

ANALISI STRUTTURALI E DENDROECOLOGICHE SU POPOLAMENTI DI *QUERCUS PETRAEA* SUBSP. *AUSTROTHYRRENICA* BRULLO, GUARINO E SIRACUSA NEL PARCO REGIONALE DELLE MADONIE (SICILIA)

Angelo Merlino¹, Michele Baliva¹, Alfredo Di Filippo¹, Gianluca Piovesan¹, Francesco Solano¹

¹Dipartimento DAFNE, Università della Tuscia, Viterbo (Italy); f.solano@unitus.it

Il bosco di rovere (*Quercus petraea* subsp. *austrothyrrhenica* Brullo, Guarino & Siracusa) di Pomieri (PA), rappresenta per la Sicilia un popolamento di rilevante interesse scientifico, naturalistico e paesaggistico, in quanto unico per estensione nel sud del continente europeo al limite meridionale del suo areale. Scopo di questo studio è stata la valutazione dello stato di conservazione della rovere e la sua risposta alla variabilità climatica attraverso lo studio della crescita radiale. Sono state dunque eseguite analisi dendroecologiche e strutturali attraverso rilievi in sei aree di saggio in alcune zone rappresentative e omogenee dal punto di vista stazionario. Le analisi mostrano una struttura verticale complessa, descrivibile come un mosaico strutturale legato a differenti fasi dello sviluppo. Ne sono indice un aumento di necromassa ed il ripristino delle dinamiche di rinnovazione naturale che nel tempo porteranno il bosco ad assumere caratteri di vetustà. Le analisi dendroecologiche mostrano che la rovere meridionale può essere considerata una specie sensitiva alle variazioni climatiche. In particolare mostra che gli accrescimenti sono altamente influenzati dalle piogge, specialmente dagli apporti di acqua nel periodo tardo primaverile.

Parole chiave: anelli di accrescimento, diversità strutturale, *Quercus petraea*, Sicilia, dendroecologia.

Keywords: tree-ring, structural diversity, *Quercus petraea*, Sicily, dendroecology.

<http://dx.doi.org/10.4129/2cis-am-ana>

1. Introduzione

Gli studi delle relazioni tra pianta e clima hanno rappresentato un importante settore della ricerca fin dal secolo scorso. Questi mirano a spiegare la distribuzione della vegetazione sulla base di variazioni climatiche (Woodward, 1987). In particolare, l'effetto del clima è il principale meccanismo che influenza la fisiologia e la distribuzione geografica delle specie o di interi biomi (Walter, 1985). Le indagini climatiche a fini forestali hanno spesso come scopo quello di valutare la vocazione alle diverse specie definendo in termini quantitativi sia le risorse climatiche sia le limitazioni imposte dal clima (Mariani *et al.*, 2007; Mariani, 2008). La dendroecologia può contribuire all'analisi degli studi bioclimatici sulla risposta di crescita dell'albero a differenti ambienti. L'approccio dendroecologico si propone di isolare in una serie dendrocronologica l'informazione desiderata per studiare l'effetto dei fattori ambientali sulle dimensioni degli anelli legnosi. I lembi di foreste vetuste, con minimo impatto antropico ed individui di diversi secoli d'età, offrono l'opportunità di affrontare uno studio di lungo termine sulla storia di ecosistemi forestali in contesti ad elevata naturalità, specialmente nella penisola italiana dove la presenza dell'uomo è forte e diffusa da millenni (Mercurio, 2010). In questo contributo si è preso in esame il Bosco Pomieri, localizzato nel Parco Regionale delle Madonie (Sicilia settentrionale), dominato dalla rovere meridionale (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.

subsp. *austrothyrrhenica* Brullo, Guarino & Siracusa) che occupa le stazioni più meridionali dell'areale della specie in Italia e in Sicilia. Il bosco, pertanto riveste un particolare interesse geobotanico e naturalistico (Brullo 1984; Raimondo *et al.*, 1992, 2004; Brullo *et al.*, 1999; Schicchi *et al.*, 2007) e rappresenta presumibilmente una delle aree rifugio e di origine della diversità genetica prima della migrazione post-glaciale (Dumolin-Lapegue *et al.*, 1997), ma ad alto rischio di estinzione per la bassa differenziazione genetica della popolazione (Bruschi *et al.*, 2003; Vettori *et al.*, 2007).

Nonostante la presenza dell'uomo all'interno dell'area oggetto di studio, nel bosco Pomieri sulle Madonie, si possono ancora riscontrare alcuni tratti di naturalità dovuti alle caratteristiche stazionali che ne rendono difficile la fruizione, in più la presenza di numerose piante di aspetto monumentale con età ultracentenarie rende questo popolamento interessante per il notevole valore scientifico, naturalistico e paesaggistico e in quanto rappresenta una delle peculiarità del patrimonio forestale del comprensorio madonita.

