

IL LEGNO COME COMBUSTIBILE: CARATTERISTICHE ENERGETICHE E DI PRODOTTO

di Luana Ilarioni *

Molti fattori, di natura tecnologica, ecologica ed economica, contribuiscono, o stanno contribuendo, ad un rinnovato interesse della comunità sociale nei confronti della legna quale combustibile.

Viene apprezzato, in particolare, il fatto che la sua combustione non fa aumentare l'anidride carbonica dell'atmosfera. Il legno è inoltre una fonte di energia rinnovabile, favorisce il miglioramento dell'ambiente delle campagne, la cura dei boschi.

Nell'articolo, con riferimenti scientifici, tabelle, grafici, raffronti, si esaminano e si illustrano diversi aspetti del legno: dalla sua composizione chimica al suo valore energetico, dal conseguente "potere calorifico" ai raffronti con altre fonti energetiche.

In the social community many technological, ecological and economic factors are currently helping to renew interest in wood as fuel.

The fact that its combustion does not increase carbon dioxide levels in the atmosphere is particularly appreciated. As well as being a renewable source of energy, using wood as fuel would also lead to improvements in the environment of the countryside, and forest management.

By using scientific data, tables, graphs and comparisons, article examines and illustrates wood's different aspects: its chemistry, its energy value, and consequently its "heating power" compared to other sources of energy.

Il legno è il più antico combustibile utilizzato dall'uomo per il riscaldamento delle abitazioni e la cottura dei cibi; solo 150 anni fa ha cominciato ad essere sostituito, nel mondo occidentale, dal carbone e dal gas naturale, fino ad essere quasi completamente sop-

* Dottore in Scienze e Tecnologie dei Sistemi Culturali



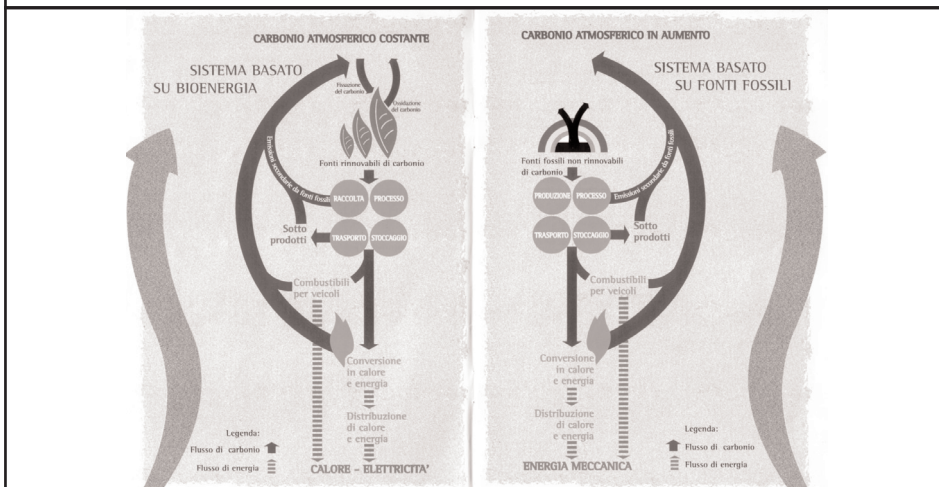
piantato, dall'ultimo dopoguerra, dai combustibili fossili.

Negli ultimi anni si sta però assistendo ad un'inversione di tendenza, grazie al rinnovato interesse per la legna derivato da una moltitudine di fattori tecnologici, ecologici ed economici.

L'innovazione tecnologica, per esempio, ha da un lato messo a disposizione una vasta gamma di macchine e di attrezzature per la raccolta e la trasformazione della legna nei boschi, nelle siepi campestri, nelle colture specializzate (cedui a corta rotazione) e trasportarla fino ai luoghi di utilizzazione sotto varie forme (tronchi tal quali, legna in pezzi, minuzzoli o chips). Dall'altro i moderni apparecchi termici alimentati a legna sono caratterizzati da grande praticità d'uso (molti sono ad alimentazione automatica), elevata efficienza, bassissime emissioni inquinanti comparabili a quelle della combustione del gas naturale.

La riscoperta della legna è legata anche alla crescente attenzione per la tutela dell'ambiente: in particolare si apprezza il fatto che la sua combustione non contribuisce a far aumentare il contenuto di anidride carbonica (CO_2) della nostra atmosfera. Infatti la CO_2 emessa durante la combustione della legna è la stessa che era stata sottratta precedentemente all'atmosfera da parte della piante (Figura 1). Queste hanno poi prodotto il legno attraverso la fotosintesi clorofilliana.

