

Technical note

# Analisi esplorativa della disponibilità idrica del suolo in un querceto Mediterraneo

Valerio Moretti<sup>1</sup>, Roberto Moretti<sup>1</sup>, Filippo Ilardi<sup>1</sup>, Luca Salvati<sup>1\*</sup>

Received 18/05/2014 - Accepted 17/06/2014

**Riassunto** - In questa nota si valutano alcune possibili cause della mancata rinnovazione naturale del querceto, analizzando l'ambiente pedo-climatico attraverso il bilancio idrologico in un'area di querceto mediterraneo (Roma, Italia centrale). Il rilievo dei parametri è stato effettuato in continuo per determinare il grado di aridità del suolo in funzione delle condizioni ambientali. Per evitare l'utilizzo di formule climatiche empiriche per la stima dell'evapotraspirazione e quindi della variazione della riserva idrica del suolo, è stato testato il sensore Theta Probe Soil Moisture sensor Delta-T-Devices, mod. ML2x, con strumento di lettura diretta che fornisce il contenuto idrico del suolo come per cento in volume. La correlazione lineare tra valori sperimentali ottenuti con metodo gravimetrico e valori misurati tramite sensore, è risultata significativa. Lo studio dell'umidità alla profondità di 100 cm, ha evidenziato uno stato idrico di acqua utile anche nel periodo estivo e addirittura la presenza di acqua libera nel periodo invernale. Per il querceto adulto non esistono problemi di carenza idrica, al contrario si possono verificare, in anni particolarmente piovosi, problemi di asfissia radicale. Si evidenzia invece, dal bilancio idrologico, che soltanto in annate umide è possibile avere un esito positivo della rinnovazione naturale perché la carenza idrica estiva non consente la sopravvivenza dei semenzali oltre la stagione. Questi risultati sono stati verificati in aree recintate e protette dall'azione della fauna che, attualmente, appare essere il fattore limitante più significativo per la rinnovazione del querceto nel contesto di studio.

**Parole chiave** - rinnovazione naturale, querceto, bilancio idrologico, umidità del terreno, Mediterraneo

**Abstract** - *Exploring soil water budget of a pristine oak wood in peri-urban Rome, central Italy.* The water budget in bounded and fenced areas was assessed by analyzing pedo-climatic conditions and the soil moisture content. Water content in the soil was measured using a Theta Probe Soil Moisture sensor (ML2x by Delta-T-Devices) with a direct read-out device that provides soil moisture estimates as percent volume. The correlation between the experimental values obtained by the gravimetric method and the values directly measured by Theta Probe was found significant. Soil moisture at 100 cm depth indicates soil water as permanently available for plants through the year except during exceptionally dry summer periods. Therefore, oaks experienced no water deficiency with normal rainfall rates, possibly suffering root asphyxia during rainy years. Results are collected in fenced areas, sheltered by the action of the local fauna.

**Keywords** - oak natural regeneration, water budget, soil moisture, Mediterranean

## Introduzione

La foresta mediterranea, ed il querceto in particolare, sono elementi importanti per il mantenimento di condizioni eco-compatibili con la crescente pressione antropica (Campos et al. 2007, Bobiek et al. 2011). Sostenibilità ambientale e funzionalità ecosistemica necessitano tuttavia del monitoraggio permanente delle possibili modifiche delle condizioni edafiche e dello stato di flora e fauna, soprattutto in relazione ai recenti cambiamenti climatici (Drunasky et al. 2005). L'analisi agro-climatica può dare contributi importanti allo studio del funzionamento degli ecosistemi mediterranei influenzati da una progressiva pressione antropica (Hanique 1991), attraverso le numerose grandezze rilevate; tra queste, si segnala l'analisi di aspetti peculiari nel processo di rinnovazione del querceto (Gonzalez Hernandez et al. 1998).