2. Materiali e metodi

2.1 Area di studio

L'area oggetto di indagine è il bosco Pomieri (Fig. 1), localizzato nel bacino del torrente Vicaretto, inserito in zona A del Parco Regionale delle Madonie, località Contrada Pomieri (Piano Sempria – Piano Costantino) ricadente nel territorio del Comune di Petralia Sottana,

in Provincia di Palermo. Il Bosco, si insedia in una fascia altitudinale compresa tra 1200-1300 e 1500 metri adiacente Passo Canale, Piano Farina e Stretto Cana. Il substrato pedogenetico è costituito prevalentemente da quarzareniti del Flysch numidico (Lentini *et al.*, 1974). I suoli profondi sono riferibili agli Inceptisuoli (Suoli Bruni) e agli Alfisuoli (Fierotti, 1988; Fierotti, 1997). Sotto l'aspetto fitosociologico rientra nell'associazione *Ilici-Quercetum austrotyrrhenicae* (*Ilici-Quercetum petraeae* Brullo & Marcenò in Brullo 1984), descritto da Brullo (1984) proprio per questo territorio.

L'associazione rientra nel *Doronico-Fagion* (Gentile, 1969) Ubaldi *et al.* 1990, alleanza dell'ordine *Fagetalia sylvaticae* Pawlowski in Pawlowski *et al.* (1928) e della classe *Querc-Fagetea* Br.-Bl. Vlieger (Brullo *et al.*, 1999).

Per la caratterizzazione climatica mancano stazioni di riferimento collocate alla stessa quota. L'unica stazione vicina e quella di Petralia Sottana (Fig. 1) localizzata a 930 m s.l.m. su un diverso versante del sistema montuoso delle Madonie. Le precipitazioni nevose interessano il periodo dicembre-febbraio. In accordo con Rivas-Martinez (2008) e Brullo *et al.* (1996) l'area oggetto di studio è caratterizzata da un bioclimate mediterraneo pluvio-stagionale oceanico con termotipo supramediterraneo e ombrotipo umido inferiore.

2.2 Rilievi dendrometrici e strutturali

I rilievi sono stati eseguiti in aree di saggio di 50 x 50 m (2500 m²) attraverso il cavallettamento totale delle piante vive con diametro a 1.30 m \geq 2.5 cm, il rilievo delle altezze di tutte le piante, la descrizione della struttura, grado di copertura in %, stato vegetativo (senescenza, stress ambientali, patologie, attacchi di insetti) ed azioni di disturbo. In ogni area di saggio si è proceduto alla realizzazione di un transetto di struttura, diagonale all'area di saggio stessa, largo 6 m. Procedendo alla restituzione grafica con l'utilizzo del software SVS 3.31 (*Pacific Northwest Research Station, Usda Forest Service*) è stato possibile evidenziare sia la distribuzione nello spazio orizzontale e verticale che valutare il grado di copertura (Fig. 2).

2.3 Rilievi della necromassa

La necromassa è stata distinta in necromassa in piedi (SDT, *Standing Dead Trees*), che comprende le piante morte in piedi, intere o troncate e necromassa a terra, (CWD, *Coarse Woody Debris*) costituita da rami, ceppaie, fusti di alberi e arbusti morti che sono caduti e che si trovano sul terreno (FAO, 2004; Li Zhou *et al.*, 2007). La SDT è stata stimata misurando in tutti i soggetti presenti nell'area con diametro \geq 2.5 cm a 1.30 m, il diametro a metà lunghezza e la lunghezza totale. Inoltre, ogni campione di SDT è stato riferito ad una delle classi di decomposizione di Hunter (1990). Le elaborazioni per la stima della SDT hanno riguardato il numero di fusti morti in piedi, la percentuale di piante morte in piedi sul totale, la ripartizione in classi di diametro, la ripartizione percentuale della SDT nelle classi di decomposizione di Hunter. Il volume è stato calcolato con la formula di Huber. La CWD è stata stimata con un campionamento per intersezione lineare

(Wagner, 1968). Il rilevamento è stato condotto lungo 9 segmenti lineari di campionamento di lunghezza di 30 m per ogni area di saggio. Il volume della CWD è stato calcolato con la seguente formula

$$V = \frac{\pi^2}{8L} \sum_{i=1}^n d_i^2 \cdot 10000$$

dove:

V è il volume di necromassa ad ettaro [m³ ha⁻¹];

n è il numero dei pezzi intercettati;

L è la lunghezza del j -esimo segmento campione [m];

d è il diametro dei pezzi nel punto di intersezione con il segmento [m];

10000 è un fattore di correzione [m² ha⁻¹].