Figura 1 - Carbonio atmosferico costante; carbonio atmosferico in aumento



Fonte: Ministero dell'Ambiente: Servizio per lo Sviluppo Sostenibile



Importanza dell'uso di combustibili rinnovabili

La grande abbondanza di materie prime e soprattutto di energia derivante da combustibili fossili, ha dato origine ad abitudini, giustificate da uno dei primi principi dell'economia politica: il valore attribuito ad un bene è inversamente proporzionale alla quantità di bene disponibile.

La regolare scoperta di nuovi giacimenti di petrolio e carbon fossile non spinge nessuno verso un uso più parsimonioso delle risorse energetiche.

Se dopo un secolo di "utilizzo", l'esaurimento dei combustibili fossili sembra ancora abbastanza lontano, lo stesso non si può dire per l'ambiente.

L'immissione senza limiti di sostanze inquinanti, in grado di alterare gravemente gli equilibri ecologici instauratisi nel corso di decine di migliaia di anni, sta danneggiando il "bene ambientale", sia a livello locale che, molto probabilmente, a livello planetario.

L'estrazione, il trasporto, la distribuzione, l'utilizzo delle fonti energetiche sono tra le attività umane che hanno i maggiori impatti sull'ambiente, sia a scala locale che globale.

Infatti l'Unione Europea promuove il risparmio energetico e l'uso dell'energia rispettoso dell'ambiente. L'Unione Europea ed i singoli Stati hanno sottoscritto il Protocollo di Kyoto, che ha l'obiettivo di opporsi all'effetto serra. Per centrare tale obiettivo (riduzione delle emissioni globali di CO₂ dell'8% entro il 2008-2012) si deve soprattutto sostenere lo sviluppo delle fonti rinnovabili, finanziando le attività di ricerca e sostenendo un ampio spettro di azioni volte a favorire il decollo del loro impiego (es. programma ALTERNER con obiettivo di raddoppiare da oggi al 2010 l'utilizzo delle fonti rinnovabili di energia, passando dall'attuale 6% al 12%). Le azioni di sostegno diretto allo sviluppo della produzione di energia partendo dalle fonti rinnovabili sono invece demandate ai singoli Stati membri e, in Italia, alle Regioni.

La comparazione del legno con altre fonti energetiche è complessa; ma il legno risulta essere vantaggioso in termini ambientali.

Il legno infatti:

- è una fonte di energia rinnovabile;
- presenta rischi pressoché nulli per l'ambiente durante la produzione,



- il trasporto e lo stoccaggio;
- produce, se correttamente bruciato, emissioni comparabili a quelle del gas naturale, ma che non contribuiscono ad aggravare l'effetto serra;
 - favorisce la cura ed il miglioramento dei boschi, visto che la sua raccolta migliora la convenienza economica delle utilizzazioni forestali e che il suo corretto esbosco non peggiora l'ecosistema forestale;
 - favorisce il miglioramento dell'ambiente delle campagne quando viene prodotto dalle siepi campestri, dalle fasce fluviali, dagli alberi campestri in genere.

Cosa è il legno e perché rilascia energia

Il legno è un tessuto molto complesso che viene prodotto da un vasto gruppo di piante superiori (alberi e arbusti) per svolgere due funzioni essenziali per la loro vita:

- 1) sostenere e dare forma all'organismo;
- 2) garantire il trasporto della linfa all'interno dell'organismo.

Chimicamente la sua composizione è la seguente:

- cellulosa il 40-50%;
- lignina 20-30%;
- altre sostanze (carboidrati, grassi, tannini, sali minerali) 20-30%.

Il legno, come ogni altro tessuto vegetale, deriva in ultima analisi dalla fotosintesi: utilizzando l'energia luminosa prodotta dal sole, l'acqua, sali minerali presenti nel terreno, l'anidride carbonica (CO_2) presente nell'atmosfera, le piante verdi sono in grado di produrre nuova sostanza organica, liberando ossigeno (O_2) nell'atmosfera.

Quando il legno viene degradato il processo della fotosintesi si inverte: viene utilizzato ossigeno, anidride carbonica e sali minerali, viene emessa energia.

