

# **Agris**

Agenzia regionale  
per la ricerca in agricoltura



---

*QUADERNI DEL DIRSS*

*DIPARTIMENTO DELLA RICERCA PER IL SUGHERO E LA SELVICOLTURA*

---

N° 14

## **Produzione di biomassa e caratterizzazione energetica di specie arboree e arbustive in una sughereta del Nord Sardegna**

I. Fois, F. Pampiro, P.A. Ruiu

Tempio Pausania  
2015

# Produzione di biomassa e caratterizzazione energetica di specie arboree e arbustive in una sughereta del Nord Sardegna

I. Fois, F. Pampiro, P.A. Ruiu

Agris Sardegna – Dipartimento della Ricerca per il Sughero e la Silvicultura, via Limbara 9, 07029 Tempio Pausania – Italia.

Corresponding author: Franco Pampiro (fpampiro@agrisricerca.it).

## Riassunto

È stato condotto uno studio per determinare la quantità di biomassa fresca prodotta dal taglio del sottobosco e il potere calorifico superiore di alcune specie arboree ed arbustive in una sughereta del nord-est della Sardegna. La sughereta, certificata FSC, è condotta in conformità ad un piano di gestione forestale. Sono state analizzate le specie vegetali più diffuse nell'area di studio: *Quercus suber* L., *Quercus pubescens* Willd., *Fraxinus ornus* L., *Cistus* sp., *Cytisus villosus* Pourret, *Rubus ulmifolius* L. e *Smilax aspera* L. Queste specie costituiscono alcune fra le essenze caratteristiche delle formazioni boschive e a macchia della Sardegna. Per le tre specie arboree il potere calorifico è stato misurato separatamente per la componente legnosa e per le foglie. Il taglio del sottobosco ha prodotto una quantità media di biomassa uguale a 5343 kg/ha. Il potere calorifico più alto è stato misurato per le foglie di *Q. suber*, mentre *Cistus* sp. ha fatto registrare il potere calorifico più basso. Nelle tre specie arboree analizzate, il potere calorifico delle foglie è risultato più alto dei rametti. La combustione di *Cistus* sp. e delle foglie di *F. ornus* ha prodotto grandi quantità di ceneri. Le foglie hanno presentato contenuti d'umidità alla raccolta più alte rispetto ai rametti. Questi risultati concordano con quelli ottenuti in un precedente lavoro eseguito nella stessa area di studio.

**Parole chiave:** Biomassa, potere calorifico superiore, foreste mediterranee, sugherete, Sardegna, Italia.

## Abstract

A study to determine the amount of fresh biomass produced by cutting the undergrowth and the gross calorific value of some tree and shrub species in a cork-oak forest in the north-east of Sardinia was performed. The cork-oak forest, FSC certified, is conducted in accordance with a forest management plan. The studied species represent the most common plants in the study area: *Quercus suber* L., *Quercus pubescens* Willd., *Fraxinus ornus* L., *Cistus* sp., *Cytisus villosus* Pourret, *Rubus ulmifolius* L. and *Smilax aspera* L. These species constitute some of the typical essences in the woodland and scrub of Sardinia. For the tree species, the gross calorific value was measured separately for the woody component and for the leaves. The cut of the undergrowth has produced a medium amount of biomass equal to 5343 kg / ha. The higher gross calorific value was measured for the leaves of *Q. suber*, while *Cistus* sp. recorded the lowest value. In the analyzed species, the gross calorific value of the leaves was higher than the twigs. The combustion of *Cistus* sp. and leaves of *F. ornus* produced large amounts of ash. The leaves

showed higher moisture content than the twigs. These results agree with those obtained in a previous work performed in the same study area.

