006; Capretti & Battisti, 2007).

### INTRODUCTION



The effects of climate changes on forest ecosystems, on the local and/or global level, are major issues for the scientific community. Increasing mean temperatures and variance are likely to result in an intensification of extreme events (Esterling et al., 2000), i.e. flooding or droughts, that could lead to unpredictable changes in forest ecotypes. Many microfungi can be considered sensitive bio-indicators of climate change, due to their ability to respond rapidly to changes in temperature, humidity or host physiology, in terms of population size, reproduction and dispersal. Some secondary plant pathogenic fungi with endophytic behavior, are particularly sensitive to variations in host physiology driven by stress conditions (Paoletti et al., 2001; Desprez-Loustau et al., 2006; Capretti & Battisti, 2007). Among these, *Biscogniauxia mediterranea* O. Kuntze, the causal agent of the charcoal disease of oaks, exists for part of its life cycle as an endophyte in host tissues including twigs, bark, leaves and, to a lesser extent, wood (Mazzaglia et al., 2001; Collado et al., 2001; Luchi et al., 2005). On hosts subjected to environmental stress, *B. mediterranea* is able to rapidly colonize the xylem and bark tissues, inducing necrosis and the formation of cankers, and accelerating the decline of the plant leading to its eventual death (Desprez-Loustau et al, 2006; Capretti & Battisti, 2007).

## MATERIALI E METODI

### Valutazione visiva e parametri di malattia

Per valutare le condizioni fitosanitarie delle piante e rilevare la presenza di segni di malattia, sono state monitorate 22 aree di saggio (ads) circolari di 30 m di diametro. Le aree di saggio sono state delimitate mediante un vertex ad ultrasuoni (Haglöf Vertex III Co. Ltd., Svezia)(Fig. 1).

Per ogni ceppaia, le condizioni fitosanitarie sono state stimate utilizzando una scala visiva di 7 classi:

- Classe 0, piante asintomatiche;
- Classe 1, piante con chioma diradada fino al 25%;
- Classe 2, piante con chioma diradada fino al 50%;
- Classe 3, piante con chioma diradata oltre il 50% con rami epicormici;
- Classe 4; disseccamenti apicali con molti rami epicormici;
- Classe 5; polloni morti con ceppaia ancora vitale;
- Classe 6; ceppaia completamente morta.

## MATERIALS AND METODS

### Visual assessment and decline descriptors

A total of 22 circular plots, 30 m in diameter, delimited by an ultrasonic distance meter (Haglöf Vertex III Co. Ltd., Sweden) were monitored in order to assess the phytosanitary status of the trees and the presence of disease signs.

For each stump, the decline status was estimated using a 7 classes visual scale:

- Class 0, trees with no symptoms;
- Class 1, trees with a crown thinning up to 25 %;
- Class 2, trees with a crown thinning up to 50%;
- Class 3, trees with a crown thinning over 50% and epicormic branches;
- Class 4, apical desiccation with many epicormic branches;
- Class 5, dead suckers with living tree stump;
- Class 6, dead tree stump.

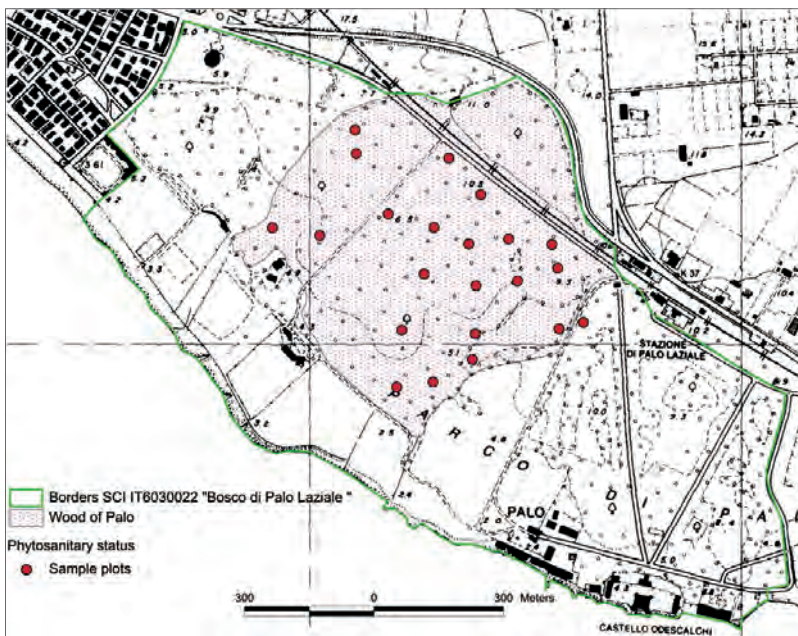


Fig. 1 – Aree di saggio; Sample plots.

Per ogni area di saggio sono stati determinati i seguenti parametri di malattia: incidenza (I), severità (S), indice di malattia ( $DI = I \times S$ ) e mortalità (M) (Groth et al., 1999 e Cardoso et al., 2004). I parametri di malattia sono stati calcolati sia per tutte le specie arboree, che compongono lo strato dominante,

Decline descriptors were determined for each plot: incidence (I), severity (S), disease index ( $DI = I \times S$ ) and mortality (M), calculated according to Groth et al. (1999) and Cardoso et al. (2004). Decline descriptors were calculated for trees composing the dominant canopy layer (group A) and for oak trees

(gruppo A) sia per il solo genere *Quercus* (gruppo B).

Il rapporto tra la varianza e la media (VM) è stato usato per stimare il modello di distribuzione dei dati: regolare, casuale o a gruppi (Campbell & Madden, 1990). VM è inferiore ad 1 per i modelli spaziali regolari, uguale ad 1 per i modelli spaziali casuali e maggiore di 1 per i modelli spaziali aggregati. In generale, il valore di VM aumenta all'aumentare dello stato di aggregazione.

I dati sono stati analizzati attraverso il software Graphpad InStat 4 (San Diego, CA, USA).