La degradazione del legno può essere biologica o chimica. La prima viene operata da organismi viventi (funghi, batteri, animali) che attraverso un processo noto come "respirazione" estraggono dal legno l'energia che serve loro per vivere. La seconda è un processo rapido che prende il nome di "combustione" la quale passa attraverso tre fasi (*Figura 2*):

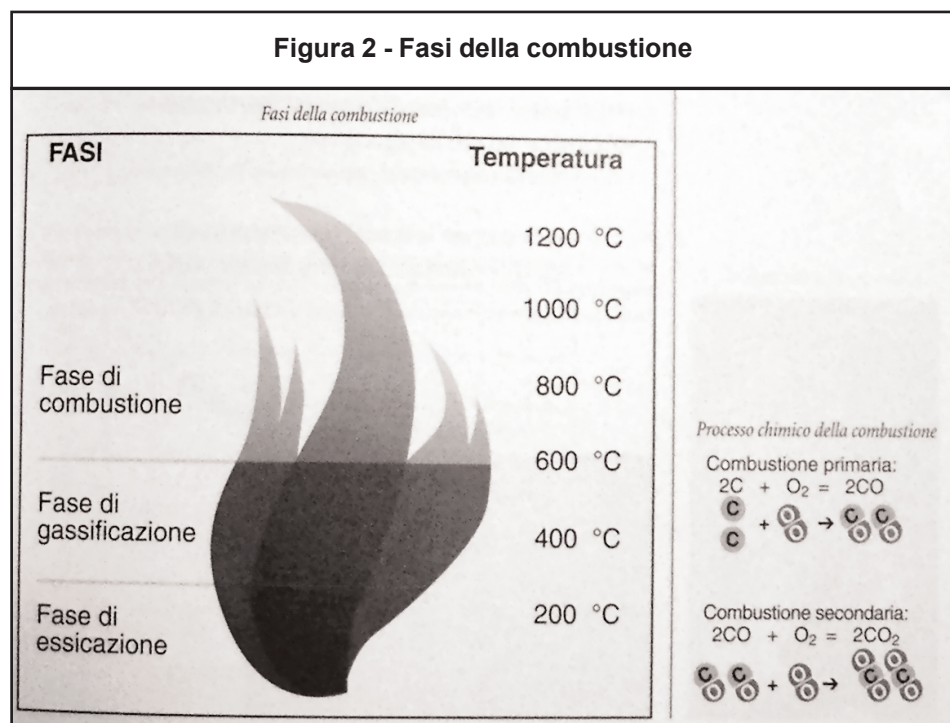
- 1) essiccazione: fino a temperature di 220 °C viene persa l'acqua ancora



presente nel legno. In questa fase viene assorbito calore e viene emesso vapore acqueo: tanto più il legno è umido, tanta più energia sarà necessaria per essiccare il legno e tanto più basso risulterà il rendimento della combustione della legna.

- 2) pirolisi: tra i 220 °C ed i 270 °C la legna comincia a decomorsi in componenti volatili (gas e vapori) ed in carbonio solido. A 500 °C l'85% del peso della legna si presenta sotto forma di composti volatili.
- 3) gassificazione e combustione: a partire dai 500 °C si ha l'ossidazione finale dei prodotti di decomposizione con liberazione di calore.

La suddivisione tra le tre fasi ha solo una finalità didattica perché, nella pratica, esse si sovrappongono in modo complesso durante la combustione.



Negli apparecchi termici tradizionali, a focolare aperto, la combustione della legna non è completa; ne consegue:

- rendimento limitato;
- inquinamento.



Molti apparecchi dell'ultima generazione, invece, consentono di ottenere rendimenti molto elevati dell'ordine anche dell'80%.

Sono infatti di *combustione secondaria* ovvero di sistemi¹ che permettono di sfruttare un fenomeno di ossidazione, realizzabile solo negli apparecchi a focolare chiuso, immettendo in posizione adatta all'interno del focolare, aria surriscaldata; l'afflusso di quest'ultima in quantità definite consente di bruciare i gas (anidride solforosa, benzopirene, monossido di carbonio, ecc.) prodotti nella combustione primaria sviluppando:

- significativo aumento della produzione di calore;
- abbattimento dell'inquinamento;
- riduzione di residui e ceneri.

Prima di parlare del valore energetico del legno è importante definire cosa siano energia e calore. L'energia è la capacità di un sistema di compiere un lavoro. Il calore è il flusso di energia termica.

L'unità di misura dell'energia è il Joule (J), con i suoi multipli (KJ= 1.000; MJ = 1.000.000 J, ecc.)