**Key Words:** Biomass, gross calorific value, Mediterranean forests, cork oak forests, Sardinia, Italy.

## **Introduzione**

L'utilizzo a fini energetici di biomasse vegetali ritraibili dagli interventi di gestione delle superfici boscate rappresenta un ausilio alla riduzione dell'importazione di combustibili fossili. In questi anni un valido esempio è costituito dalla diffusione delle stufe per il riscaldamento domestico alimentate con cippato, bricchette e pellet (APAT, 2003; Cotana e Costarelli, 2005; Dodi, 2005; Toscano *et al.*, 2005; Camera di Commercio di Padova, 2007). L'utilizzo di queste biomasse, che in Sardegna sono generalmente lasciate decomporre in loco o bruciate in bosco come misura di prevenzione antincendio, avrebbe anche risvolti positivi in termini d'occupazione. Non va trascurato, infatti, il possibile recupero di superfici uscite dal ciclo produttivo perché diventate anti economiche e attualmente coperte da macchia (Regione Autonoma della Sardegna, 2006). Uno sfruttamento razionale di queste biomasse presuppone una filiera corta, aspetto particolarmente importate in regioni insulari come la Sardegna dove l'incidenza del trasporto sull'emissione di *gas serra* assume grande rilevanza.

Per l'utilizzo a fini energetici è importante conoscere le quantità dei materiali disponibili e procedere alla loro caratterizzazione.

In un precedente lavoro, è stato misurato il potere calorifico delle principali essenze arboree ed arbustive di una sughereta del Nord Sardegna su campioni prelevati durante la stagione silvana. Il presente lavoro ha l'obiettivo di completare lo studio sul potere calorifico prelevando i campioni nella stagione estiva nella stessa sughereta.

## **Inquadramento dell'area di studio**

### *Inquadramento geografico*

Lo studio è stato eseguito nella sughereta sperimentale di Cusseddu – Miali Parapinta di proprietà di Agris Sardegna, collocata in territorio collinare in Comune di Tempio Pausania ad un altitudine compresa fra 435 m s.l.m. e 479 m s.l.m. L'area di studio è costituita da 2 appezzamenti separati dalla strada provinciale Tempio-Nuchis compresi nel Foglio N° 443 Sez. 4 (Tempio Pausania) dell'Istituto Geografico Militare.

La sughereta ha una superficie di 67 ettari, è dotata di certificazione FSC N° SA-FM/COC-001436 ed è condotta in conformità ad un piano di gestione forestale.

#### *Note geomorfologiche e pedologiche*

Il substrato è interamente costituito da graniti del complesso cristallino del paleozoico (Cocozza et al., 1974). I suoli si presentano con struttura da moderatamente a fortemente sviluppata e con drenaggio normale. Il profilo è generalmente A-Bw-C, tranne in alcune zone cacuminali dove è presente la roccia affiorante. Secondo la classificazione francese i suoli ricadono nell'associazione delle terre brune e litosuoli su graniti e porfidi. Secondo la classificazione americana i tipi predominanti sono Dystric e Lithic Xerochrepts (Aru et al., 1967; Aru et al., 1991; USDA, 1999). L'idrografia superficiale è costituita da corsi d'acqua a regime prevalentemente torrentizio facenti parte del bacino del Liscia, il principale è il Rio Parapinta.

#### *Inquadramento climatico*

Per l'inquadramento climatico dell'area di studio Arrigoni (1968) riporta per la stazione di Tempio dati di temperatura relativi a 36 anni di osservazioni (1929-1965) e di precipitazione, relativi a 40 anni di osservazioni (Tabella 1).

Tab. 1. Temperature e precipitazioni riportate da Arrigoni (1968).

Temperature in °C													
Mese	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	anno
Media	6,0	6,3	8,8	11,5	15,1	19,2	22,2	22,6	19,8	15,0	10,7	7,5	13,8
Media min	3,6	3,6	5,5	7,6	10,8	14,3	17,4	17,9	15,5	11,6	8,0	5,1	10,1
Media max	8,5	9,1	12,2	15,3	19,5	24,2	27,6	27,2	24,1	18,4	13,3	9,9	17,4
Media del mese più freddo	Media del mese più caldo			Media dei minimi annui				Media dei massimi annui				Media annua	
5,1	23,3			-3,3				35,5				13,8	
Precipitazioni in mm													
Mese	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	anno
Media	99	101	86	80	58	20	7	19	61	98	115	118	862
Medie stagionali	inverno			primavera			estate		autunno		giorni piovosi		
	318			224			46		274		83		

L'ARPAS Sardegna, Dipartimento Specialistico Regionale Idrometeorologico, per il periodo 1961-1990 riporta i dati di temperatura e precipitazioni riassunti in Tabella 2.