I segni di malattie sono stati rilevati come presenza/assenza per ogni albero o pollone.

### Analisi spaziale

L'analisi spaziale è stata condotta attraverso il modulo di geostatistica di ArcGis ver. 10.0 (Environmental Systems Research Institute, ESRI, Inc., Redlands, CA, USA). L'autocorrelazione spaziale dei parametri di malattia è stata determinata usando il Kriging ordinario (OK) secondo la metodologia descritta da Vannini et al (2010). La dipendenza spaziale è stata valutata in accordo con Vannini et al. (2010) e Cambardella et al. (1994).

## RISULTATI

### Valutazione visiva

Lo stroma di *B. mediterranea*, l'agente causale del cancro carbonioso delle querce (Vannini & Scarascia Mugnozza, 1991), rappresenta il segno più frequente rilevato nelle aree di saggio monitorate.

In Tabella 1 i valori dei parametri di malattia, il rapporto tra la varianza e la media ed i coefficienti di correlazione con la presenza di *B. mediterranea*, sono riportati come media dei valori registrati nelle singole aree di saggio.

I valori di VM inferiori ad 1 suggeriscono una distribuzione regolare per i parametri di incidenza e mortalità nell'area di studio. Il valore di VM uguale a 0,82 ipotizza una distribuzione intermedia tra il modello regolare e aggregato per il parametro di severità. Infine il valore di VM maggiore di 1 indica un modello di distribuzione aggregato per il parametro DI che rappresenta un valore integrato di incidenza

only (group B).

The variance-to mean ratio (VM) was used to estimate the type of distribution patterns of the data: regular, random or clustered (Campbell & Madden, 1990). VM is expected to be <1 for regular spatial patterns, = 1 for random patterns and >1 for aggregated patterns. In general, the value of VM increases as aggregation increases.

Data analysis was performed using Graphpad InStat 4 software (San Diego, CA, USA).

Disease signs were evaluated as present/absent for each tree or stump.

### Spatial analysis

Spatial analysis was carried out using the Geostatistical analysis module of ArcGis ver. 10.0 (Environmental Systems Research Institute, ESRI, Inc., Redlands, CA, USA). The spatial autocorrelation of disease descriptors was calculated using the Ordinary Kriging model (OK) according to the methodology described by Vannini et al (2010). Evaluation of spatial dependency was carried out in accordance with Vannini et al. (2010) and Cambardella et al. (1994).

## RESULTS

### Visual assessment

Stromata of *Biscogniauxia mediterranea*, (De Not.) O. Kuntze, the causal agent of charcoal disease in oaks, (Vannini & Scarascia Mugnozza, 1991), were the most frequent signs recorded in the investigated plots.

In Table 1, the values of the disease descriptors, their VM and coefficients of correlation with the presence of *B. mediterranea*, are reported as the average of the values recorded in the single plots.

VM values < 1 suggest a regular distribution for incidence and mortality in the studied area. VM values = 0.82 hypothesise an intermediate distribution between regular and aggregated patterns for severity. Finally, VM values > 1 indicate aggregated patterns of DI distribution, which is the product of incidence and severity and then the most representative index of disease (Table 1). An aggregated pattern

e gravità e quindi l'indice più rappresentativo della malattia (Tabella 1). Un modello aggregato indica chiaramente una eterogeneità ambientale ed eterogeneità nell'impatto dei fattori di stress sugli alberi.

Una correlazione positiva è stata trovata nel Gruppo B (per il solo genere *Quercus*) tra la frequenza relativa di *B. mediterranea* ed i valori di incidenza (Pearson r), indice di malattia (Pearson r) e mortalità (Spearman r) (Tabella 1).

clearly indicate an environmental heterogeneity and heterogeneity in the impact of stress factors on trees.

A significant positive correlation was found in Group B (only oak trees) between relative frequency of *B. mediterranea* and values of incidence (Pearson r), disease index (Pearson r) and mortality (Spearman r) (Table 1).

**Tab. 1** – Parametri di malattia per tutte le specie arboree dello strato dominante (gruppo A) e per il solo genere *Quercus* (gruppo B). Valori medi di Incidenza (I), severità (S), indice di malattia (DI) e mortalità (n = 17). Rapporto tra la varianza e la media (VM) e correlazione con la presenza percentuale di *B. mediterranea*; Disease descriptors were determined for all species tree of the dominant layer (group A) and for the *Quercus* genus only (group B). Average incidence (I), severity (S), disease index (DI) and mortality (n = 17), their variance-to-mean ratio and correlation with percentage presence of *B. mediterranea*.

Group	Disease Descriptor	Average ± (SE <sup>4</sup> )	VM <sup>1</sup>	Range of values (percentiles)			Correlation with per centage presence of <i>B. mediterranea</i>	
				25%	50%	75%	r	p
A	I	0,7 ± (0,05)	0.08	0,45	0,74	0,92	/	/
	S	3,6 ± (0,37)	0.76	2,00	3,79	5,26	/	/
	DI	2,8 ± (0,39)	1.09	0,92	2,59	4,31	/	/
	M	0,4 ± (0,07)	0.23	0,01	0,32	0,60	/	/
B	I	0,7 ± (0,07)	0.12	0.53	0,86	1,00	0,542	0,02
	S	3,7 ± (0,42)	0.82	2,07	4,18	5,24	0,472	ns
	DI	3,1 ± (0,46)	1.17	1,21	3,83	4,88	0,542	0,02
	M	0,4 ± (0,08)	0.26	0,03	0,58	0,70	0,583	0,01

<sup>1</sup> Variation-to-mean ratio =  $s^2/\bar{x}$ , where  $s^2$  = sample variance and  $\bar{x}$  = sample mean.

<sup>2</sup> Pearson r. - <sup>3</sup> Spearman r. - <sup>4</sup> SE, standard error.