Un'unità derivata molto usata è il chilowattora (kWh), anche se non è più adoperata nel contesto scientifico.

Unità di energia: fattori di conversione

$$1kWh = 3600 kJ$$

$$1kWh = 860 kcal$$

$$1MJ = 239 kcal$$

$$1MJ = 0,278 kWh$$

$$1000kcal = 1,16 kWh$$

$$1000kcal = 4,19 MJ$$

Il valore energetico del legno viene espresso dal suo “potere calorifico” definito come “la somma delle unità di energia termica che si liberano durante la combustione di un kg di legno”.

Il potere calorifero può essere:

- 1) *inferiore*: non tiene conto del calore che si libera quando il vapore acqueo prodotto durante la combustione si condensa in acqua allo sta-



- to liquido (calore latente di condensazione);
- 2) *superiore*: tiene conto anche del calore di condensazione;
 - 3) *assoluto o relativo*: a seconda che la grandezza fisica a cui ci si riferisce sia il peso (quantità unitaria: kg) o il volume (quantità unitaria: dm cubi);
 - 4) *teorico o effettivo*: a seconda che il materiale bruciato sia allo stato perfettamente anidro, o viceversa contenga una certa umidità (da specificare, espressa in percentuale sul peso secco).

Il potere calorifico del legno dipende dal suo contenuto di acqua (umidità relativa).

Con l'essiccazione il legno perde circa un terzo del suo peso.

Tabella 1 - Potere calorifero e calore prodotto da alcuni tipi di combustibile

Combustibile	Unità	Potere calorifico (kWh/unità)	Rendimento (%)	Calore effettivo (kWh/unità)	Fabbisogno combustibile per produrre 100kWh di calore
Gasolio	Litri	10	58-53	5,8-8,3	17-12
Gas naturale	m ³	9,5	58-83	5,5-7,9	18-12
Carbone Coke	Kg	7,9	56-74	4,4-5,8	23-17
Mattonelle di lignite	Kg	5,6	56-74	3,1-4,1	32-24
Legname a pezzi essiccato all'aria	Kg	4,3	45-74	1,9-3,2	52-31
Legname sminuzzato (umidità 40%)	Kg	2,9	53-76	1,5-2,2	67-45
Paglia essiccata all'aria	Kg	3,8	41-55	1,6-2,1	63-48



Il potere calorifero del legno secco (15% di umidità) è di 4,3 kWh/kg mentre quello del gasolio è di 10,00 kWh/L e quello del gas metano è di 9,5 kWh/m³.

Le moderne apparecchiature per la combustione del legno hanno rendimenti comparabili a quelle delle analoghe attrezzature a gasolio a gas naturale (pari all'80-85%), quindi con 2,3 kg di legno secco si sostituisce un litro di gasolio e 1 m³ di gas naturale.

È interessante notare che il potere calorifero del legno, a parità di umidità relativa, varia pochissimo con il variare della specie (è un po' più alto nel caso delle conifere perché contiene resina).

Nella pratica però si parla di "buone" specie da legno e di "cattive" specie da legno, o meglio di specie "forti", con legno duro e pesante, e di specie "dolci", con legno tenero e leggero (*Tabella 2*).

Ciò è collegato non tanto al potere calorifico (legato al peso) quanto alla densità (peso per unità di volume) (*Tabella 3*).

La Tabella 2 è elaborata sulla base di classificazioni di quattro Camere di Commercio del Nord Italia. Le specie indicate tra parentesi sono quelle su cui c'è discordanza tra le varie Camere.

Tabella 2 - Specie arboree "forti" e "dolci"	
LEGNO FORTE	LEGNO DOLCE
Acerò	Conifere
Carpino	Pioppo
Cerro	Platano
Faggio	Salice
Frassino	(Ontano)
Fruttiferi	(Tiglio)
Gelso	
Leccio	
Noce	
Olivo	
Orniello	
Robinia	
Rovere	
Sughera	
(Betulla)	
(Castagno)	
(Olmo)	



Tabella 3 - Potere calorifero e peso specifico di alcune specie legnose

Specie Legnosa	Potere Calorifico Superiore assoluto teorico (kcal/kg) *	Peso Specifico (kg/m²) mat. stagionato all'aria umidità residua: 12-15%
Abete Bianco	4.650	440
Abete Rosso	4.857	450
Acero Napoletano	4.607	740
Betulla	4.968	650
Carpino Nero	4.640	820
Castagno	4.599	580
Cerro	4.648	900
Cipresso	5.920	620
Corbezzolo	-	820
Douglasia	5.030	530
Erica	-	900
Faggio	4.617	750
Frassino	5.350	720
Leccio	-	960
Larice	4.050	660
Ontano	4.300-4.440	540
Ontano Napoletano	4.700	530
Orniello	-	760
Platano	-	690
Pioppo Nero	4.130	500
Pino Marittimo	4.952	630
Robinia	4.500	790
Roverella	4.631	880