Tab. 2. Precipitazioni (mm) e temperature (°C) per la stazione di Tempio Pausania nel periodo 1961-1990 (Dati ARPAS Sardegna).

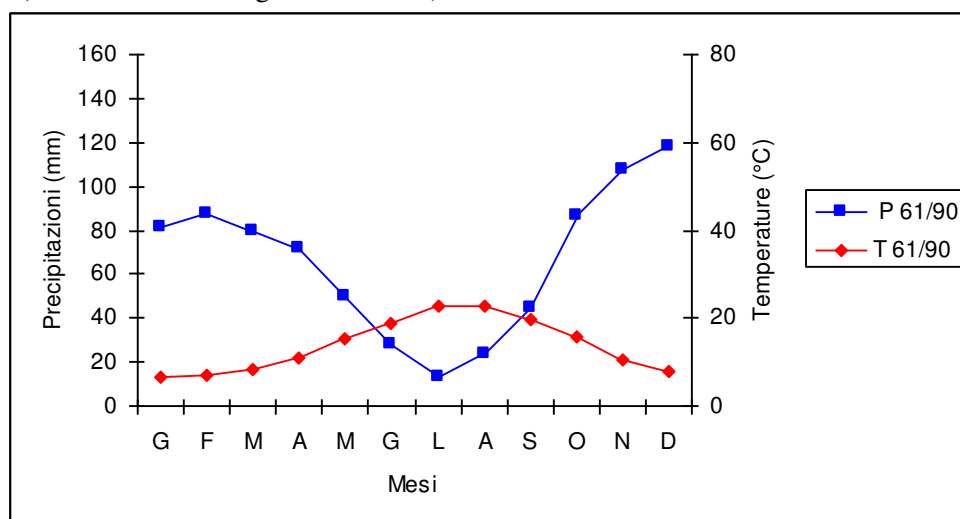
Temperature in °C													
Mese	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	anno
Media	6,5	6,8	8,4	11,0	15,1	19,0	22,8	22,7	19,6	15,6	10,6	7,7	13,8

Precipitazioni in mm													
Mese	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	anno
Media	81,3	87,6	79,5	71,7	50,1	28,2	13,4	24,0	44,6	86,8	107,7	117,9	792,8

Utilizzando i dati dell'ARPAS Sardegna è stato costruito il diagramma termopluviometrico di Bagnouls e Gausen (Figura 1).

Fig. 1. Diagramma di Bagnouls e Gausen per la Stazione di Tempio Pausania (Dati ARPAS Sardegna 1961/1990)



Analizzando i dati di temperatura e piovosità della stazione di Tempio si evidenzia che il territorio è caratterizzato da precipitazioni concentrate nel periodo autunno-invernale, inverni freschi ed estati calde ed asciutte. Rispetto ai dati di Arrigoni (1968), nel periodo 1961-1990 si rileva una diminuzione delle precipitazioni medie annue di circa l'8%.

Arrigoni (1968), per il triennio 1959-61, riporta un'umidità relativa media dell'aria del 74%.

La radiazione solare media globale nel periodo 1992 - 1994 registrata da una stazione agrometeorologica automatica collocata in agro di Tempio Pausania, è risultata uguale a 1481 Kwh/m<sup>2</sup>/anno. Questi dati concordano con quelli riportati da Mennella (1973) per la Sardegna che sono di 127000 cal/cm<sup>2</sup>/anno (1447 Kwh/m<sup>2</sup>/anno) per Sassari, e di 131000 cal/cm<sup>2</sup>/anno (1524 Kwh/m<sup>2</sup>/anno) per Cagliari, e con la media del periodo 1991-2010 di 5534,2 Mj/m<sup>2</sup>/anno (1537 Kwh/m<sup>2</sup>/anno) riportata dall'Aeronautica militare per la stazione di Capo Bellavista situata a circa un grado di latitudine più a sud rispetto a Tempio Pausania (Aeronautica Militare – Reparto di Sperimentazioni di Meteorologia Aeronautica).