### Analisi spaziale

Il Kriging ordinario è stato applicato a tutti i parametri di malattia. Il semivariogramma è stato descritto utilizzando il modello sferico. La dipendenza spaziale (autocorrelazione) è stata osservata solo per il parametro dell'incidenza per il Gruppo A (tutte le specie arboree che costituiscono lo strato dominante) (Nugget = 0.001; Sill = 0.05; Relative Nugget = 0,02; Practical range = 258,26 m). Poiché il relative nugget è < 25% l'incidenza è caratterizzata da una forte dipendenza spaziale (Fig. 2).

### Spatial analysis

Ordinary Kriging was applied to all disease descriptors. The semivariograms were described using the spherical model. Spatial dependence (autocorrelation) was observed only for incidence of Group A (all trees composing the canopy) (Nugget = 0.001; Sill = 0.05; Relative nugget = 0.02; Practical range = 258.26 m). Since the relative nugget was < 25%, the incidence was considered strongly spatially dependent (Fig. 2).

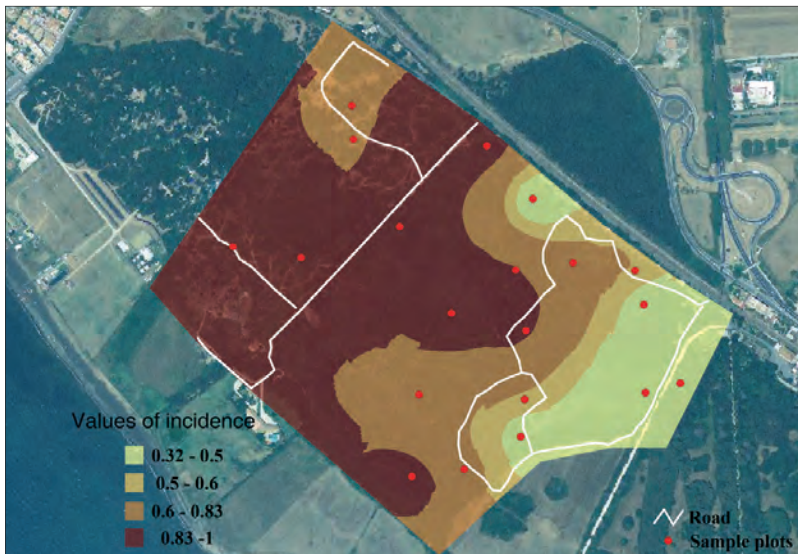


Fig. 2 – Mappa della distribuzione dell'Incidenza attraverso l'area di studio; Kriged map of Incidence across the study area.

## DISCUSSIONI E CONCLUSIONI

Le condizioni fitosanitarie del bosco di Palo Laziale suggeriscono che è attualmente in corso un processo di degrado favorito da fattori ambientali anomali, probabilmente per la maggior parte abiotici, che si ripercuotono su tutte le specie arboree che compongono lo strato dominante (Gruppo A). Infatti, la dipendenza spaziale tra i valori di incidenza rafforza l'evidenza di un fattore causale comune che agisce in misura diversa nell'area di studio. La presenza di un tipico bio-indicatore delle condizioni di stress nelle querce, come *Biscogniauxia mediterranea* (Vannini et al, 2009) considerato un fattore biotico che contribuisce a portare a morte piante sottoposte a stress idrico (Vannini & Scarascia Mugnozza, 1991; Vannini & Valentini, 1994; Vannini et al, 1996) suggerisce che l'impatto di un fattore favorevole in grado di determinare un grave stress idrico alle piante può contribuire a renderle vulnerabili ad eventuali patogeni di debolezza (Manion, 1991; Desprez-Loustau et al., 2006).

In seguito ad una opportuna azione di ripristino del soprassuolo boschivo sarebbe auspicabile una corretta gestione selvicolturale, in grado di contribuire a contenere l'evoluzione di simili fenomeni. Ad esempio l'esecuzione di tagli di diradamento e colturali può ridurre la densità aumentando la disponibilità d'acqua, di luce e di nutrienti per le piante, migliorando lo stato fisiologico e stimolando i meccanismi di difesa. Egualmente un piano selvicolturale che favorisca l'ingresso di specie

## DISCUSSIONS AND CONCLUSIONS

Phytopathological conditions of the Palo Laziale wood suggest that a serious decline process is ongoing, mostly likely incited by anomalous environmental factors, most probably abiotic, which have impacted all the tree species composing the canopy (Group A). In fact, decline incidence values resulted as spatially dependant, thus reinforcing the evidence of a common causal factor acting to different extents across the study area. The presence of a typical bio-indicator of oak trees stress condition, such as *Biscogniauxia mediterranea* (Vannini et al., 2009) considered to be a biotic factor which contributes to driving water -stressed oaks to death (Vannini & Scarascia Mugnozza, 1991; Vannini & Valentini, 1994; Vannini et al., 1996) suggests that the impact of the inciting factor determined a serious water stress condition of the trees, thus making them vulnerable to the final contributing factors, mostly weakness pathogens and pests (Manion, 1991; Desprez-Loustau et al., 2006).

The evolution of the phenomenon can be limited through an appropriate silvicultural management, for example with the execution of thinning and cultural cuts, because reducing the density of population increases the availability of water, light and nutrients for plants, improving their physiological state and stimulating their defence mechanisms. Equally, a silvicultural plan that encourages the presence of accessory species and different successional ages allows for a better use of available resources. The

accessorie e la disetaneizzazione del soprassuolo permette un migliore utilizzo delle risorse disponibili. In particolare la lotta verso *B. mediterranea* si basa su interventi selvicolturali volti al taglio delle piante colpite dalla malattia nell'inverno successivo alla comparsa dei segni (gli stromi carboniosi), al fine di evitare la colonizzazione dell'apparato radicale che pregiudicherebbe definitivamente la capacità di ricaccio di nuovi polloni dalle ceppaie.

fight against *B. mediterranea* is based on silvicultural interventions such as the cutting of plants affected by the disease, during the winter following the onset of signs (fungal stromata), in order to prevent the colonisation of the root system which would permanently affect the capability of new shoots regrowing from the stumps.

