

Biomassa legnosa da foresta e da fuori foresta

Offerta ed effetti ambientali in Italia

di LORENZO CICCARESE

GIUSEPPE CASCIO

CARMELA CASCONI

L'obiettivo di questo studio è di valutare il potenziale «ambientalmente compatibile» della bio-energia ricavabile e analizzare i limiti ecologici e ambientali legati alla valorizzazione a fini energetici della biomassa proveniente da foresta e fuori foresta in Italia.

L'incessante aumento del costo delle fonti fossili d'energia e la loro finitezza, la necessità di diversificare il *mix* energetico e di aumentare la sicurezza delle fonti di approvvigionamento, le politiche internazionali di contenimento dei consumi delle fonti fossili - alla base dell'effetto serra e dei conseguenti cambiamenti climatici globali - impongono l'urgenza di sviluppare fonti energetiche alternative a quelle fossili.

In questa prospettiva, la biomassa rappresenta senza dubbio una soluzione interessante (SCHLAMADINGER *et al.* 2004), anche perché essa ha il vantaggio di rendere disponibile energia prodotta localmente, di fornire opportunità di sviluppo socio-economico per le popolazioni rurali, di contrastare l'esodo dalle aree agricole e remote, di contribuire a una gestione più attiva e sostenibile delle risorse agro-forestali.

In effetti, la considerazione e l'interesse che la biomassa come fonte d'energia sta suscitando in questi ultimi tempi non hanno precedenti, sia a scala nazionale sia internazionale, sul versante politico, come quello tecnico, industriale e mediatico.

Secondo l'International Energy Agency (IEA 2005), nella ripartizione dei consumi finali totali d'energia, i consumi di biomassa (rinnovabili e da rifiuto) sono in aumento: nel 2003 erano pari a 1,0 miliardi di tonnellate equivalenti di petrolio (Gtep), una quantità che rappresenta il 14,3% del totale (quasi 7,3 Gtep), mentre erano pari a quasi 0,7 Gtep nel 1973 (quando i consumi finali totali risultavano pari a 4,6 Gtep). Nei Paesi industrializzati le biomasse rappresentano solo il 3,2% del totale dei consumi energetici finali, mentre esse corrispondono al 35% nei Paesi

in via di sviluppo.

Per quanto riguarda gli scenari relativi a domanda e uso globali di bio-energia, sono state prospettate diverse eventualità (per esempio, HALL *et al.* 1993; WEC 1994; FUJINO *et al.* 1999; IPCC 2001; SMEETS *et al.* 2004). HALL e SCRASE (1998) hanno ipotizzato che, per l'anno 2050, il contributo potenziale della bio-energia potrà variare tra i 2,3 e i 6,9 Gtep; con conseguente riduzione delle emissioni tra 1,4 e 4,2 miliardi di tonnellate di carbonio (GtC) l'anno, ovvero tra il 5 e il 25% delle emissioni da carburante fossile previste per l'anno 2050 (IPCC 2001).

Secondo un secondo rapporto dell'IEA (2005), la bio-energia potrà fornire circa 2,2 Gtep nel 2020 e 3,8 Gtep nel 2050, mentre secondo HOOGWIJK *et al.* (2002) il potenziale potrebbe variare da 0,8 fino a 3,2 Gtep l'anno.

L'Unione Europea (EU15), con la pubblicazione nel 1997 del Libro Bianco sulle Energie Rinnovabili (EC 1997), aveva definito un *target* ambizioso da raggiungere entro il 2010: raddoppiare il contributo delle fonti rinnovabili al soddisfacimento del fabbisogno



Fonti energetiche	2000	2001	2002	2003	2004
Idroelettrica ⁽¹⁾	9.725	10.298	8.694	8.068	9.077
Eolica	124	259	309	321	403
Fotovoltaico	4	4	4	5	6
Solare Termico	11	11	14	16	18
Geotermia	1.248	1.204	1.239	1.388	1.407
Rifiuti	461	721	818	1.038	1.248
Legna ed assimilati ⁽²⁾	2.344	2.475	2.489	2.782	2.995
Biocombustibili	66	87	94	177	195
Biogas	162	196	270	296	356
A - Totale	14.144	15.255	13.931	14.092	15.706
B - di cui non tradizionali ⁽³⁾	2.017	2.519	2.932	3.536	4.056
A/B (%)	14	17	21	25	26

(1) Solo energia elettrica da apporti naturali valutata a 2.200 kcal/kWh.