2.4 Rilievo dendroecologico

Per i rilievi dendroecologici la scelta dei campioni è ricaduta su individui dominanti di maggiori dimensioni e che non presentano patologie evidenti. I campioni utilizzati per le analisi dendrocronologiche sono rappresentati da carote estratte trasversalmente alla linea di massima pendenza con la trivella di Pressler ad un'altezza del fusto di 1.30 m (nella parte centrale del fusto, evitando le parti difettose) fino ad arrivare al centro della pianta. Ogni carota è stata alloggiata in un supporto di legno in modo tale che le fibre fossero perpendicolari al piano di lettura. I campioni prelevati sono stati conservati in ambiente fresco. Le carote sono state scarificate in senso trasversale utilizzando un bisturi e gli anelli evidenziati utilizzando acqua e gesso. Le cronologie sono state sviluppate utilizzando le procedure dendrocronologiche standard (Stokes *et al.*, 1996). Dopo una preliminare cross-datazione visiva, gli accrescimenti anulari sono stati misurati con l'approssimazione di 0,01 millimetri mediante uno stereo microscopio con il sistema CCTRMD (*Computer Controlled Tree-ring Measurement Device*) di Aniol 1987 interfacciato ad un computer, attraverso il software CATRAS (Aniol, 1983).

Le cronologie sono state così visivamente e statisticamente confrontate fra di loro al fine di garantire la precisione di cross-datazione e misurazione (Holmes, 1983; Grissino-Mayer, 2001). Le relazioni clima-crescita sono state esaminate attraverso il calcolo di funzioni di correlazione con il metodo bootstrap utilizzando il pacchetto "bootRes" (Zang, 2009) in ambiente R (R Development Core Team, 2012).

3. Risultati e discussioni

Il Bosco Pomieri è risultato disomogeneo dal punto di vista strutturale e floristico, descrivibile come un mosaico strutturale legato sia alle dinamiche evolutive in atto sia ai passati disturbi. Sono state riscontrate strutture bi-stratificate e pluri-stratificate (Fig. 2). Lo strato dominante, formato dalle piante più vecchie, si distingue nettamente da uno o più strati dominati a seconda delle situazioni; lo strato dominato, quando presente, comprende piante di rovere di origine gamica ed agamica e sporadici soggetti di agrifoglio (*Ilex*

aquifolium L.); lo strato dominato maggiormente diffuso nell'area studio, comprende i soggetti di agrifoglio misto a giovani sporadici soggetti di rovere aduggiati dall'eccessiva copertura. Condizione confermata anche dai valori dei parametri dendrometrici (area basimetrica, volume, ecc.) (Bagnato *et al.*, 2012).

Dall'analisi dei principali parametri dendrometrici del popolamento analizzato (Tab. 1), risultano valori di area basimetrica, a parità di superficie, che oscillano tra i 13 ed i 33 m² ha⁻¹. I valori più bassi si riscontrano nelle aree di saggio 1, 2 e 3. Procedendo dall'area 1 all'area 2 (localizzate sullo stesso versante a poca distanza tra loro) si osserva sia una progressiva diminuzione della densità del soprassuolo in numero di piante ad ettaro (da 1484 a 727) con la conseguenza di una copertura da parte delle chiome non più continua, sia una diminuzione in grandezza delle piante con la maggior parte degli individui appartenenti a classi di diametro più piccole come rilevato dai valori di volume che passano da 197 m³ ha⁻¹ a 83 m³ ha⁻¹. Nelle aree 4 e 6, dove la fustaia di rovere prevale sul ceduo e nell'area 5 dove la specie più rappresentata è il faggio (*Fagus sylvatica* L.), gli individui raggiungono le dimensioni più grandi sia in altezza, dai 24 ai 29 m, che in diametro con valori che oscillano da una media di 25 ad un massimo di 105 cm.

Nel popolamento esaminato la necromassa in piedi (in numero di individui) è in media dell'8,13% ed oscilla dal 2,6 al 15% (Fig. 3). La mortalità è dovuta essenzialmente a fattori di competizione tra i soggetti, a danni meteorici (vento e neve) e probabilmente in parte è da imputare alla scarsa illuminazione che si rileva in alcune aree che ha come conseguenza dei rapporti ipso-diametrici molto alti con individui con fusto filato, che li rende molto instabili meccanicamente. Infine si segnala la presenza del fungo patogeno *Fomes fomentarius* (L.) che, anche se in tempi molto lunghi, è il responsabile della morte di molte piante soprattutto nell'area 4. Il volume della necromassa in piedi è in media di 7,21 m³ ha⁻¹. I valori oscillano da 0,6 a 20 m³ ha⁻¹ (Fig. 3).