Questo studio considera il progressivo invecchiamento di un querceto mesofilo presso la città di Roma e verifica, attraverso rilevazioni in campo di tipo idrologico e agro-climatico, se la mancata rinnovazione può essere imputata a condizioni climatiche, pedologiche e idrologiche (Tombolini and Salvati 2014), oppure a cause di natura esogena, quali il sovrappascolamento (Montserrat-Martí et al. 2009). A questo scopo, si sono determinate le condizioni climatiche sotto chioma e sopra chioma dal 2005 al 2009 con installazione di una centralina agro-climatica dedicata. Per lo studio della disponibilità idrica sono stati acquisiti, su base temporale oraria e giornaliera, dati di precipitazione, bagnatura fogliare e umidità del suolo a 10, 50 e 100 cm di profondità.

L'approccio metodologico utilizzato è stato di tipo sperimentale. Sono state utilizzate aree protette e non protette (recintate/non recintate) per discri-

<sup>1</sup> Consiglio per la Ricerca e la sperimentazione in Agricoltura, Research Center for the Soil-Plant System (CRA-RPS), Rome, Italy  
\* corresponding author: luca.salvati@entecra.it

minare l'azione esercitata dalla fauna (cinghiali e caprioli soprattutto) che svolge una riconosciuta azione distruttiva delle plantule di quercia. Per evitare la stima indiretta dell'evapotraspirazione, fattore particolarmente importante nel determinare la variazione della riserva idrica del suolo, è stata utilizzata una sensoristica di nuovo tipo in grado di determinare in continuo il grado di umidità del terreno e quindi la quantità di acqua a disposizione delle piante nell'arco dell'anno.

## Materiali e Metodi

Il sensore Theta Probe Soil Moisture sensor prodotto da Delta-T-Devices, modello ML2x, con strumento di lettura diretta capace di fornire il contenuto idrico del terreno come per cento in volume, è stato installato sulla stazione agro-climatica posizionata sotto chioma in località Campo di Rota, a circa 20 km dal centro di Roma, in un querceto misto di *Quercus cerris* e *Q. frainetto* (Moretti et al. 2006). La conoscenza in continuo della situazione idrica consente di determinare eventuali periodi di siccità di durata tale da compromettere l'accrescimento delle giovani piantine da seme (Manes et al. 1997). Per verificare la rispondenza del sensore utilizzato, i dati ottenuti dal posizionamento alla profondità di 50 cm in due punti diversi della stessa area, sono stati confrontati con quelli ottenuti in laboratorio dalla misura dell'umidità di campioni di suolo con metodo gravimetrico. Il controllo è stato condotto per circa 18 mesi (maggio 2003-novembre 2004). I risultati sono evidenziati in Fig. 1. Gli andamenti sono comparabili e il grado di correlazione è risultato elevato e significativo ( $R^2 = 0.95$ ,  $p < 0.001$ ).

Verificata la funzionalità del sensore ed effettuata la calibrazione in loco, è stato effettuato il collegamento alla centralina operante in continuo presso l'area sperimentale recintata. La centralina agro-climatica ha rilevato sotto chioma la temperatura

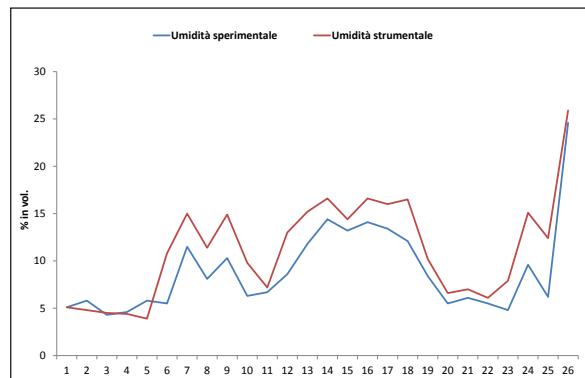


Figura 1 - Andamento dell'umidità del suolo per decadi. Anni 2003-2004.

e l'umidità relativa dell'aria, la radiazione solare, la bagnatura fogliare e l'umidità del terreno a 10, 50 e 100 cm di profondità. Sono state inoltre misurate le precipitazioni sotto chioma e sopra chioma (Brunt 2011, Holton and Hakim 2012). Obiettivo di quest'ultima misura è di verificare l'intercettazione della pioggia da parte della vegetazione e mettere in relazione la stessa con la bagnatura fogliare espressa come valore globale (pioggia+condensazione) e valore netto (solo condensazione).