(2) Non include risultato indagine ENEA sul consumo di legna da ardere nelle abitazioni.

(3) Eolico, solare, rifiuti, legna (esclusa la legna da ardere), biocombustibili, biogas. Sono inoltre, da considerare 9,8 TWh prodotti da reflui industriali che corrispondono a 2,1 Mtep sostituiti.

Tabella 1 - Energia da rinnovabili in equivalente fossile sostituito (ktep) (anni 2000-2004) (Fonte: Elaborazione ENEA).

energetico comunitario (EU15), passando dal 6% (all'epoca) al 12% dei consumi energetici totali ipotizzati per il 2010. Tra le varie fonti rinnovabili, la biomassa avrebbe dovuto fornire il contributo maggiore alla crescita, passando da 45 a 90 milioni di tonnellate equivalenti di petrolio (Mtep), e coprire l'8,5% dei consumi energetici comunitari previsti al 2010⁽¹⁾.

Per dare seguito a ciò, nel 1999 il Ministero per le Politiche Agricole e Forestali ha emanato il **Programma nazionale per la valorizzazione delle biomasse agricole e forestali** quale strumento attuativo del Programma Nazionale sull'Energia Rinnovabile da Biomassa (PNERB) del precedente giugno 1998. Con questo e con altri successivi strumenti di programmazione e di incentivazione, l'Italia, attraverso la coltivazione, il recupero, la trasformazione di prodotti e sottoprodotti agricoli, forestali e zootecnici per la produzione di energia, si è fissato l'**obiettivo di produrre da 8 a 10 Mtep da biomassa entro il 2010-'12**.

Più recentemente, la Commissione Europea ha presentato il "Piano d'azione per la biomassa" (COM (2005) 628 del 7/12/2005), presentato compiutamente in un recente articolo di HELLRIGL (2006). Tale piano fissa l'obiettivo per l'UE-25 di aumentare sensibilmente il contributo della bio-energia al suo fabbisogno energetico, dagli attuali 69 Mtep (4% dei consumi totali) a circa 185 Mtep entro il 2010. Di questi, 100 Mtep dovrebbero derivare dai rifiuti organici, dai residui dell'industria del legno, dagli allevamenti zootecnici e dall'agro-industria; **43 Mtep dalle**

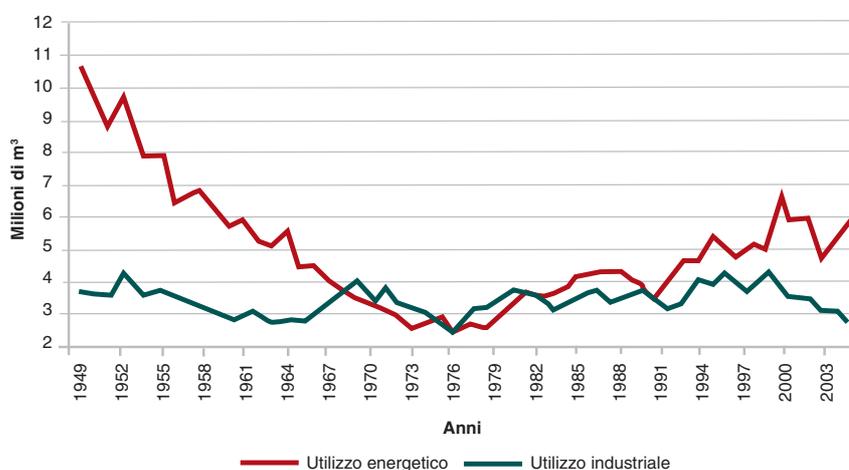


Grafico 1 - Evoluzione dei prelievi legnosi da foresta e fuori foresta in Italia (1949-2004).

foreste e altrettanti dalle colture agricole dedicate. Gli altri principali obiettivi del Piano sono la riduzione delle emissioni di gas serra di 209 Mt CO₂ l'anno, la creazione di circa 300 mila nuovi occupati e la limitazione delle importazioni di energia per circa il 45%.