La maggior parte delle piante morte in piedi appartengono alle classi più piccole comprendendo principalmente le classi da 3 a 13 cm. Vi sono soggetti con diametro > di 24 cm fino ad un massimo di 63 cm che presentano cavità alla base e lungo il fusto. Questi ultimi possono essere considerati degli "alberi habitat" che possono essere utilizzati da piccoli mammiferi, dai piccoli roditori, dagli uccelli e dagli insetti come rifugio o alimento. Il volume di necromassa a terra è in media di 1,7 m³ ha⁻¹. I valori oscillano da 0,2 a 8,3 m³ ha⁻¹. All'interno delle aree di studio non sono state riscontrate piante cadute a terra (*log*) di notevoli dimensioni ma solo piante di piccole dimensioni. Il volume della necromassa totale (CWD e SDT) è in media di 9 m³ ha⁻¹. I valori oscillano da 0,9 a 20,2 m³ ha⁻¹ (Fig. 3). Nel complesso, la necromassa in piedi è maggiore di quella a terra. Il valore della necromassa totale è inferiore rispetto a quello rilevato nei popolamenti di querce (*Quercus robur* e *Q. petraea*) nel sud della

Svezia (15.7 m³ ha⁻¹ - Nordén *et al.*, 2004), nelle fustaie pluristratificate di cerro del Molise (12.8 m³ ha⁻¹ Marchetti *et al.*, 2006), nei boschi di farnetto della Calabria (5.3 m³ ha⁻¹ Barreca *et al.*, 2008), nei boschi di cerro sia gestiti (4.5 m³ ha⁻¹) che non gestiti (31.6 m³ ha⁻¹) del Molise (Lombardi *et al.*, 2008), nei cedui di cerro invecchiati dell'Italia centrale (21.8-40.3 m³ ha⁻¹ Bertini *et al.*, 2010). Per quanto riguarda le classi di decomposizione del legno morto prevalgono quelle delle fasi iniziali (2-4) ad eccezione delle aree 1 e 2 dove si hanno quelle tipiche delle fasi più avanzate della decomposizione (Fig. 3).

Dall'analisi delle funzioni di correlazione con metodo *bootstrap* (Fig. 4) emerge un forte legame diretto con le precipitazioni del mese di maggio nell'anno di formazione dell'anello, mese in cui probabilmente l'anello poroso, già ben sviluppato, comincia a condurre notevoli quantità di linfa. La crescita sembrerebbe perciò favorita dalle piogge tardo-primaverili (periodo di formazione dell'anello poroso). I segnali di giugno (precipitazioni e temperature) e di agosto (temperature), indicano per la zona oggetto di studio fenomeni importanti di stress idrico. Il segnale climatico risulta più forte nel mese di giugno. Infine l'effetto negativo delle temperature invernali evidenzia come in tali aree l'accrescimento sia favorito da temperature fredde. La significatività con gennaio e febbraio indica una probabile esposizione a gelate tardive da parte di tali piante il che potrebbe rappresentare una strategia della specie per posticipare l'ingresso in vegetazione e rifuggire quindi eventuali pericoli provocati da questi fenomeni.

4. Conclusioni

I nostri risultati mostrano che *Quercus petraea* subsp. *astrothyrrhenica* Brullo, Guarino e Siracusa sita in Bosco Pomieri possa essere considerata specie sensitiva alle variazioni climatiche. In particolare, essa mostra una variazione negli accrescimenti radiali altamente dipendenti dalle precipitazioni, specialmente dalla quantità di acqua disponibile nel periodo tardo primaverile.

Questo comportamento potrebbe sottolineare che, questo tipo di adattamento, è stato sviluppato in risposta alle condizioni climatiche. Le analisi strutturali hanno mostrato una situazione molto complessa, descrivibile come un mosaico strutturale legato sia a differenti fasi dello sviluppo della foresta, sia alla passata azione da parte dell'uomo.

La dinamica naturale in corso sta portando ad un aumento di necromassa ed al riavvio delle dinamiche di rigenerazione naturale che condurranno il bosco ad assumere i caratteri della foresta vetusta. La velocità delle variazioni climatiche, inoltre, diventa un aspetto fondamentale che deve essere preso in considerazione nelle strategie di conservazione della biodiversità in quanto il bosco Pomieri gioca un ruolo importante nell'ambito di un'area naturale protetta.