*per ottenere il valore in KJ a partire dalle kcal si moltiplica per 4,186

I dati della Tabella 3 si riferiscono ad un potere calorifero superiore assoluto e teorico, che è il più adottato in ambito scientifico perché definito in condizioni standard facilmente riproducibili.

Ma nella pratica il potere calorifero che conta, quello cioè che indicizza l'attitudine alla combustione, è il potere calorifico inferiore (*Figura 3*) relativo effettivo, perché tiene conto di quanto segue:

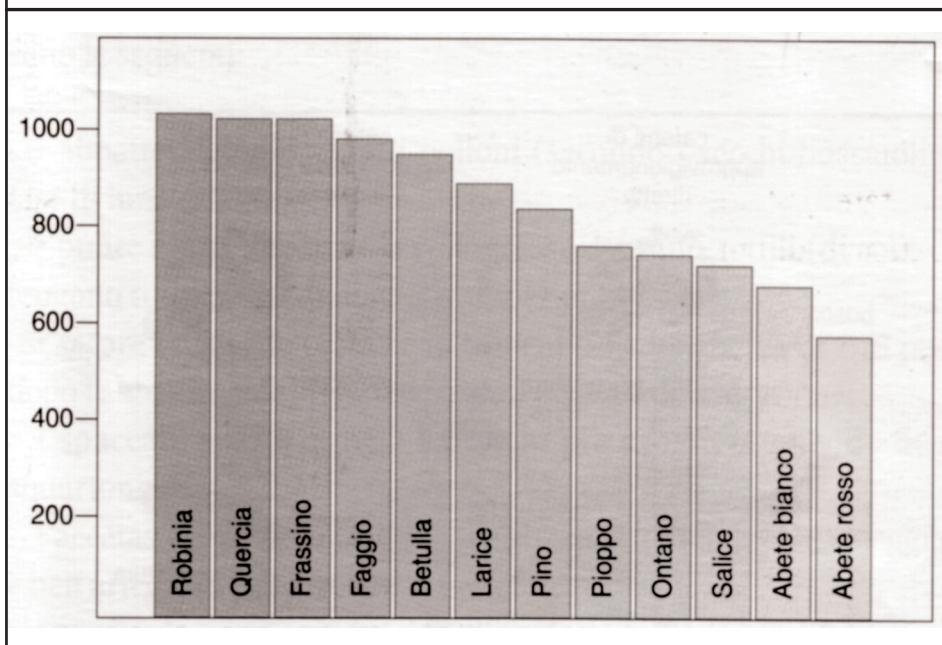
1) la legna non è mai perfettamente secca (potere calorifero effettivo);



- 2) l'acqua vaporizzata nella combustione di fatto sottrae calore utile (potere calorifico inferiore)
- 3) si preferisce alimentare l'impianto di combustione con materiale pesante, che non costringa a continue introduzioni (potere calorifero relativo).

Figura 3 -Potere calorifico inferiore rapportato al volume di minuzzoli di alcune specie legnose

Potere calorifico
KWh/msr (umidità = 30%)