La Commissione Europea è consapevole che il raggiungimento dei *target* energetici prima indicati attraverso il ricorso alla biomassa possa concretamente contenere il rischio di creare nuove pressioni e impatti sui suoli agricoli, sulle risorse idriche e sulla biodiversità forestale; di convertire prati permanenti e pascoli per la realizzazione di piantagioni energetiche; di stimolare i prelievi legnosi forestali al punto da eccedere gli incrementi delle provvigioni legnose delle

risorse forestali di un Paese. Infatti, la stessa Comunicazione esplicita la necessità che i singoli Paesi includano assunzioni ecologiche nell'elaborazione dei **Piani d'Azione per la Biomassa**.

L'OFFERTA DI BIOMASSA LEGNOSA FORESTALE PER FINI ENERGETICI

Attualmente, in Italia, la produzione lorda di energia da biomassa (comprendente legna e assimilati, biocombustibili e biogas) è stimata essere pari a circa 4,9 Mtep (Tabella 1), una quantità che include anche 1,0 Mtep provenienti dai rifiuti (ENEA 2005). Le statistiche ufficiali evidentemente sottostimano il contributo reale della biomassa per la produzione

(1) Nel 2006 la Commissione Europea ha adottato la Comunicazione COM (2006) 105 definitivo ("Libro verde. Una strategia europea per un'energia sostenibile, competitiva e sicura" - EC 2006). Con tale documento la Commissione desidera dare forma ad una politica energetica europea in grado di fronteggiare le sfide relative ad approvvigionamento, crescita economica e sostenibilità ambientale. L'Unione Europea (UE) è chiamata ad agire nei seguenti settori prioritari: mercato interno, efficienza energetica, ricerca e politica esterna; per dotarsi di un'energia sostenibile, competitiva e sicura.

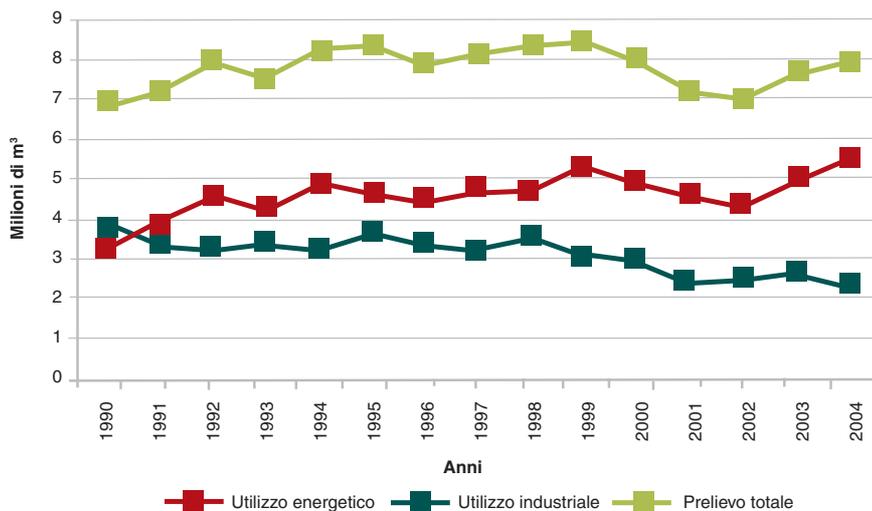


Grafico 2 - Evoluzione dei prelievi legnosi (per fini energetici e industriali) da foresta in Italia (1990-2004).