#### *Tipologie vegetazionali*

La sughereta sperimentale di Cussedu Miali-Parapinta presenta tipologie vegetazionali differenziate a seconda dell'orografia del terreno e dell'esposizione del versante. La superficie è coperta in prevalenza da aree boscate. La specie arborea più rappresentata è la quercia da sughero (*Quercus suber* L.) che, tuttavia, non si trova mai in purezza ma sempre consociata, in percentuali diverse a seconda del microsito, con la roverella (*Quercus pubescens* Willd.) e con l'orniello (*Fraxinus ornus* L.). Il sottobosco è costituito in prevalenza da citiso (*Cytisus villosus* Pourret), cisto (*Cistus* sp.), prugnolo (*Prunus spinosa* L.) e rovo (*Rubus ulmifolius* Schott), a tratti risulta abbondante il pungitopo (*Ruscus aculeatus* L.); nelle zone non sottoposte a diradamento il sottobosco si presenta piuttosto fitto e per alcuni tratti rende la superficie impraticabile. In alcune aree sono presenti esemplari di erica (*Erica arborea* L.), corbezzolo (*Arbutus unedo* L.), fillirea (*Phillyrea* sp.), biancospino (*Crataegus monogyna* Jacq.) e agrifoglio (*Ilex aquifolium* L.). Lungo il corso del Rio Parapinta vegetano specie ripariali, in particolare ontano (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertner) e pioppi (*Populus* sp.).

Secondo la classificazione fitoclimatica di Pavari (1916) l'area ricade nella sottozona fredda del Lauretum; secondo Arrigoni (1968) è caratterizzata dal climax delle foreste montane di *Quercus ilex* e *Quercus pubescens* con elementi relitti dei cingoli a *Quercus*

– *Tilia* – *Acer*. Da segnalare che nell'area di studio *Quercus ilex* L. è poco rappresentato e sostituito da *Quercus suber* L. misto a *Quercus pubescens* Willd.

Secondo la classificazione bioclimatica della terra proposta da Rivas-Martínez (2004) l'area rientra nel macrobioclina Mediterraneo, sub regione Mediterraneo Occidentale, italo tirrenica, sarda. Il bioclina è quello Mediterraneo pluvistagionale oceanico (MPO), con termotipo mesomediterraneo.

## **Materiali e metodi**

### *Siti di campionamento e specie vegetali esaminate*

All'interno dell'area di studio sono state scelte 2 zone di campionamento, indicate nel seguito Sezione 7 e Sezione 9, poste entrambe su terreno pianeggiante. I nomi delle Sezioni fanno riferimento al Piano di gestione della sughereta. In ciascuna Sezione i prelievi sono stati eseguiti in 3 punti diversi all'interno di un'area di saggio permanente con diametro di 40 metri.

Per la sperimentazione sono state scelte le specie arboree e arbustive più rappresentate nell'area di studio; queste stesse specie costituiscono alcune fra le essenze più diffuse nelle formazioni boschive e a macchia della Sardegna.

Le specie arboree sono quercia da sughero (*Q. suber* L.), roverella (*Q. pubescens* Willd.) e orniello (*F. ornus* L.); quelle arbustive cisto (*Cistus* sp.), citiso (*C. villosus* Pourret), rovo (*R. ulmifolius* L.) e pungitopo (*R. aculeatus* L.).

### *Prelievo dei campioni*

In ogni punto di campionamento sono stati raccolti campioni di tutte le specie individuate. Per ogni specie e per ciascuna Sezione, è stata raccolta una quantità di materiale fresco di 300-500 g. Il materiale prelevato è stato tagliato in pezzi di circa 30 mm di lunghezza e conservato immediatamente in sacchi di polietilene sino all'arrivo in laboratorio. Al fine di limitare la formazione di condensa all'interno dei contenitori e minimizzare le perdite d'acqua, dopo la raccolta i campioni sono stati tenuti a



temperatura ambiente e trasferiti al laboratorio nel minor tempo possibile e comunque entro 2 ore dal prelievo.

Per *Q. suber* L., *Q. pubescens* Willd. e *F. ornus* L., la componente legnosa (rametti con diametro inferiore a 30 mm) è stata separata dalle foglie. Per le specie del sottobosco, le varie parti della pianta sono state conservate insieme (piante intere).