Tabella 1. Elementi dendrometrici rilevati nelle sei aree di saggio.
 Table 1. Dendrometric features of the six plots surveyed.

AdS	Numero piante (ha^{-1})				Tot	Area basimetrica ($m^2 ha^{-1}$)	Volume ($m^3 ha^{-1}$)	Grado di copertura (%)
	Ceduo		Fustaia					
	Faggio	Rovere	Faggio	Rovere				
1	-	488	-	996	1484	25.7	197	100
2	-	267	-	460	727	13.3	83	85
3	-	228	-	144	372	10.5	104	96
4	-	148	-	764	912	30.4	272.2	81
5	336	-	240	40	616	33.4	827.3	93
6	-	-	-	428	428	21.6	278.6	94

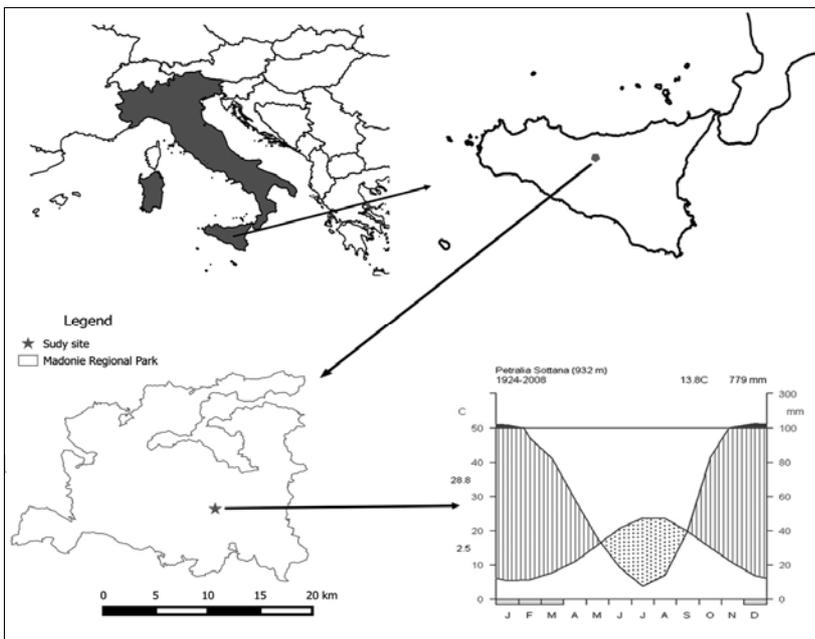


Figura 1. Localizzazione dell'area di studio e climogramma di Walter e Lieth (1960) ottenuto con il package *climatol* (ambiente R).
 Figure 1. Location of the study area and climate diagrams according to Walter and Lieth (1960) obtained with *climatol* package (R environment).

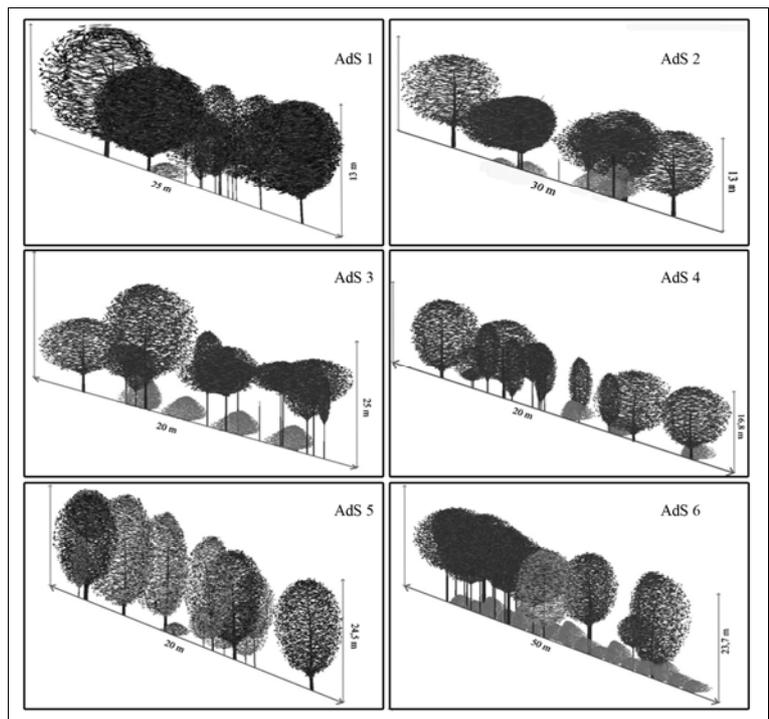


Figura 2. Transetti che mostrano la struttura verticale di ogni area di saggio. Dall'alto al basso: Area di saggio 1, 2, 3, 4, 5, 6.
 Figure 2. Transects showing the vertical structure of each study plots. From top to down: Plot 1, 2, 3, 4, 5, 6.