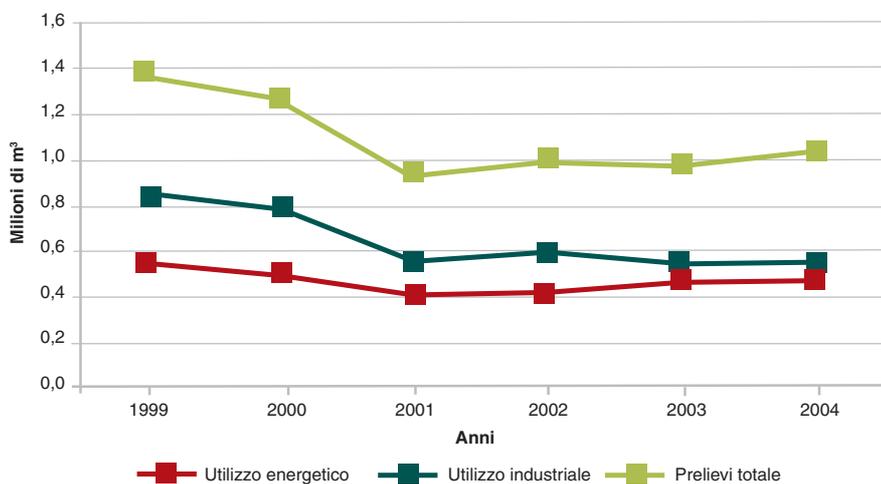


Grafico 3 - Evoluzione dei prelievi legnosi (per fini energetici e industriali) da fuori foresta in Italia (1999-2004).

d'energia, in quanto sottostimano quegli usi di difficile registrazione statistica, quali i consumi della legna da ardere nelle abitazioni (da ricollegare ad una presenza diffusa di piccoli utilizzatori domestici) e dei residui di lavorazione del legno nei processi industriali (APAT 2003).

Limitatamente alle biomasse provenienti dalle risorse forestali⁽²⁾, l'ISTAT riporta che nel 2004 sono stati prelevati quasi 9 milioni di metri cubi (m³) di legname. Di questi, 6 milioni di m³ sono registrati come legna da ardere. Tale dato comprende i prelievi legnosi sia da foresta sia da fuori foresta. Il

Grafico 1 presenta l'evoluzione dei prelievi legnosi dal 1949 al 2004. Gli aspetti più rimarchevoli sono la diminuzione dei prelievi verificatasi fino a metà anni '70 e la tendenza positiva dei prelievi da foresta e fuori foresta fino a oggi.

Da foresta

Il Grafico 2 dimostra che dal 1990 ad oggi i prelievi di legname da foresta sono sensibilmente aumentati e in modo particolare quelli a fini energetici, i quali rappresentano i due terzi dei prelievi complessivi. Dal 1990 si registra una percepibile riduzione del tasso

di prelievo di legname da lavoro, che ha raggiunto il suo minimo nel 2004 (poco più di 2.387.000 m³, -11% rispetto al 2000), mentre la legna da ardere ha registrato un livello mai raggiunto dal 1990 in poi (quasi 5.562.500 m³, +12% rispetto al 2000).

Questi prelievi, che in termini energetici equivalgono a 1,09 Mtep (EUROSERV'ER 2005) sono evidentemente sottostimati, in quanto, partendo dalle statistiche ufficiali, non tengono conto della raccolta informale, per esempio, degli scarti delle lavorazioni boschive (cimali, ramaglia ecc.) degli assortimenti legnosi destinati a fini energetici ma classificati come da opera per fini statistici della non registrazione nella raccolta di piante morte, parti secche, potature e alberi schiantati, dei prelievi di materiale effettuati oltre i limiti dichiarati e autorizzati dalle autorità competenti ed infine della biomassa derivante da tagli non autorizzati e quindi non censita dall'autorità forestale.

Da fuori foresta

Il concetto di "fuori foresta" utilizzato in questo numero speciale di Sherwood fa riferimento alle piantagioni forestali in genere. L'ISTAT, nel rilevare i prelievi di legname da questa categoria, considera oltre a queste, anche le formazioni forestali lineari (filari, frangivento, siepi arborate ecc.), che non raggiungano una larghezza di 10 m o che comunque non occupino una superficie di 0,5 ha, le formazioni forestali che non siano in possesso dei parametri minimi di estensione e di insidenza (proiezione delle chiome sul terreno) per essere classificabili come foresta, le piante sparse di specie forestali.