Il prelievo in campo è stato effettuato nelle ore centrali della giornata, evitando i campionamenti durante le giornate piovose o con nebbia.

Dopo il prelievo dei campioni tutta la vegetazione costituente il sottobosco delle aree di saggio è stata tagliata, suddivisa in base alla specie e pesata. Dopo la pesata tutto il materiale vegetale ottenuto dal taglio è stato riunito insieme e trinciato a costituire una miscellanea; da questa è stato prelevato un campione per ciascuna area di saggio. Da segnalare che in base al piano di gestione della sughereta, il sottobosco è tagliato ad intervalli di 3 anni e, pertanto, la biomassa tagliata era il risultato della crescita di 3 anni. Tutti i campioni sono stati raccolti nel mese di luglio 2014.

#### *Determinazione del contenuto d'umidità*

All'arrivo in laboratorio dei campioni è stato determinato il contenuto d'umidità per via gravimetrica (UNI EN 14774-2:2010) utilizzando una bilancia con risoluzione di 0,01 g. I campioni sono stati trasferiti in contenitori d'alluminio con dimensioni di circa 200 X 300 mm dei quali era stata precedentemente misurata la massa. È stato quindi determinato il peso fresco dei campioni e i contenitori sono stati posti in stufa ventilata regolata a  $105\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$  per 12-15 ore. Al termine del periodo d'essiccazione è stato determinato il peso secco eseguendo le misure sul campione ancora caldo per evitare assorbimenti d'umidità dall'ambiente. Le pesate sono state ripetute a intervalli di 60 minuti sino a peso costante (differenza fra due pesate successive  $< 0,2\text{ g}$ ).

#### *Essiccazione dei campioni e determinazione del potere calorifico*

Dopo l'essiccazione i campioni sono stati macinati, setacciati mediante un vaglio con luce di 1 mm (UNI EN 14780:2011) e conservati in contenitori chiusi ermeticamente sino al momento delle prove per la determinazione del potere calorifico. Il macinato è

stato utilizzato per preparare pastiglie del peso di circa 1 g sulle quali è stato determinato il potere calorifico superiore (pcs). Per ciascuna specie è stato determinato il potere calorifico su 4 pastiglie, 2 per ciascuna Sezione. Contemporaneamente, è stato determinato il contenuto d'umidità dei campioni, necessario per ottenere il potere calorifico riferito alla sostanza secca (UNI EN 14774-3:2009). Le misure del potere calorifico sono state eseguite con un calorimetro isoperibolico semi automatico a bomba di ossigeno di Mahler, Parr 6200 in conformità alla Norma UNI EN 14918:2010. Prima delle prove il calorimetro è stato calibrato utilizzando un campione di riferimento di acido benzoico. Il metodo della bomba calorimetrica di Berthelot-Mahler è consigliato dalle Norme del Comitato Termotecnico Italiano (2003).

I dati ottenuti sono stati sottoposti ad analisi della varianza e la significatività delle medie è stata analizzata col test di Tukey utilizzando il software Minitab 15.

### Risultati e discussione

Il taglio del sottobosco nelle 2 aree di saggio ha fatto registrare una quantità di biomassa fresca pari a 5968 kg/ha nella Sezione 7 e 4719 kg/ha nella Sezione 9 ed un valore medio globale di 5343 kg/ha. La composizione percentuale della biomassa vegetale ottenuta dal taglio del sottobosco nelle 2 aree di saggio è riassunta in Tabella 3.

Tab. 3. Composizione percentuale della biomassa vegetale fresca ottenuta dal taglio del sottobosco nelle 2 aree di saggio.

Specie	Biomassa fresca Area di saggio 7 [%]	Biomassa fresca Area di saggio 9 [%]
<i>Quercus suber</i> L.	0,8	2,4
<i>Quercus pubescens</i> Willd.	10,8	32,0
<i>Fraxinus ornus</i> L.	2,3	1,6
<i>Ruscus aculeatus</i> L.	1,9	1,2
<i>Rubus ulmifolius</i> Schott	23,5	4,0
<i>Cistus</i> sp.	0	5,3
<i>Cytisus villosus</i> Pourret	0,3	10,0
Altre	60,5	43,4