## Risultati

Dal 1 gennaio 2005 la stazione agro-climatica ha iniziato a fornire dati validi (Tab. 1). Si riportano di seguito gli andamenti rilevati sotto chioma e all'aperto relativi agli anni 2005 e 2006. Il confronto sotto - sopra chioma evidenzia l'azione di intercettazione in funzione dello stato vegetativo del querceto per energia radiativa e precipitazioni, mentre i parametri termici non presentano variazioni elevate per la limitata circolazione di aria sotto la copertura arborea. I dati rilevati nel 2006, confermano quelli del 2005 e in particolare l'abbattimento dell'energia radiativa pari all'80% e l'intercettazione delle precipitazioni per il 64%. Mentre la temperatura dell'aria non mostra differenze significative sopra e sotto chioma, l'umi-

Tabella 1 - Dati climatici sotto chioma (media 2005-2009).

MESI	TEMPERATURA ARIA °C			UMIDITÀ RELATIVA ARIA %			UMIDITÀ TERRENO % in volume				
	Max	Min	Media	Max	Min	Media	RADIAZIONE SOLARE Cal cm⁻² giorno	PRECIPITAZIONI mm	10 cm	50 cm	100 cm
Gennaio	13,3	2,6	7,3	98,9	65,1	89,1	41,8	56,0	16,7	25,4	26,8
Febbraio	14,2	1,7	7,4	99,0	54,1	83,9	65,4	47,2	18,0	24,8	32,5
Marzo	16,8	3,5	9,9	98,8	53,6	83,5	89,8	30,4	17,1	23,7	36,2
Aprile	20,0	6,9	13,3	99,6	50,6	82,5	75,7	31,2	14,0	18,0	31,0
Maggio	23,3	10,6	16,9	99,6	51,0	82,3	48,1	21,8	11,0	13,1	21,9
Giugno	26,3	13,4	20,0	99,2	49,5	80,5	41,4	8,8	8,5	9,7	13,3
Luglio	29,9	16,6	23,5	99,1	46,9	77,8	42,8	3,5	7,5	8,6	10,4
Agosto	29,9	16,2	22,9	98,8	44,7	77,3	37,7	2,6	7,1	8,4	9,8
Settembre	26,8	14,2	20,0	98,1	50,4	80,9	35,7	47,1	7,8	10,6	11,0
Ottobre	22,5	10,8	15,7	99,0	59,3	86,8	31,1	49,9	8,3	11,3	11,5
Novembre	17,7	7,1	11,6	99,5	65,9	91,1	25,0	82,4	9,9	15,4	13,5
Dicembre	13,3	3,2	7,7	99,1	64,0	88,8	27,7	94,7	14,7	22,2	21,7
ANNO	21,2	8,9	14,7	99,1	54,6	83,6	47,0	475,5	11,7	15,9	20,0

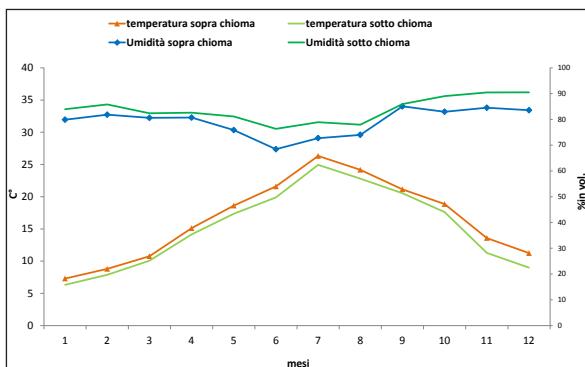


Figura 2 - Un esempio di andamento della temperatura e dell'umidità dell'aria sopra e sotto chioma (2006).