## BIBLIOGRAFIA – REFERENCES

Cambardella C.A., Moorman T.B., Novak J.M., Parkin T.B., Karalan D.L., Turco R.F., Konopka A.E., 1994. Field scale variability of soil properties in central Iowa soils. *Soil Science Society of America* 58:1501-1511.

Campbell C.L., Madden L.V., 1990. *Introduction to Plant Disease Epidemiology*. John Wiley & Sons, New York.

Capretti P., Battisti A., 2007. Water stress and insect defoliation promote the colonization of *Quercus cerris* by the fungus *Biscogniauxia mediterranea*. *Forest Pathology*, 37:129-135.

DOI: 10.1111/j.1439-0329.2007.00489.x

Cardoso J.E., Santos A.A., Rossetti A.G., Vidal, J.C., 2004. Relationship between incidence and severity of cashew gummosis in semiarid north-eastern Brazil. *Plant Pathology* 53:363-367.

DOI: 10.1111/j.0032-0862.2004.01007.x

Collado J., Platas G., Palaez F., 2001. Identification of an endophytic *Nodulosporium* sp. From *Quercus ilex* in central Spain as the anamorph of *Biscogniauxia mediterranea* by rDNA sequence analysis and effect of different ecological factors on distribution of the fungus. *Mycologia* 93:875-886. Article Stable URL: [www.jstor.org/stable/3761753](http://www.jstor.org/stable/3761753)

Desprez-Loustau M.R., Marcais B., Nageleisen L.M., Piou D., Vannini A., 2006: Interactive effects of drought and pathogen in forest trees. *Annals of Forest Science* 63:597-612.

DOI: 10.1051/forest:2006040

Easterling D.R.; Meehl G.A.; Parmesan C.; Changnon, S.A.; Karl T.M.; Mearns L.O., 2000 *Climate Extremes: Observations, Modeling, and Impacts*. Science

289:2068-2074.

DOI: 10.1126/science.289.5487.2068

Faeth S.H., Fagan W.F., 2002. Fungal endophytes: common host plant symbionts but uncommon mutualists. *Integrative and Comparative Biology* 42:360-368.

DOI: 10.1093/icb/42.2.360

Groth J.V., Ozmon E.A., Bush R.H., 1999. Repeatability and relationship of incidence and severity measures of scab of wheat caused by *Fusarium graminearum* in inoculated nurseries. *Plant Disease* 83:1033-1038.

DOI: 10.1094/PDIS.1999.83.11.1033

Luchi N., Capretti P., Pinzani P., Orlando C., Pazzagli M., 2005. Real-time PCR detection of *Biscogniauxia bmediterranea* in symptomless oak tissue. *Letters in Applied Microbiology* 41:61-68.

DOI: 10.1111/j.1472-765X.2005.01701.x

Manion P.D., 1991. *Tree Disease Concepts*, 2nd edn. Prentice Hall, Inc, Englewood Cliffs, NJ, 402 pp. ISBN: 0139294236

Mazzaglia A., Anselmi N., Gasbarri A., Vannini A., 2001. Development of a polymerase chain reaction (PCR) assay for the specific detection of *Biscogniauxia mediterranea* living as an endophyte in oak tissues. *Mycological Research* 105(8):952-956.

DOI:10.1016/S0953-7562(08)61951-6

Paoletti E., Danti R., Strati S., 2001. Pre- and post-inoculation water stress affects *Sphaeropsis sapinea* canker length in *Pinus halepensis* seedlings *For. Path.* 31:209-218.

DOI: 10.1046/j.1439-0329.2001.00237.x

Vannini A., Scarascia Mugnozza G., 1991. Water stress: a predisposing factor in the pathogenesis of *Hypoxylon mediterraneum* on *Quercus cerris*. *European Journal of Forest Pathology* 21:193–202. DOI: 10.1111/j.1439-0329.1991.tb00970.x

Vannini A., Valentini R., 1994. Influence of water relations in *Quercus cerris*- *Hypoxylon mediterraneum* interaction: a model of drought induced susceptibility to a weakness parasite. *Tree Physiology* 14:129-139. DOI:10.1093/treephys/14.2.129

Vannini A., Luisi N., Valentini R., 1996. Impact of drought and *Hypoxylon mediterraneum* on oak decline in the Mediterranean region. *Annals of Forest Science*

53:753-760.

DOI: 10.1051/forest:19960251

Vannini A., Lucero G., Anselmi N., Vettraino A.M., 2009. Response of endophytic *Biscogniauxia mediterranea* to variation in leaf water potential of *Quercus cerris*. *Forest Pathology* 39:8–14.

DOI: 10.1111/j.1439-0329.2008.00554.x

Vannini A., Natili G., Anselmi N., Montagni A., Vettraino A.M., 2010. Distribution and gradient analysis of Ink disease in chestnut forests. *Forest Pathology* 40:73–86.

DOI: 10.1111/j.1439-0329.2009.00609.x



Serapide lingua (*Serapias lingua*), un'orchidea diffusa nei prati tra il bosco e la spiaggia di Palo;  
Tongue orchid (*Serapias lingua*), an orchid found in the meadows between Palo's wood and beach.





# Conclusioni – Conclusions

*Luca Scarnati, Fabio Attorre, Roberto Valenti*


## CONCLUSIONI

Le condizioni ambientali definite nei relativi capitoli, in particolare per quanto riguarda suolo e clima, hanno probabilmente determinato per il bosco di Palo condizioni progressive di stress che hanno portato il sito alle condizioni attuali di forte degrado del bosco.