L'ISTAT segnala che nel 2004 i prelievi fuori foresta rappresentano quasi l'8% dei prelievi totali forestali. Il loro andamento dal 1999 a oggi indica che dopo un lieve declino fino al 2001, il loro valore si è stabilizzato intorno a un milione di metri cubi l'anno. Più precisamente, nel 2004 sono stati prelevati 1.035.830 m³, di cui 554.822 m³ per uso industriale e 481.008 m³ per uso energetico (Grafico 3).

In termini energetici, utilizzando gli stessi coefficienti di conversione adottati da Euroserv'ER (2005) per i prelievi da foresta, i prelievi di legna per fini energetici da fuori foresta danno un contributo stimabile in circa **0,14 Mtep**.

IL POTENZIALE DELLA BIOMASSA LEGNOSA PER FINI ENERGETICI

La fattibilità delle politiche nazionali e sovranazionali di sviluppo della bio-energia dipendono da una serie multipla di fattori. Essi

⁽²⁾ Per le finalità di questo lavoro, sono presi in considerazione i dati ISTAT sulle superfici forestali e sui prelievi legnosi. L'ISTAT, utilizzando i dati rilevati dai Comandi di Stazione del Corpo Forestale o uffici analoghi dal secondo dopoguerra a oggi, evidenzia che la superficie forestale italiana è in graduale e continua espansione: da 5.616.913 ettari del 1948-49 si è passati a 6.857.069 ettari del 2004, con un incremento pari al 22,1% (PICCINI 2006).

Regione	Superficie agricola utilizzata (SAU) (ha)			Variazioni (%)		
	1990	2000	2003	B/A	C/B	C/A
	A	B	C			
Piemonte	1.120.250	1.068.299	1.075.674	-4,64	0,69	-3,98
Valle d'Aosta	96.594	71.188	54.267	-26,30	-23,77	-43,82
Lombardia	1.104.278	1.035.792	981.249	-6,20	-5,27	-11,14
Trentino Alto Adige	422.373	414.403	427.509	-1,89	3,16	1,22
Bolzano	272.466	267.414	277.335	-1,85	3,71	1,79
Trento	149.907	146.989	150.175	-1,95	2,17	0,18
Veneto	881.267	852.744	833.719	-3,24	-2,23	-5,40
Friuli Venezia Giulia	256.855	238.807	218.884	-7,03	-8,34	-14,78
Liguria	92.483	62.605	52.587	-32,31	-16,00	-43,14
Emilia Romagna	1.232.220	1.114.288	1.074.975	-9,57	-3,53	-12,76
Toscana	927.568	857.699	815.189	-7,53	-4,96	-12,12
Umbria	396.185	367.141	363.569	-7,33	-0,97	-8,23
Marche	549.143	503.977	513.581	-8,22	1,91	-6,48
Lazio	834.151	724.325	741.563	-13,17	2,38	-11,10
Abruzzo	521.083	428.802	422.386	-17,71	-1,50	-18,94
Molise	250.693	214.941	214.625	-14,26	-0,15	-14,39
Campania	662.209	599.954	572.781	-9,40	-4,53	-13,50
Puglia	1.453.865	1.258.934	1.302.722	-13,41	3,48	-10,40
Basilicata	624.134	537.695	554.748	-13,85	3,17	-11,12
Calabria	663.418	556.503	550.726	-16,12	-1,04	-16,99
Sicilia	1.598.901	1.281.655	1.280.966	-19,84	-0,05	-19,88
Sardegna	1.358.229	1.022.901	1.154.942	-24,69	12,91	-14,97
Italia	15.045.899	13.212.652	13.206.662	-12,18	-0,05	-12,22

Legenda I dati della SAU del 1990 sono tratti dal "4° Censimento Generale dell'Agricoltura 1990"; quelli del 2000 dal "5° Censimento Generale dell'Agricoltura 2000"; quelli del 2003 dall'"Indagine sulla struttura e sulle produzioni delle aziende agricole" dell'ISTAT.