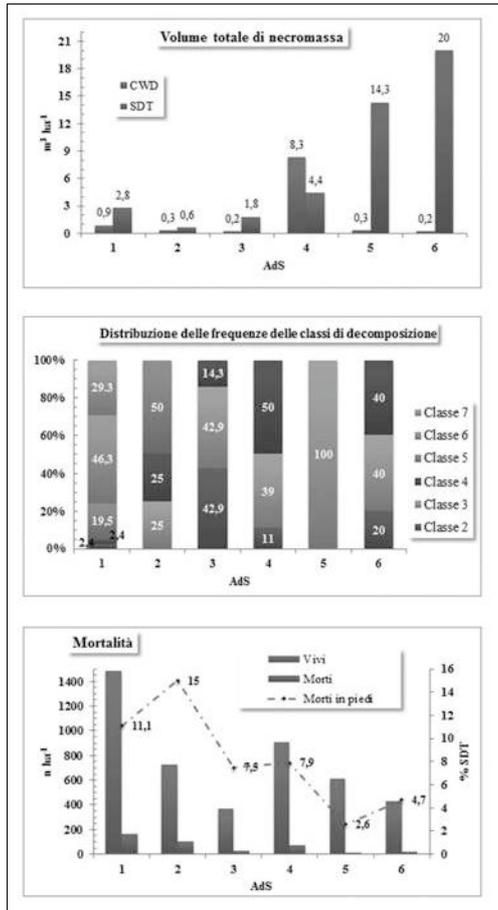
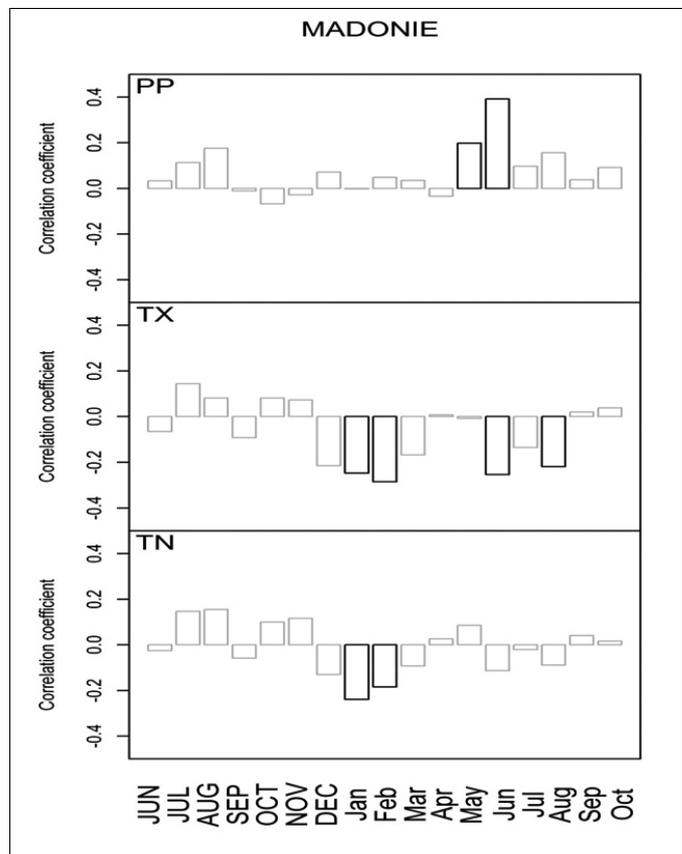


Figura 3. Caratteristiche della necromassa rilevate nelle sei aree di saggio.
 Figure 3. Deadwood features of the six plots surveyed.

Figura 4. Funzioni di correlazione bootstrap tra cronologia standardizzata e precipitazioni (PP), temperature massime (TX) e temperature minime (TN) per il periodo 1903-2003. Le barre con margine spesso evidenziano i mesi con coefficienti significativi ($p < 0.05$). Asse x: in maiuscolo sono riportati i mesi precedenti l'anno di formazione dell'anello.
 Figure 4. Bootstrap correlation functions between the standardized tree-ring chronology and precipitation (PP), maximum temperatures (TX) and temperatures (TN) for the period 1903-2003. The bars with margin highlight the months with significant coefficients ($p < 0.05$). X-axis: capital letter are the months preceding the year of ring formation.