In seguito alle indagini pedologiche sono state rilevate nel suolo elevate concentrazioni di sali solubili e sodio. L'analisi geochimica ed idrologica non ha però rilevato allo stato attuale presenza di intrusione di acqua marina nella falda. La salinità dei suoli non è quindi attribuibile a fenomeni di risalita. È stato invece rilevato che a questa presenza salina corrisponde uno strato argilloso impermeabile, che probabilmente, rallentando il drenaggio dell'acqua meteorica, ha favorito l'accumulo dei sali in seguito all'evapotraspirazione dell'acqua. A ciò può aver contribuito la vicinanza del mare, con i venti carichi di salsedine, ormai privi di barriere naturali (fig. 1), che hanno favorito l'apporto al suolo di sali. Si è arrivati così ad elevate concentrazioni di sali solubili, causa di una diminuzione dell'assorbimento dell'acqua da parte delle radici, e ad un eccesso di sodio scambiabile, che può aver determinato condizioni di tossicità e disfunzioni nell'assorbimento dei nutrienti. Il sodio inoltre ha una forte influenza sulle proprietà fisiche del terreno, disgregandolo e diminuendone la permeabilità all'aria e all'acqua, nonché portando alla formazione di croste superficiali impermeabili, che ostacolano l'assorbimento dell'acqua, accentuando così il problema dello scarso drenaggio.

Lo studio delle caratteristiche climatiche dell'area ha evidenziato una tendenza alla diminuzione delle precipitazioni in concomitanza con un aumento delle temperature. Questo ha determinato l'accentuarsi

## CONCLUSIONS

 The environmental condition described in the previous chapters, especially as regards soil and climate, has determined progressive stress conditions for the Palo Laziale wood, which have led to today's severe deterioration.

The soil analyses have detected high concentrations of soluble salts and sodium. Geochemical and hydrological analyses have not detected, to today, any sea water intrusion into the aquifer. The soil's salinity is therefore not imputable to rising water phenomena, but is connected to the presence of an impermeable clay layer which, slowing the drainage of rainwater, has favoured the accumulation of salts as a result of water evapotranspiration. Proximity to the sea, with its salt-laden winds not hindered by natural defence barriers (fig. 1) may have contributed to this. This high concentration of soluble salts has caused a decrease in water absorption by the roots, and an excess of exchangeable sodium that may have determined conditions of toxicity and dysfunctions in the absorption of nutrients. Sodium moreover, has a strong influence on the soil's physical properties, disaggregating it and lessening its permeability to air and water, as well as leading to the formation of impermeable surface crusts that hinder water absorption, thus accentuating the poor drainage.

The climate analysis of the area has showed a trend towards reduction of rainfalls in conjunction with an increase in temperatures. This has determined an accentuation of the area's aridity and an extension of the dry season throughout the year. We must then take into consideration that all the surrounding area was subjected to land reclamation starting in the beginning of the last century; this was implemented with channels that pass through our wood and promote a rapid flow of surface waters toward the sea. Furthermore, in the recent past, two years of



**Fig. 1** – La costa è in fase erosiva e le barriere naturali all’ingresso dei venti carichi di salsedine sono compromesse;  
The coast is under erosion and the natural barriers against the salt-laden winds are compromised.

delle condizioni di aridità e il loro prolungamento nell’arco dell’anno. Si consideri poi che tutta l’area circostante è stata sottoposta a bonifica a partire dall’inizio del secolo scorso, con canali che attraversano il bosco e favoriscono il rapido deflusso delle acque superficiali verso il mare. Inoltre sono state individuate nell’ultimo periodo almeno due annate di straordinaria aridità, il 2003 e il 2007, eventi in grado di incidere puntualmente sulla vitalità del bosco. Altro effetto dell’aumento delle temperature è il corrispondente aumento dell’evapotraspirazione dai suoli, con conseguente aumento dell’accumulo di sali.

In merito alla gestione del bosco il fatto che si sia abbandonato il governo a ceduo, lasciandolo invecchiare senza alcun intervento selvicolturale, ha probabilmente contribuito ad aggravare la situazione. L’assenza di tagli può infatti aver portato ad un aumento della densità, causando una competizione per le risorse tra le piante molto forte, che, soprattutto in condizioni di deficit idrico, favorisce l’insorgere di fitopatogeni.

extraordinary draught have been identified, 2003 and 2007, which seriously affected the wood's viability. Another effect of the increase in temperatures is the corresponding increase in the soil's evapotranspiration, with a consequent increase in the accumulation of salts.

Regarding the wood's management, the fact that the coppicing was abandoned, leaving the wood to age with no silvicultural intervention, has probably contributed to making the situation worse. The lack of cuts may in fact have resulted in a higher density, causing a very strong competition for resources between plants, that especially in conditions of water deficit, favours the rise of phytopathogens.

The combination of these factors has probably caused strong stress conditions and allowed a weakness parasite, the *Biscogniauxia mediterranea* fungus to progress to a strongly pathogenic phase, attacking and causing the death of a great number of trees. The wood is today almost completely dead, with few mature tree individuals still standing, but progressively declining.

L'insieme di questi fattori ha probabilmente causato forti condizioni di stress e permesso al parassita di debolezza, il fungo *Biscogniauxia mediterranea*, di entrare in una fase fortemente patogena, attaccando le piante arboree fino a portarne gran parte alla morte. Il bosco è quindi attualmente quasi completamente morto, con i pochi individui arborei maturi rimasti in piedi ormai progressivamente deperienti.

Ma, nota positiva, agli ultimi tagli fitosanitari del 2004, con l'eliminazione e l'allontanamento delle piante morte, ha fatto seguito una fase di apertura del soprassuolo e disseminazione, che ha portato all'insediarsi di abbondante rinnovazione. Questa è composta da specie arbustive e arboree, in prevalenza cerro (*Quercus cerris*), in competizione tra loro.

Grazie ai risultati dell'analisi multidisciplinare condotta in questo studio, siamo in grado di ipotizzare le azioni necessarie per realizzare un'azione di ripristino del bosco. Ciò può essere fatto favorendo al più presto le specie arboree, eventualmente con tagli selettivi che comportino l'eliminazione degli arbusti. Un ulteriore aiuto significativo all'affermarsi delle specie arboree, potrebbe venire dalla messa a dimora di un certo numero di piantine, dell'età di almeno tre anni, allevate da materiale di propagazione prelevato *in situ*. Questo anche potenziando il piccolo vivaio già realizzato, nell'ambito di questo progetto, all'interno dell'area.