Tabella 2 - Superficie totale e superficie agricola utilizzata per regione/provincia autonoma e variazioni percentuali.

possono essere raggruppati essenzialmente:

- nella crescita dell'efficienza dei sistemi bioenergetici (logistica, mercato e tecnologia);
- nell'intensificazione d'uso delle fonti di biomassa già presenti;
- nell'attuazione di colture energetiche erbacee e arboree su suoli agricoli.

Nei paragrafi che seguono sono esaminati i due ultimi fattori e in modo particolare i potenziali energetici della biomassa da foresta e da fuori foresta.

Il potenziale della biomassa legnosa da foresta

Per tentare di valutare il potenziale di biomassa per fini energetici detraibile dalle foreste nazionali, una prima valutazione va fatta sulla valorizzazione a fini energetici degli scarti (rami, cimali, corteccia) derivanti dai prelievi di legname da lavoro. Secondo l'ISTAT, nel 2004 (Grafico 2) sono stati prelevati 2.387.351 m³ di legname da lavoro. Per stimare quale percentuale delle utilizzazioni complessive potrebbe essere utilizzata come biomassa, si è considerato che, nel passare dalle masse dendrometriche ai volumi commerciali, si hanno perdite per rami e cimali. L'aliquota dei rami e del cimale, espressa in percentuale del volume dendrometrico, non è una grandezza di facile individuazione, dato che dipende da molteplici fattori, tra

cui la specie legnosa, le caratteristiche stagionali, l'età e la posizione sociale di ciascun albero.

Applicando la metodologia di stima riportata in APAT (2003) ai volumi delle utilizzazioni effettuate nell'anno 2004, si ottiene un massimo di biomassa legnosa pari a 525.217 m³, in grado di produrre circa 0,12 Mtep di energia. Un ulteriore contributo dei residui dell'utilizzazione delle fustaie è ipotizzabile solo in conseguenza di un **aumento dei prelievi di legna da opera**. Complessivamente in Italia, nel 2004, erano presenti poco meno di 3 milioni di ha di fustaie. Considerando i dati incrementali medi regionali stimati dall'Inventario Forestale Nazionale del 1985, le fustaie italiane complessivamente producono annualmente 22.605.700 m³.

Nell'ipotesi che tutti i boschi siano utilizzati al massimo della loro potenzialità produttiva, senza intaccare il capitale, ossia lo *stock* legnoso, e assumendo che l'aliquota dei rami e del cimale, espressa in percentuale del volume dendrometrico, vari dal 15 al 35%, a seconda della specie, e che tutti i boschi siano regolarmente assoggettati ad utilizzazioni (con asportazione dell'intero incremento), complessivamente i residui delle utilizzazioni potrebbero dare una produzione di biomassa massima variabile da circa 3.390.900 a 7.912.000 m³, mediamente

circa 5.651.500 m³.

Nella situazione ideale di disponibilità ad utilizzare l'intero incremento corrente di tutte le fustaie italiane, il volume degli scarti prima stimati in circa 5.651.500 m³, sarebbero in grado di produrre 1,27 Mtep.

L'EEA (Report n. 7/2006) stima che il potenziale di bioenergia ottenibile al 2030 dagli scarti delle utilizzazioni forestali per ricavare legna da opera può arrivare fino a un massimo di circa 0,30 Mtep. Va detto, tuttavia, che tale studio si basa su assunzioni generiche e poco conciliabili con la struttura e le caratteristiche della nostra realtà forestale.

Le **cure colturali (sfolli e diradamenti)**, che sono effettuati prima della scadenza del turno nelle fustaie coetanee e in corrispondenza del taglio di curazione nelle fustaie disetanee) non sono solitamente realizzate, in quanto i prodotti retraibili da tali interventi difficilmente hanno un mercato, mentre i costi per le utilizzazioni sono elevati.