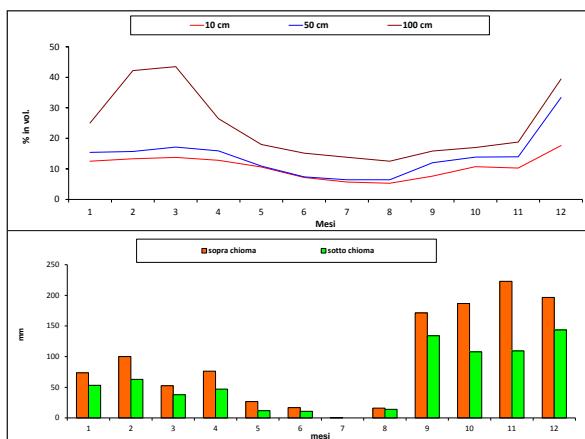


Figura 3 - Andamento dell'umidità del suolo e delle precipitazioni (2005).

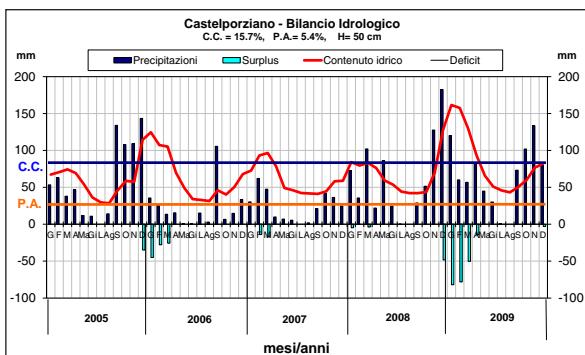


Figura 4 - Andamento della riserva idrica del suolo e rappresentazione delle precipitazioni e del surplus nell'area di studio (2005-2009).

dità relativa dell'aria registra valori sotto chioma mediamente superiori del 10% nei confronti dei valori misurati sopra la vegetazione (Fig. 2).

Per quanto riguarda l'acqua nel suolo, la natura del primo strato (5-10 cm), ricco di sostanza organica con tessitura franco-sabbiosa è in grado di captare una buona quantità di acqua e di opporre una certa resistenza al suo attraversamento. Diverso è il comportamento dello strato successivo fino a 50-60 cm, completamente sabbioso e poco compatato, che non oppone alcuna resistenza al passaggio dell'acqua. Questa rapidamente raggiunge gli strati più profondi dove generalmente crea un deposito a causa della compattazione della sabbia. Si riporta di

seguito l'andamento dei valori giornalieri di umidità del suolo misurata in continuo (Fig. 3). Il bilancio idrologico è stato elaborato a partire dall'umidità relativa allo strato di 50 cm interessato all'assorbimento radicale dei semenzali di quercia germinati a Marzo 2005. La riserva idrica (RI) del terreno è stata determinata con la seguente espressione (Moretti et al. 2006)

$$RI = (Au \cdot h) / 10$$

dove RI = Riserva idrica espressa in mm; Au = Acqua utile in % vol. ottenuta dalla differenza tra l'umidità in % vol. misurata e quella relativa al Punto di appassimento determinata in laboratorio a pF 4,2; h = Altezza dello strato di terreno espressa in cm.

Il 16% delle precipitazioni totali, pari a 2.810 mm in 5 anni, che raggiungono il suolo, supera lo strato di 50 cm e percola negli orizzonti sottostanti come surplus (449 mm), mentre l'84%, pari a 2.361 mm resta nello strato di suolo a disposizione dei semenzali (Fig. 4). Se si calcola che il contenuto idrico ad inizio anno 2005, pari a 65 mm, viene incrementato a fine 2009 di 20 mm, la quantità di acqua utilizzata per l'evapotraspirazione del sottobosco pari a: Pioggia - Variazione contenuto idrico - Surplus è