Sarà poi necessario, per evitare ulteriori attacchi di parassiti di debolezza, limitare i fattori di stress ambientale per le piante. Questo è possibile attraverso interventi di carattere idraulico che limitino il deflusso superficiale delle acque e ne favoriscano la permanenza e quindi l'apporto alle piante, attenuando così gli effetti della crescente aridità climatica. Inoltre eventuali lavorazioni superficiali del suolo potrebbero migliorarne il drenaggio, così da favorire un'azione di dilavamento dei sali dal suolo, migliorandone a lungo andare le condizioni fisico - chimiche.

È consigliabile continuare a monitorare i pozzi dell'area, così da escludere la possibilità di un'eventuale intrusione del cuneo salino.

È inoltre indispensabile provvedere alla conservazione dell'habitat prioritario degli stagni temporanei (fig. 2). Anche in questo caso sarebbe necessario modificare la canalizzazione interna delle acque superficiali, in modo da poter utilizzare l'acqua,

On the positive side, the latest phytosanitary cuts in 2004, which removed the dead plants, brought about an opening up of the stand and a new dissemination that has led to an abundant regeneration. This is composed of shrubs and trees - mostly Turkey oak (*Quercus cerris*) - in competition with each other.

On the basis of the results of the multidisciplinary analysis presented in this study, we believe a restoration of the wood to be necessary. This may be done by favouring the tree species as soon as possible, through selective cuts to eliminate the shrubs. A further significant help to the affirmation of tree species could come from planting a certain number of saplings, three years old at least, grown in propagation material taken *in situ*, and by developing the small nursery created in the past years, within the framework of our project.

It will then be necessary, in order to prevent further attacks of weakness parasites, to limit the environmental stressors on plants. This may be done by hydraulic interventions to restrict the outflow of surface waters and to promote their permanence and contribution to the plants, thereby attenuating the effects of the increasingly dry climate. Furthermore, interventions on the soil's surface could improve the drainage, so as to favour leaching of the soil, improving its physical - chemical conditions in the long run.

It is advisable to continue monitoring wells in the area, so as to exclude the possibility of intrusion of the salt wedge.

It is also essential to ensure the conservation of the Temporary Ponds priority habitat (fig. 2); to this end, the inner canal system for surface waters must be modified, so that water may be used, when necessary, i.e. in conditions of prolonged aridity, to preserve the habitat's typical water system. Some kind of reservoir could be built, that would fill up during the wet season and then could be used if necessary in the dry season.

It should be noted that if no action is taken, within a few years the adult tree individuals will have definitely disappeared, and the shrub vegetation will impose itself, creating a kind of high maquis similar to that already present in some parts of the site, and especially within the Nature Trail. This phenomenon would probably be very difficult to reverse. A high and closed maquis of Mediterranean shrub species would form, and this formation, where it is present today, does not show obvious symptoms of



Fig. 2 – Stagni temporanei, importante habitat per molte specie, tra cui la testuggine palustre (*Emys orbicularis*);  
Temporary ponds, an important habitat for many species, including the pond turtle (*Emys orbicularis*).

in caso di necessità, ossia in condizioni di aridità prolungata, per preservare il regime idrico tipico dell'habitat. Eventualmente si potrebbe realizzare una qualche forma di serbatoio, che si riempe nella stagione umida e possa essere utilizzato se necessario nella stagione secca.

Si noti che entro pochi anni, in caso di mancato intervento, a seguito della scomparsa definitiva degli individui arborei adulti, si potrebbe affermare la vegetazione arbustiva, creando così una tipologia di macchia alta simile a quella già presente in alcuni punti del sito, in particolare all'interno del Sentiero Natura, fenomeno che con ogni probabilità risulterebbe difficilmente reversibile. Si andrebbe quindi a formare una macchia alta e chiusa di arbusti mediterranei, che attualmente, dove presente, non mostra sintomi evidenti di deperimento, tanto da non aver subito in questi ultimi anni alcun tipo di taglio fitosanitario. Tale tipologia di vegetazione sarebbe comunque da garantire in prossimità della linea di confine tra il bosco e la spiaggia, così da riuscire a formare una barriera naturale ai venti salsi, data la scomparsa del cordone dunale, e a garantire la

deterioration and has in fact not needed any phytosanitary cut in the past years. This type of vegetation should instead be protected along the boundary line between the wood and the beach, as a natural barrier to the salty winds in substitution of the no longer present dune cordon and to ensure the conservation of an ecotone area, essential to the conservation of a great part of the fauna present.

Once the wood's restoration project is implemented, a silvicultural management that ensures a definitive passage to a tall tree wood will help avoiding further decline: thinning cuts would reduce the density and increase the availability of water, light and nutrients for the plants, improving their physiological state and stimulating their defence mechanisms. In order to allow better utilization of the resources available and greater resilience of the wood, it would also be useful to promote, in management actions, the diversity of species and the development of an uneven-aged stand. All in all, this would make the wood capable of responding to stress factors, that mainly because of the current climate change, are expected to increase in the future.

conservazione di un'area ecotonale, indispensabile per la conservazione di buona parte della fauna presente nel sito.

Una volta realizzato il progetto di ripristino del bosco, una gestione selvicolturale che porti definitivamente verso una forma di bosco ad alto fusto, potrà contribuire a evitare ulteriori fenomeni di declino: l'esecuzione di tagli di diradamento regolerebbe la densità aumentando la disponibilità d'acqua, luce e nutrienti per le piante, migliorandone lo stato fisiologico e stimolandone i meccanismi di difesa. Al fine di permettere un migliore utilizzo delle risorse disponibili e un aumento della resilienza del bosco, sarebbe egualmente utile favorire, negli interventi gestionali, la diversità delle specie forestali e la loro disetaneizzazione. Complessivamente si renderebbe il bosco in grado di rispondere ai fattori di stress, che soprattutto a causa degli attuali cambiamenti climatici, si prevedono in aumento.