I campioni hanno presentato un'umidità media alla raccolta del 55,9% sulla massa fresca. Le foglie hanno fatto rilevare il valore medio più alto pari al 59,4%, contro il 58,8% delle piante intere e il 48,6% dei rametti. L'analisi della varianza ha messo in

evidenza differenze significative fra il contenuto d'umidità delle foglie e quello dei rametti ( $p=0,010$ ) e fra piante intere e rametti ( $p=0,009$ ) e differenze non significative fra foglie e piante intere. Interessante notare che i campioni di foglie di *F. ornus* L. hanno fatto registrare i contenuti di umidità più alti, mentre i rametti della stessa specie le umidità più basse. Per la roverella e soprattutto per la quercia da sughero, invece, tali differenze sono risultate molto più piccole e non significative. Non si registrano differenze significative del contenuto d'umidità fra le 2 Sezioni di campionamento. In un precedente lavoro, su campioni raccolti nel 2012-2013 nella medesima area di studio, si era registrata un'umidità media più bassa e un andamento simile fra foglie, rametti e piante intere. Da segnalare che i campioni erano stati raccolti nella stagione autunnale. In Tabella 4 sono riassunti i contenuti medi d'umidità dei diversi campioni analizzati.

Tab. 4. Umidità dei campioni alla raccolta espressa in percentuale del peso fresco e del peso secco.

Campione	Umidità riferita al peso fresco [%]	Umidità riferita al peso secco [%]
<i>Fraxinus ornus</i> L. (foglie)	65,7	191,5
<i>Ruscus aculeatus</i> L.	63,1	173,7
<i>Rubus ulmifolius</i> Schott	61,6	160,9
<i>Cistus</i> sp.	61,3	164,8
<i>Quercus pubescens</i> Willd. (foglie)	58,6	141,7
<i>Quercus suber</i> L. (foglie)	53,8	117,2
<i>Cytisus villosus</i> Pourret	49,1	96,6
<i>Quercus suber</i> L. (rametti)	49,0	96,0
<i>Quercus pubescens</i> Willd. (rametti)	48,8	95,4
<i>Fraxinus ornus</i> L. (rametti)	48,0	92,6

Il potere calorifico riferito alla sostanza secca dei campioni analizzati ha fatto registrare un valore medio globale di 19,55 kJ/g (4669,3 cal/g). Il valore più elevato è risultato quello relativo alle foglie di *Q. suber*, seguito dalle foglie di *Q. pubescens* e da *C. villosus*. Le medie più basse sono state registrate per *Cistus* sp. e per i rametti di *F. ornus*. Questi dati sono in buon accordo con i valori e gli andamenti misurati sui campioni raccolti nella stessa area di studio nel periodo 2012-2013. Per ciascuna delle 3 specie arboree il potere calorifico delle foglie è risultato più alto dei relativi rametti con differenze statisticamente significative. I valori del potere calorifico superiore più alti nelle foglie potrebbero essere spiegati da un contenuto più alto di estrattivi rispetto al

legno (Senelwa e Sims, 1999) e da una percentuale maggiore di azoto (Vidrich, 1988). I valori del potere calorifico ottenuti in questo lavoro sono in buon accordo con quelli riportati da Todaro *et al.* (2007) in uno studio eseguito su 12 specie arboree ed arbustive in aree collinari della Basilicata con una media globale uguale a 19,2 kJ/g. Gli stessi autori riportano un potere calorifico di 19,9 kJ/g per *Q. pubescens*, 20,8 kJ/g e 20,1 kJ/g, rispettivamente, per foglie e rametti di *F. ornus* e 19 kJ/g per *Rubus hirtus* W. Da segnalare che questi valori sono riferiti alla sostanza secca priva di ceneri mentre il presente lavoro non tiene conto di questa componente che può influenzare le misure del potere calorifico (Giordano, 1980). I valori del potere calorifico superiore misurati su *R. ulmifolius* concordano con quelli ottenuti da Nuñez-Regueira *et al.* (1996) per campioni di *Rubus fruticosus* L. prelevati in autunno e inverno nel nord-ovest della Spagna, rispettivamente uguali a 18,5 kJ/g e 19,4 kJ/g.