$$ET = 2810 - 20 - 449 = 1341 / 5 = 268,2 \text{ mm/anno}$$

Dal bilancio idrologico risulta quindi che l'evapotraspirazione è pari in media a circa 270 mm/anno, il 35% di quella ottenuta, ad esempio, con la formula di Thornthwaite pari a 770 mm/anno calcolata con valori medi decennali (Tab. 2). Questo dato appare logico se si tiene conto che: a) la radiazione solare misurata sotto chioma risulta essere pari a circa il 30% di quella rilevata sopra chioma; b) il tasso di umidità relativa dell'aria sotto la vegetazione è più alto; c) l'azione di intercettazione delle precipitazioni da parte dell'apparato fogliare tende a concentrare l'acqua al suolo in punti determinati.

L'analisi del bilancio idrologico, consente di affermare che, dal 2005 al 2009, lo stato idrico del suolo non ha assolutamente limitato lo sviluppo dei semenzali germinati nella primavera del 2005. Le plantule di quercia sono germinate i primi di marzo e, nell'area recintata, hanno avuto uno sviluppo notevole. La sequenza fotografica mostra la germinazione nonché i diversi stadi di sviluppo all'interno dell'area monitorata (Fig. 5). Si notano, anche all'esterno, numerosi semenzali, successivamente morti. Questo evidenzia l'azione distruttiva della fauna per la rinnovazione naturale. Come già sottolineato in precedenza, l'assenza di deficit idrico risultante dal bilancio idrico dello strato 0-10 cm, probabilmente determinato anche dalla pur esigua risalita capillare,

**Tabella 2** - Bilancio idrologico del suolo sotto chioma di querceto per lo strato 0-50 cm, elaborato sulla base dell'umidità del suolo misurata nell'area di studio (2005-2009).