## Gli autori – *The authors*

### FABIO ATTORRE

*fabio.attorre@uniroma1.it*



Insegna Cartografia tematica GIS e Approccio Ecosistemico alla Conservazione della biodiversità presso il Dipartimento di Biologia Ambientale dell'Università Sapienza di Roma. Ecologista vegetale specializzato in Conservazione, fornisce supporto scientifico a diversi progetti finanziati dalla Cooperazione Italiana compresi Soqotra, Arcipelaghi Galapagos, bacino del Limpopo, aree protette dell'Albania.

*Fabio Attorre teaches GIS thematic mapping and Ecosystem Approach to Biodiversity Conservation at the Environmental Biology Department at the Sapienza University of Rome. He is a plant ecologist specialized in Conservation and provides scientific support in several development projects funded by Italian Cooperation; among these, projects in Soqotra, the Galapagos Islands, the Limpopo basin and Albanian protected areas.*

### MAURIZIO BARBIERI

*maurizio.barbieri@uniroma1.it*

Professore Associato di Geochimica Ambientale presso il Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università Sapienza di Roma, si occupa di geochimica isotopica, idrogeochimica e geochimica ambientale. E' autore di 50 pubblicazioni su riviste nazionali ed internazionali e di numerose comunicazioni a congressi scientifici nazionali ed internazionali. Dal 2011 è fellow della Association of Applied Geochemists (AAG).

*Associate Professor in Environmental Geochemistry at Earth Sciences Department at the Sapienza University of Rome. Maurizio Barbieri's current research interests span over a wide range of topics including isotope geochemistry, hydrogeochemistry, and environmental geochemistry. He has published over 50 papers (more than half of which on internationally referred journals). From 2011 he is a fellow of the Association of Applied Geochemists (AAG).*

### MARIA BATTISTEL

*maria.battistel@uniroma1.it*

Laureata in Monitoraggio e riqualificazione ambientale, attualmente è dottoranda in Scienze della Terra presso l'Università Sapienza di Roma. I suoi interessi di ricerca sono: della geochimica delle acque e geochimica ambientale.

*Maria Battistel graduated in Environmental Monitoring and Requalification and is a PhD student in Earth Science at the Sapienza University of Rome. Her research interests are environmental geochemistry and geochemistry of water resources.*



**GIUSEPPINA DOWGIALLO***giuseppina.dowgiallo@uniroma1.it*

Già coordinatrice tecnica del Laboratorio di analisi del suolo del Dipartimento di Biologia Ambientale e docente di Pedologia presso l'Università Sapienza di Roma. L'attività di ricerca è stata prevalentemente indirizzata verso il rilevamento e le analisi dei suoli e i rapporti suolo – vegetazione.

*Giuseppina Dowgiallo has worked at the Environmental Biology Department of the Sapienza University of Rome, as chief coordinator of the Laboratory of Soil Analysis and teacher of Pedology. Her main research interests are soil survey and analyses and the relationship between soil and vegetation.*

**DANIELA FICARA***tartablanca@libero.it*

Ha conseguito la laurea specialistica in Scienze Naturali presso il Dipartimento di Biologia Ambientale dell'Università Sapienza di Roma, dove ha collaborato all'indagine pedologica presso il Laboratorio di analisi del suolo.

*Daniela Ficara holds a degree in Natural Sciences at the Department of Environmental Biology at the Sapienza University of Rome, where she worked on the Palo Laziale soil survey at the Laboratory of Soil Analysis.*

**FABIO FRANCESCONI***fabio.francesconi@uniroma1.it*

Naturalista, laureato presso l'Università Sapienza di Roma, dove ha conseguito il Dottorato di Ricerca in Scienze Botaniche studiando gli effetti dei cambiamenti climatici sulle foreste italiane. Esperto GIS e di modellistica ambientale, è consulente in progetti finanziati dall'Unione Europea e altri enti di ricerca. Funzionario Ambientale del Dipartimento Ambiente di Roma Capitale.

*Fabio Francesconi, naturalist, graduated from Sapienza University of Rome, where he also received his PhD in Botany studying the effects of climate change on Italian forests. GIS and environmental modelling expert, he is also a consultant in projects funded by the European Community and other research institutes. He is Environmental Officer with the Environment Department of Rome Capital.*

**ANGELICA GARONE***angelica.garone@uniroma1.it*

Laureata in Monitoraggio e riqualificazione ambientale presso l'Università Sapienza di Roma, dove è attualmente dottoranda in Scienze della Terra, settore GEO/08 - Geochimica e Vulcanologia, in collaborazione con l'unità funzionale di Geochimica dei fluidi, stoccaggio geologico e geotermia dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV).

*Angelica Garone graduated in Environmental Monitoring and Requalification at the Sapienza University of Rome, and is currently a Ph.D Candidate in Earth Science, sector GEO/08 - Geochemistry and Volcanology at the Sapienza University of Rome, in collaboration with INGV (National Institute of Geophysics and Volcanology).*

**GIUSEPPINA NATALI***g.natili@libero.it*

Laureata in Scienze Forestali presso l'Università degli Studi della Tuscia di Viterbo, dove ha conseguito il Dottorato di ricerca in Protezione delle Piante con argomento inerente tecniche di remote sensing, GIS e geostatistica applicate alla mappatura ed alla epidemiologia del mal dell'inchiostro del castagno. Attualmente si occupa di applicazioni gis in pianificazione forestale presso la Società Cooperativa Trifolium.