SUMMARY

Structural and dendroecological analysis of *Quercus petraea* subsp. *austrothyrronica* Brullo, Guarino & Siracusa in the Madonie Natural Park (Sicily)

The sessile oak forest (*Quercus petraea* subsp. *austrothyrronica* Brullo, Guarino & Siracusa) of Pomieri (PA), represents for Sicily a great scientific, naturalistic and landscape-based interest woodland, because it is the only woodland of significant extension located in the southern Europe at the southern limit of its distributional area. Main purpose of this study was the evaluation of the conservation status of sessile oak and of its response to climate variability through an analysis of radial growth. Therefore, dendroecological and structural analysis were done in 6 plots in a few representative and homogeneous areas. Transect analysis showed that stand vertical structure is complex, being generated by a mosaic of patches belonging to different phases of stand structural development, resulting in an increase of deadwood, the restart of the natural regeneration dynamics that will lead to old-growth status. Dendroecological analysis show that southern Italian sessile oak can be considered sensitive to climatic variations. In particular, it shows a variation in radial growths that is highly dependent on rainfall, especially on the amount of water available in late spring period.

BIBLIOGRAFIA

- Aniol R.W., 1983 – *Tree-ring analysis using CATRAS*. Dendrochronologia, 1: 45-53.
- Aniol R.W., 1987 – *A new device for Computer Assisted Measurement of Tree-Ring Widths*. Dendrochronologia, 5: 135-141.
- Bagnato S., Merlino A., Mercurio R., Solano F., Scarfò F., Spampinato G., 2012 – *Le basi conoscitive per il restauro forestale: il caso di Bosco Pomieri (Parco Regionale delle Madonie, Sicilia)*. Forest@, 9: 8-19. <http://dx.doi.org/10.3832/efor0679-008>
- Barreca L., Cutini A., Mercurio R., 2008 – *Caratterizzazione della necromassa in boschi di farnetto (Quercus frainetto Ten.) della Calabria*. Forest@, 5: 187-194. <http://dx.doi.org/10.3832/efor0527-0050187>
- Bertini G., Fabbio G., Piovosi M., Calderisi M., 2010 – *Densità di biomassa e necromassa legnosa in cedui di cerro in evoluzione naturale in Toscana*. Forest@, 7: 88-103. <http://dx.doi.org/10.3832/efor0620-007>
- Brullo S., 1984 – *Contributo alla conoscenza della vegetazione delle Madonie (Sicilia Settentrionale)*. Boll. Acc. Gioenia Sci. Nat., Catania, 16 (232): 351-420.
- Brullo S., Scelsi F., Siracusa G., Spampinato G., 1996 – *Caratteristiche bioclimatiche della Sicilia*. Giornale Botanico Italiano, 130 (1): 177-185. <http://dx.doi.org/10.1080/11263509609439524>
- Brullo S., Scelsi F., Siracusa G., Spampinato G., 1999 – *Considerazioni sintassonomiche e corologiche sui querceti caducifogli della Sicilia e della Calabria*. Monti e Boschi, 50 (1): 16-29.
- Bruschi P., Vendramin G.G., Bussotti F., Grossoni P., 2003 – *Morphological and molecular diversity among Italian population of Quercus petraea (Fagaceae)*. Annals of Botany, 91: 707-716. <http://dx.doi.org/10.1093/aob/mcg075>
- Dumolin-Lapegue S., Demesure B., Fineschi S., Le Corre V., Petit R.J., 1997 – *Phylogeographic structure of white oaks throughout the European continent*. Genetics, 146: 1475-1487.
- FAO, 2004 – *Global forest resources assessment. Update 2005 terms and definitions*. Working paper 83/E, FAO, Rome, p. 33.
- Fierotti G., 1988 – *Carta dei suoli della Sicilia (1:250.000)*. Istituto Agronomia Generale, Università di Palermo, Cattedra di pedologia - Ass. TT.AA., Reg. Siciliana, Palermo.
- Fierotti G., 1997 – *I suoli della Sicilia: con elementi di genesi, classificazione, cartografia e valutazione dei suoli*. Dario Flaccovio Editore, Palermo, p. 359.
- Gentile S., 1969 – *Memoria illustrativa della Carta della vegetazione naturale potenziale della Sicilia (prima approssimazione)*. Quaderno 40, pp. 114.
- Holmes R.L., 1983 – *Computer-assisted quality control in tree-ring dating and measurement*. Tree-Ring Bulletin, 43: 69-78.
- Hunter M.L., 1990 – *Wildlife, forests, and forestry: principles of managing forests for biological diversity*. Englewood Cliffs, N.J., Prentice Hall. pp. 370.
- Lentini F., Vezzani L., 1974 – *Carta geologica delle Madonie (Sicilia centro-settentrionale) alla scala 1:50.000*. L.A.C. Edizioni, Firenze.
- Li Zhou, Li-min Dai, Hui-yan Gu, Lei Zhong, 2007 – *Review on the decomposition and influence factors of coarse woody debris in forest ecosystem*. Journal of Forestry Research, 18 (1): 48-54. <http://dx.doi.org/10.1007/s11676-007-0009-9>
- Lombardi F., Lasserre B., Tognetti R., Marchetti M., 2008 – *Deadwood in relation to stand management and forest type in Central Apennines (Molise, Italy)*. Ecosystems, 11 (6): 882-894. <http://dx.doi.org/10.1007/s10021-008-9167-7>
- Marchetti M., Lombardi F., 2006 – *Analisi qualitativa del legno morto in soprassuoli non gestiti: il caso di "Bosco Pennataro", Alto Molise*. L'Italia Forestale e Montana, 61 (4): 275-301. <http://dx.doi.org/10.4129/IFM.2006.4.03>
- Mariani L., Failla O., 2007 – *Le grandezze meteorologiche come variabili guida per gli ecosistemi agricoli e forestali*. Italian Journal of Agronomy, n. 2.
- Mariani L., 2008 – *Note scientifiche per un discorso sul clima*, IF, Roma, p. 105.
- Mercurio R., 2010 – *Restauro della foresta mediterranea*. Clueb, Bologna, pp. 368.
- Nordén B., Götmark F., Tönnerberg M., Ryberg M., 2004 – *Dead wood in semi-natural temperate broad-leaved woodland: contribution of coarse and fine dead wood, attached dead wood and stumps*. Forest Ecology and Management, 194: 235-248. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2004.02.043>