La combustione delle foglie di *F. ornus*, di *Cistus sp.* e della miscellanea di entrambe le Sezioni ha fatto rilevare grandi quantità di ceneri residue in tutti i campioni analizzati; quantità apprezzabili di ceneri si sono prodotte anche dalla combustione delle foglie e rametti di *Q. pubescens*, mentre negli altri campioni le ceneri residue sono risultate molto meno evidenti.

Non sono state registrate differenze significative del potere calorifico fra i campioni raccolti nelle 2 Sezioni dell'area di studio. I risultati relativi alle determinazioni del potere calorifico superiore sono riassunti in Tabella 5.

Tab. 5. Potere calorifico superiore espresso in calorie per grammo e in kilojoule per grammo di sostanza secca. I campioni che condividono una lettera non presentano differenze significative (test di Tukey con livello di confidenza al 95%).

Campione	pcs [cal/g]	pcs [kJ/g]	Significatività delle medie	Coefficiente di variazione
<i>Quercus suber</i> L. (foglie)	4860,9	20,35	a	1,2
<i>Quercus pubescens</i> Willd. (foglie)	4776,9	20,00	ab	0,3
<i>Cytisus villosus</i> Pourret	4722,5	19,77	bc	0,8
<i>Quercus suber</i> L. (rametti)	4711,9	19,73	bc	2,0
<i>Ruscus aculeatus</i> L.	4704,4	19,70	bc	2,0
Miscellanea	4692,8	19,65	bc	1,3
<i>Rubus ulmifolius</i> Schott	4652,3	19,48	bcd	0,5
<i>Fraxinus ornus</i> L. (foglie)	4635,3	19,41	cde	0,4
<i>Quercus pubescens</i> Willd. (rametti)	4567,6	19,12	de	0,2
<i>Fraxinus ornus</i> L. (rametti)	4532,6	18,98	de	0,2
<i>Cistus sp.</i>	4504,9	18,86	e	1,5

## **Conclusioni**

Il taglio del sottobosco nell'area di studio ha prodotto una quantità media di biomassa fresca uguale a 5343 kg per ettaro.

Il potere calorifico superiore medio dei campioni analizzati è risultato uguale a 19,55 kJ/g riferito alla sostanza secca. Fra i campioni analizzati, le foglie di *Q. suber* hanno fatto registrare i valori più alti del potere calorifico superiore seguite dalle foglie di *Q. pubescens*. Fra le specie arbustive il pcs maggiore è stato misurato in *C. villosus*. Altri valori di pcs sono stati misurati anche per *R. aculeatus* e per i rametti di *Q. suber*. I campioni di *Cistus* sp. hanno fatto registrare il potere calorifico più basso fra tutti i campioni analizzati.

Nelle 3 specie forestali analizzate, il potere calorifico delle foglie è risultato statisticamente più alto dei corrispondenti campioni di rametti.

L'umidità media dei campioni alla raccolta è risultata uguale al 55,9% sulla massa fresca. Le foglie hanno presentato contenuti d'umidità alla raccolta più elevati rispetto ai rametti.

La combustione delle foglie di *F. ornus*, di *Cistus* sp. e della miscellanea ha fatto rilevare grandi quantità di ceneri residue. Quantità apprezzabili di ceneri sono state rilevate anche in foglie e rametti di *Q. pubescens*, mentre negli altri campioni le ceneri residue sono risultate molto meno evidenti.

I risultati ottenuti confermano i dati di una precedente sperimentazione nella stessa area di studio su campioni prelevati nell'autunno del 2012 e nella primavera del 2013.

Sono necessari ulteriori studi per quantificare il contenuto di ceneri delle specie analizzate al fine di valutare l'usabilità a fini energetici delle biomasse ritraibili dal taglio del sottobosco.

## **Ringraziamenti**

Hanno partecipato al progetto i Sigg. Annamaria Inzaina, Mauro Maciocco, Giuseppino Pira, Giacomo Marzeddu e Luigi Muntoni che si ringraziano per la fattiva collaborazione nello svolgimento delle attività di competenza.