*Giuseppina Natili graduated in Forestry at the University of Tuscia (Viterbo - Italy) where she also she received her PhD in Plant Protection, on techniques of remote sensing, GIS and geostatistics applied to mapping and epidemiology of ink disease of chestnuts. She is currently working with GIS applications in forest planning for the Trifolium Cooperative.*

**BARBARA PARISSÉ***parissebarbara@gmail.com*

Laureata in Scienze Ambientali e Dottore di Ricerca in Scienze Ambientali presso l'Università de L'Aquila. Ha svolto attività di ricerca in geochimica ambientale presso l'Università Sapienza di Roma. Attualmente è assegnista di ricerca presso il Consiglio per la Ricerca e la Sperimentazione in Agricoltura e collaboratrice presso l'Istituto Nazionale di Statistica, Servizio delle Statistiche Ambientali. Svolge attività di ricerca in campo ambientale, sui cambiamenti climatici, agroecosistemi e risorse idriche.

*Barbara Parisse graduated and received her PhD in Environmental Sciences at the University of L'Aquila. She has worked as research assistant in environmental geochemistry at the Sapienza University of Rome. She is currently research assistant at the Italian Research Council for Agriculture, research unit CRA-CMA, and research collaborator at the National Institute of Statistics (ISTAT). Her research activities mainly focus on the relationships between climate change and agro-ecosystems, water resources - both surface water and groundwater - through agro-meteorological and hydrological modeling.*

**LUCA SCARNATI***luca.scarnati@uniroma1.it*

Forestale, laureato presso l'Università degli Studi della Tuscia, e Funzionario tecnico cartografico dell'Istituto Geografico Militare. Ha conseguito il Dottorato di Ricerca in Scienze Ecologiche presso l'Università Sapienza di Roma, occupandosi di monitoraggio di habitat forestali. Attualmente impegnato in attività di ricerca e divulgazione ambientale.

*Luca Scarnati graduated in Forestry at the University of Tuscia and is technical cartographic officer at the Military Geographical Institute. He received his PhD in Ecological Sciences at the Sapienza University of Rome, dealing with monitoring of forest habitats. He is currently engaged in environmental research and popularization.*

**ROBERTO VALENTI***roberto.valenti@uniroma1.it*

Geografo, laureato presso L'Università Sapienza di Roma, dove è assegnista di ricerca presso il Dipartimento di Biologia Ambientale. Attualmente impegnato in varie attività di ricerca tra le quali lo sviluppo di applicazioni per smart-phone e di web Gis per il monitoraggio della rete Natura 2000.

*Roberto Valenti, geographer, graduated from the Sapienza University of Rome and is a research assistant at the Environmental Biology Department of the Sapienza University of Rome. In the past few years his research has focused on the development of environmental software applications for smart phones and on the development of web Gis for the monitoring of the Natura 2000 network. He is a consultant for several EU and development projects.*

**ANDREA VANNINI***vannini@unitus.it*

Laureato in Scienze Forestali presso l'Università degli Studi della Tuscia di Viterbo. E' docente di Patologia Forestale, Deperimenti Forestali, Patologia degli Alberi e Arbusti Ornamentali e Patologia Vegetale e principi di Biotecnologie fitopatologiche presso l'Università degli Studi della Tuscia e l'Università di Ancona. Si occupa di modelli epidemiologici, dinamica delle popolazioni e metodiche di diagnosi precoce di organismi patogeni con combinazioni di tecniche biologiche e molecolari.

*Graduated in Forestry at the University of Tuscia (Viterbo - Italy), Andrea Vannini is Associate Professor of Forest Pathology, Forest decline, Urban Forest Pathology, Biotechnology applied to Phytopathology at the University of Tuscia (Viterbo - Italy) and the University of Ancona (Italy). He focuses on epidemiological models, population dynamics and methods of early detection of pathogenic organisms with a combination of biological and molecular techniques.*

**ANNA MARIA VETTRAINO***vettrain@unitus.it*

Laureata in Scienze Agrarie presso l'Università degli Studi della Tuscia di Viterbo, dove è ricercatrice in Patologia Forestale. Insegna Monitoraggio fitopatologico forestale, Biotecnologie fitopatologiche e Patologia. Si occupa di monitoraggio e messa appunto di sistemi di controllo di malattie fungine sia in ambienti naturale che in vivai.

*Graduated in Agrarian Studies at the University of Tuscia (Viterbo - Italy), Anna Maria Vettraino is a researcher in Forest Pathology at the University of Tuscia (Viterbo - Italy). She teaches Forest Phytopathology Monitoring, Biotechnology applied to Phytopathology and Pathology. She focuses on monitoring and control systems of fungal diseases in both natural environments and nurseries.*



Praterie fiorite tra il bosco e la spiaggia; Meadows between Palo's wood and beach.



La prateria e il bosco deperiente; The grassland and the declining wood. Foto by Luca Catalano Gonzaga.

Finito di stampare nel mese di giugno 2014

Stampato su carta Revive certificata FSC;  
Printed on FSC certified paper Revive

CENTRO STAMPA UNIVERSITÀ  
Università degli Studi di Roma *La Sapienza*  
Piazzale Aldo Moro 5 – 00185 Roma

[www.editricesapienza.it](http://www.editricesapienza.it)



Questa pubblicazione raccoglie i risultati dell'indagine conoscitiva sullo stato del bosco di Palo Laziale (RM) svolta tra il 2010 e il 2012. Il lavoro ha visto la collaborazione tra l'Università Sapienza di Roma e quella della Tuscia di Viterbo, allo scopo di determinare, attraverso un approccio multidisciplinare, le cause del visibile degrado del bosco. Lo studio così svolto ha permesso di approfondire la conoscenza degli habitat in esso compresi e delle loro dinamiche, gli stagni temporanei e il querceto planiziale, e di fare ipotesi utili per futuri interventi di ripristino ambientale.

*This publication presents the results of the survey on the status of the Palo Laziale wood (RM) which took place between 2010 and 2012. The project was a collaboration between the Sapienza University of Rome and that of the Tuscia University of Viterbo, and aimed at determining, through a multidisciplinary approach, the causes of the wood's visible decline. The study has enabled a deeper knowledge of the area's habitats – temporary ponds and planitial oak woods – and their dynamics, and to make useful hypotheses for future interventions of restoration ecology.*