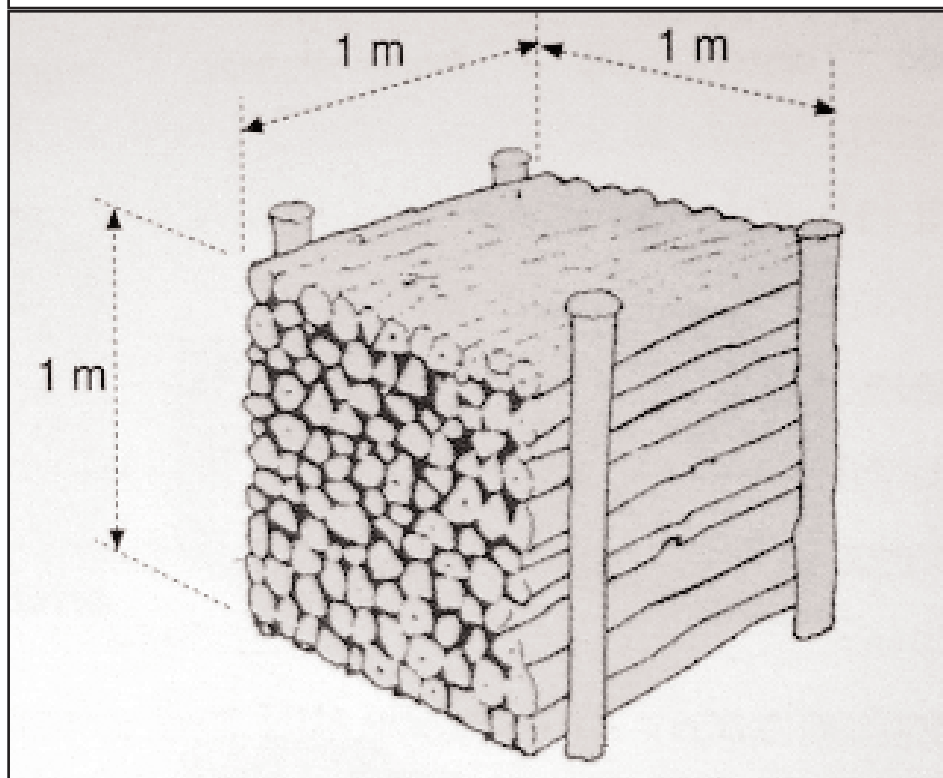
Il legno si può misurare sia a volume che a peso.

Le unità di misura maggiormente impiegate sono tre:

- 1) metro cubo (m^3): unità di misura riferita a qualsiasi tipo di legname, corrispondente ad un volume di un metro cubo interamente riempito di legno (il peso di un metro cubo di legna varia molto in funzione della specie e del contenuto di umidità);
- 2) metro stero (ms): unità di misura riferita al legname impilato, corrispondente ad un volume complessivo di un metro cubo comprensivo degli interstizi vuoti (Figura 4).



Figura 4 - Definizione di metro stero di legname combustibile



La quantità di legno contenuta in un metro stero dipende dalla specie, dall'umidità relativa, dal diametro e dalla forma dei pezzi di legno, dalla cura con cui essi sono stati accatastati (un metro stero di legna in tondelli lunghi 1m corrisponde a circa 0,7 m³ di legno);

3) quintale (q): anche se ufficialmente è stato abolito, il quintale resta ancora l'unità di misura del peso più utilizzata nel commercio della legna.

Un metro stero di legna di una buona latifolia, ad umidità del 20%, pesa tra 3,2 e 4,8 quintali.

Nel commercio del legno a volume si deve specificare la specie ed il contenuto di umidità per avere un'idea del suo valore energetico; mentre nel commercio del legno a peso non è necessario specificare la specie perché le differenze di potere calorifico, a parità di contenuto di umidità, sono minime tra le diverse specie.



Note

¹ Un altro sistema per ottenere un aumento del rendimento è il deflettore fumi, ovvero un particolare dispositivo all'interno del vano di combustione di stufe e caminetti a focolare chiuso grazie alla particolare conformazione del componente e ai materiali con i quali è realizzato.

Bibliografia

AA. VV. (1991) - *Per una migliore utilizzazione del legno ritraibile dal bosco ceduo*. Contributi scientifico-pratici, Vol XXXV, Firenze, I.R.L.-C.N.R.

ANDRISANO - BERTI (1977) - *Potere calorifico superiore di alcune fra le più diffuse specie forestali del bosco ceduo*, Monti e boschi, 2.

GIORDANO, G. (1951) - *Il legno e le sue caratteristiche*, Milano, Ed. Ulrico Hoepli.

GIORDANO, G. (1971) - *Tecnologie del legno*, Torino, Ed. UTET.

GIORGETTI, M. (2000) - *Qual è la politica energetica dell'Europa e dell'Italia*. Energia dal legno, Regione del Veneto, Assessorato alle Politiche per l'Ambiente.

MEZZALIRA, G. (2002) - *Fuoco amico*, CEAR - Consorzio Energia Alternativa per il Riscaldamento.

MORI, P. (2000) - *Un'occasione su cui riflettere*, Sherwood.

VERONESE, M. (2002) - *Fuoco amico*, CEAR - Consorzio Energia Alternativa per il Riscaldamento.

VIDRICH, V. (1988) - *Il legno e i suoi impieghi chimici*, Bologna, Edagricole.