Anno	Mese	Umidità % in vol.	Pioggia terreno mm	Contenuto idrico iniziale mm	Variazione mm	Contenuto idrico finale mm	Surplus mm	Deficit mm
2005	G	13,5	53,4	65,0	2,3	67,3	0,0	0,0
2005	F	14,1	63,0	67,3	3,3	70,6	0,0	0,0
2005	M	14,9	38,0	70,6	3,8	74,4	0,0	0,0
2005	A	13,8	47,0	74,4	-5,2	69,2	0,0	0,0
2005	Ma	10,7	11,8	89,2	-15,5	53,7	0,0	0,0
2005	Gi	7,2	11,0	53,7	-17,4	36,2	0,0	0,0
2005	L	5,9	0,0	36,2	-6,5	29,7	0,0	0,0
2005	Ag	5,7	14,2	29,7	-1,4	28,3	0,0	0,0
2005	S	9,1	134,0	28,3	17,2	45,5	0,0	0,0
2005	O	11,8	107,8	45,5	13,3	58,6	0,0	0,0
2005	N	11,5	109,2	58,8	-1,3	57,5	0,0	0,0
2005	D	22,9	143,4	57,5	57,0	114,4	-34,9	0,0
2006	G	24,9	35,6	114,4	10,2	124,6	-45,1	0,0
2006	F	21,5	26,0	124,6	-17,3	107,3	-27,8	0,0
2006	M	21,0	13,6	107,3	-2,1	105,2	-25,7	0,0
2006	A	14,0	15,5	105,2	-35,3	69,9	0,0	0,0
2006	Ma	9,9	0,8	69,9	-20,6	49,3	0,0	0,0
2006	Gi	6,8	0,8	49,3	-15,2	34,0	0,0	0,0
2006	L	6,6	15,2	34,0	-1,1	32,9	0,0	0,0
2006	Ag	6,3	3,0	32,9	-1,4	31,5	0,0	0,0
2006	S	9,2	105,6	31,5	14,5	46,0	0,0	0,0
2006	O	8,1	6,6	46,0	-5,8	40,3	0,0	0,0
2006	N	10,1	14,8	40,3	10,2	50,5	0,0	0,0
2006	D	13,6	33,6	50,5	17,4	67,9	0,0	0,0
2007	G	14,6	30,3	67,9	4,9	72,8	0,0	0,0
2007	M	18,6	62,0	72,8	20,4	93,2	-13,7	0,0
2007	A	19,3	47,5	93,2	3,4	96,6	-17,1	0,0
2007	Ma	15,7	9,8	96,6	-18,1	78,5	0,0	0,0
2007	F	9,8	6,9	78,5	-29,3	49,2	0,0	0,0
2007	Gi	9,2	5,4	49,2	-3,0	46,2	0,0	0,0
2007	L	8,5	0,0	46,2	-3,9	42,3	0,0	0,0
2007	Ag	8,3	2,0	42,3	-0,6	41,7	0,0	0,0
2007	S	8,2	21,1	41,7	-0,6	41,1	0,0	0,0
2007	O	8,9	41,4	41,1	3,4	44,5	0,0	0,0
2007	N	11,6	36,4	44,5	13,7	58,2	0,0	0,0
2007	D	11,8	24,7	58,2	0,8	59,0	0,0	0,0
2008	G	16,9	72,6	59,0	25,3	84,3	-4,8	0,0
2008	F	15,9	35,6	84,3	-4,8	79,5	0,0	0,0
2008	M	16,7	102,1	79,5	3,8	83,3	-3,8	0,0
2008	A	15,2	22,0	83,3	-7,4	75,9	0,0	0,0
2008	Ma	11,8	86,1	75,9	-16,8	59,2	0,0	0,0
2008	Gi	10,7	24,6	59,2	-5,6	53,6	0,0	0,0
2008	L	8,8	0,1	53,6	-9,5	44,2	0,0	0,0
2008	Ag	8,4	0,0	44,2	-2,0	42,2	0,0	0,0
2008	S	8,4	28,9	42,2	-0,1	42,1	0,0	0,0
2008	O	8,7	51,5	42,1	1,5	43,7	0,0	0,0
2008	N	14,0	127,7	43,7	26,2	69,9	0,0	0,0
2008	D	25,6	182,5	69,9	58,0	127,8	-48,3	0,0
2009	G	32,3	120,2	127,8	33,7	161,5	-82,0	0,0
2009	F	31,5	60,1	161,5	-3,9	157,8	-78,1	0,0
2009	M	26,0	56,7	157,8	-27,9	129,6	-50,3	0,0
2009	A	18,7	82,5	129,8	-36,2	93,6	-14,1	0,0
2009	Ma	13,2	45,0	93,6	-27,6	66,0	0,0	0,0
2009	Gi	10,2	30,1	66,0	-15,0	51,1	0,0	0,0
2009	L	9,2	1,0	51,1	-5,2	45,8	0,0	0,0
2009	Ag	8,7	0,0	45,8	-2,6	43,3	0,0	0,0
2009	S	10,1	73,3	43,3	7,2	50,4	0,0	0,0
2009	O	12,0	101,9	50,4	9,5	60,0	0,0	0,0
2009	N	15,3	133,5	60,0	16,7	76,7	0,0	0,0
2009	D	16,5	80,2	76,7	5,8	82,5	-3,0	0,0
2005-2009		13,4	2810,2	65,0	20,5	82,5	-448,7	0,0

data la natura sabbiosa del suolo, ha permesso ai semenziali di superare il periodo estivo e procedere quindi al ricaccio primaverile nel marzo 2006 come si evidenzia nella foto (Fig. 6).

Le plantule hanno successivamente raggiunto la completa affermazione e, a parte la mortalità naturale per competizione, lo sviluppo ulteriore

non è condizionato da stress idrici, a conferma dei risultati evidenziati dal bilancio idrologico (Fig. 6).

## Conclusioni

L'osservazione quinquennale consente di affermare che, in annate normali (con umidità del suolo



Figura 5 - Germinazione e sviluppo dei semenzali di quercia (2005).