## Bibliografia

- Aeronautica Militare – Reparto di Sperimentazioni di Meteorologia Aeronautica. *La radiazione solare globale e la durata del soleggiamento in Italia dal 1991 al 2010*.
- APAT (2003). *Le biomasse legnose. Un'indagine sulle potenzialità del settore forestale italiano nell'offerta di fonti di energia*. Rapporti APAT 30/2003.
- Arrigoni P.V. (1968). *Fitoclimatologia della Sardegna*. Webbia 23: 1-100.
- Aru A., Baldaccini P., Pietracaprina A. (1967). *I suoli della Sardegna*. Ann. Fac. Agr. Univ. Sassari, 15(2):1-59.
- Aru A., Baldaccini P., Vacca A. (1991). *Nota illustrativa alla carta dei suoli della Sardegna*. Dip. Sc. della terra. Univ. Cagliari.
- Camera di Commercio di Padova (2007). *Produzione di energia da Biomasse Ligno-Cellulosiche*.
- Cocozza T., Jacobacci A., Nardi R., Salvadori I. (1974). *Schema stratigrafico-strutturale del massiccio Sardo-Corso e mineralogia della Sardegna*. Mem. Soc. Geol. Ital., 13:58-186.
- Comitato Termotecnico Italiano (2003). *Biocombustibili. Specifiche e classificazione*. CTI – R 03/1.
- Cotana F., Costarelli I. (2005). *Impianti sperimentali per il recupero energetico da potature di vite, olivo e frutteti*. Università degli Studi di Perugia. Facoltà di Ingegneria, Centro Ricerca Biomasse.
- Dodi M. (2005). Seminario *Fonti energetiche rinnovabili e biomasse*. Bologna 5 febbraio 2007. UPI Emilia Romagna.
- Giordano G. (1980). *Il legno. Caratteristiche e lavorazioni fondamentali, Vol.1*. Edizioni Utet. Torino.
- Mennella C. (1973). *Il clima d'Italia*. Vol. 3. Conti ed.
- Minitab Inc. (2007). *Minitab 15 Statistical software*.
- Núñez-Regueira L., Rodríguez-Añón J.A., Proupin-Castiñeiras J. (1996). *Calorific value and flammability of forest species in Galicia. Coastal and hillside zones*. Biosource Technology 57: 283-289.
- Pavari A. (1916). *Studio preliminare sulla coltura di specie forestali esotiche in Italia. I. Parte Generale*. Annali R. Istit. Sup. For. Naz. 1. 1914-15.
- Regione Autonoma della Sardegna, Assessorato della Difesa dell'Ambiente (2006). *Piano forestale ambientale regionale*. All. III "Analisi di massima sull'utilizzo delle biomasse forestale a scopo energetico".
- Rivas-Martínez S.(2004). *Global Bioclimatics (Clasificación bioclimática de la Tierra): Version 27-08-04*. Phytosociological Research Center. University Complutense of Madrid.
- Senelwa K., Sims R.E.H. (1999). *Fuel characteristics of short rotation forest biomass*. Biomass & Bioenergy 17: 127-140.
- Todaro L, Scopa A, De Franchi AS (2007). *Caratterizzazione energetica di specie arboree e arbustive di aree collinari e montane della Basilicata*. Forest@ 4 (1): 42-50, 2007.

Toscano G., Foppa Pedretti E., Valdes P.H. (2005). *Valorizzazione tecnico-economica del legno di potatura mediante pellettizzazione*. AIIA 2005: Catania, 27-30 giugno. L'ingegneria agraria per lo sviluppo sostenibile dell'area mediterranea.

UNI EN 14774-2:2010. *Biocombustibili solidi. Determinazione dell'umidità. Metodo di essiccazione in stufa. Parte 2: Umidità totale. Metodo semplificato*.

UNI EN 14774-3:2009. *Biocombustibili solidi. Determinazione dell'umidità. Metodo di essiccazione in stufa. Parte 3: Umidità del campione per l'analisi generale*.

UNI EN 14780:2011. *Biocombustibili solidi. Preparazione del campione*.

UNI EN 14918:2010. *Biocombustibili solidi - Determinazione del potere calorifico*.

USDA (1999). *Soil Taxonomy. A Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Surveys*. 2° Ed. Agriculture Handbook Nr. 436.

Vidrich V. (1988). *Il Legno ed i suoi Impieghi Chimici*. Edagricole. Bologna.