- Pawłowski B., Sokołowski M., Wallisch K., 1928 – *Zespoły roślin w Tatrach. VII. Zespoły roślinne i flora doliny Morskiego Oka*. Biull. Acad. Polonaise Sci. Ser. B., II: 205-272.
- R Development Core Team, 2012 – *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- Raimondo F.M., Gianguzzi L., Schicchi R., 1992 – *Carta della vegetazione del massiccio carbonatico delle Madonie (Sicilia centro-settentrionale)*. Quad. Bot. Ambientale Appl. 3: 23-40.
- Raimondo F.M., Schicchi R., Surano N., 2004 – *Carta del paesaggio e della biodiversità vegetale del Parco delle Madonie (Sicilia)*. Naturalista Siciliano, 28 (1): 71-137.
- Rivas-Martinez S., 2008 – *Global bioclimatics (Clasificación Bioclimática de la Tierra)*, version01-12-2008.
http://www.globalbioclimatics.org/book/bioc/global_bioclimatics-2008_00.htm
- Schicchi R., Raimondo F.M., 2007 – *Alberi Monumentali delle Madonie*. Dip. Scienze Botaniche, Università di Palermo, pp. 144.
- Stokes M.A., Smiley T.L., 1996 – *An Introduction to Tree-Ring Dating*. Reprint of 1968, Chicago Press ed. University of Arizona Press, Tucson.
- Ubaldi D., Canotti A.L., Puppi G., Speranza M., Corbetta F., 1990 – *Sintassonomia dei boschi caducifogli mesofili dell'Italia peninsulare*. Not. Fitosoc., 23: 31-62.
- Vettori C., De Carlo A., Proietti A. M., Paffetti D., Emiliani G., Saporito L., Giaini G., Giannini R., 2007 – *Valutazione e conservazione della variabilità del germoplasma forestale in Sicilia*. Collana: Sicilia foreste, Azienda regionale Foreste demaniali n. 35, p. 230. ISSN: 1972-1641.
- Wagner C.V., 1968 – *The line intersect method in forest fuel sampling*. For Sci, 14: 1-4.
- Walter H., 1985 – *Vegetation of the Earth and ecological systems of the geobiosphere*. Springer-Verlag, Berlin. <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-96859-4>
- Walter H., Lieth H., 1960 – *Klimadiagramm Weltatlas I*. Lieferung mit 12 Karten. Fischer Verlag, Jena (Deutschland).
- Woodward F.I., 1987 – *Climate and plant distribution*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Zang C., 2009 – *bootRes: bootstrapped response and correlation functions*. R package version 02.
<http://CRANR-project.org/package=bootRes>