Figura 6 - Confronto delle radici di semenzali del primo e secondo anno (2006) e rinnovazione in pieno sviluppo nel 2009.

non inferiore, nel periodo estivo, al punto di appassimento permanente), la rinnovazione del querceto è possibile e si realizza (Bobiek et al. 2011). Ciò è valido in aree protette dall'azione della fauna, che diventa altrimenti il fattore ostativo dominante. Lo studio dell'umidità del suolo alla profondità di 100 cm, ha evidenziato uno stato idrico di acqua utile sempre presente nel periodo estivo e addirittura una presenza di acqua libera nel periodo invernale. Non esistono quindi problemi di carenza idrica per il querceto adulto, mentre la falda superficiale temporanea consente ai semenzali di superare particolari momenti di scarsa piovosità. Lo studio delle dinamiche dell'acqua nel terreno esteso a livello territoriale per realizzare una cartografia delle condizioni idrologiche a scala di forte dettaglio spaziale (Salvati et al. 2012), appare uno dei temi di rilevante interesse in relazione all'analisi della rinnovazione naturale del querceto in aree soggette a variazioni climatiche persistenti.

## Ringraziamenti

Gli autori ringraziano i revisori per la accurata lettura critica del testo.

## Bibliografia

- Bobiec A., Jaszcz E., Wojtunik K. 2011 - *Oak (Quercus robur L.) regeneration as a response to natural dynamics of stands in European hemiboreal zone*. European Journal of Forest Research 130 (5): 785-797.
- Brunt D. 2011 - *Physical and dynamical meteorology*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Campos P., Daly Hassen H., Ovando P. 2007 - *Cork Oak Forest Management in Spain and Tunisia: Two Case Studies of Conflicts between Sustainability and Private Income*. International Forestry Review 9 (2): 610-626.

Drunasky N., Struve D.K. 2005 - *Quercus macrocarpa and Q. prinus physiological and morphological responses to drought stress and their potential for urban forestry*. Urban Forestry & Urban Greening 4 (1): 13-22.

González Hernández M.P., Silva Pando F.J., Casal Jiménez M. 1998 - *Production patterns of understory layers in several Galician (NW Spain) woodlands: Seasonality, net productivity and renewal rates*. Forest Ecology and Management 109 (1-3): 25-259.

Hanique M. 1991 - *Renewal of oak stands*. Forests de France et Action Forestière 343: 27-30.

Holton J.R., Hakim G.J. 2012 - *An introduction to dynamic meteorology*. Elsevier.

Juarez-Lopez F., Escudero A., Mediavilla S. 2008 - *Ontogenetic changes in stomatal and biochemical limitations to photosynthesis of two co-occurring Mediterranean oaks differing in leaf life span*. Tree Physiology 28 (3): 367-374.

Manes F., Seufert G., Vitale M. 1997 - *Ecophysiological studies of Mediterranean plant species at the Castelporziano estate*. Atmospheric Environment 31 (1): 51-60.

Montserrat-Martí G., Camarero J., Palacio S., Serra P. 2009 - *Summer-drought constrains the phenology and growth of two coexisting Mediterranean oaks contrasting leaf habit: implications for their persistence and reproduction*. Trees 23 (4): 787-799.

Moretti R., Mecella G., Moretti V. 2006 - *Caratteristiche climatiche della Tenuta Presidenziale di Castelporziano*. In: Segretariato Generale della Presidenza della Repubblica, Il sistema ambientale della Tenuta Presidenziale di Castelporziano. II serie. Accademia Nazionale delle Scienze detta dei Quaranta, "Scritti e documenti", XXXVII, Roma.

Salvati L., Bajocco S., Sabbi A., Perini L. 2012 - *Climate aridity and land use change: a regional-scale analysis*. Geographical Research 50 (2): 193-203.

Tombolini I., Salvati L. 2014 - *A Diachronic Classification of Peri-urban Forest Land based on Vulnerability to Desertification*. International Journal of Environmental Research 8 (2): 279-284.