La valutazione della biomassa detraibile dalle cure colturali presenta notevoli difficoltà in quanto:

- gli interventi sono stabiliti caso per caso e dipendono dalle caratteristiche dei soprassuoli, dalla fertilità e dagli assortimenti che si vogliono ottenere;
- la semplificazione tipologica delle statistiche ufficiali non consente di ricavare alcune

informazioni essenziali, quali la forma di gestione (coetaneo-disetaneo), le funzioni, il trattamento;

- le indicazioni bibliografiche (tavole alometriche, piani d'assestamento ecc.) si riferiscono a condizioni ottimali, dove i trattamenti sono eseguiti con regolarità e a casi specifici.

Alla luce di tali considerazioni si è preferito fornire un'indicazione di massima riguardo a quale potrebbe essere la dimensione della massa detraibile dalle cure colturali, senza entrare nel dettaglio delle produzioni delle singole formazioni forestali. Dall'estrapolazione dei dati forniti dall'Inventario Forestale Italiano e dalle tavole alometriche delle specie principali si desume che la biomassa ricavabile dalle cure colturali potrebbe essere compresa tra 1 milione e 2 milioni di m³, che in termini energetici sarebbero in grado di rendere disponibile una quantità potenziale compresa tra 0,23 e 0,46 Mtep.

L'utilizzazione dei boschi governati a ceduo fornisce come prodotto principale legna da ardere e alcuni assortimenti di legname da lavoro tondo da usare tal quale (in particolare paleria). Come nel caso delle fustaie, per le superfici a ceduo si è fatto riferimento ai dati ISTAT, riferiti al 2004, per le superfici e ai dati incrementali ricavati dall'Inventario Forestale Nazionale del 1984-85.

L'Inventario Forestale Nazionale fornisce, relativamente ai cedui, una generica informazione sui volumi/ettaro distinti per regione. Nell'impiegare tale dato per ricavare le produzioni annue dei cedui si deve tenere presente che tali volumi sono il risultato di un progressivo invecchiamento delle formazioni. Infatti i cedui non vengono più utilizzati come un bene aziendale ordinato a produzione annua, ma hanno assunto il ruolo di una scorta patrimoniale da cui attingere senza regolarità (Piusi 1994). Per tali motivi si è prudenzialmente considerato un turno di 25 anni per la stima delle utilizzazioni.

Complessivamente risulta quindi un incremento medio annuo complessivo utilizzabile pari a 16.549.000 m³, che se destinato per fini energetici sarebbe in grado di generare 3,72 Mtep. (Dal calcolo sono state escluse le formazioni a macchia mediterranea, che per il loro alto valore naturalistico non sono comunemente assoggettabili a utilizzazioni regolari).

Lo studio dell'EEA già citato (2006) ritiene che il potenziale di bioenergia ottenibile, in maniera ambientalmente compatibile, con utilizzazioni forestali complementari a quelle attuali, è stimabile in circa 2,70 Mtep.

Il potenziale della biomassa legnosa da fuori foresta

Una crescita significativa del contributo energetico non può basarsi sull'intensificazione dei prelievi dalle risorse fuori foresta già esistenti. Considerato il contributo attuale (0,11 Mtep), anche l'ipotesi di un suo raddoppio contribuirebbe a raggiungere un totale di 0,18 Mtep. Un significativo contributo può derivare, viceversa, dalla realizzazione di colture energetiche *ex novo*, sia lineari sia estese, su suoli agricoli. Tuttavia questa opzione contiene interrogativi non di poco conto, che investono questioni sociali, ambientali ed economiche.

Nel caso specifico dell'Italia, parafrasando un celebre articolo di WAGGONER (1994) dal titolo *How much land can ten billion people spare for nature?*, in cui era posta la questione della priorità della destinazione d'uso da assegnare ad una risorsa naturale finita come il territorio, quanto territorio possiamo destinare alla coltivazione di bio-energia? Inoltre, quali sono gli effetti ambientali associati a questa scelta? Infine, quali sono i costi associati alla realizzazione di queste coltivazioni?

Nei paragrafi seguenti sarà trattato l'aspetto della quantità di suoli destinabili a coltivazioni energetiche, tralasciando viceversa gli aspetti economici e sociali.

In Italia, negli ultimi decenni, parallelamente alla stagnazione demografica e a quella della domanda per prodotti agricoli, nonché all'aumento della produttività per unità di superficie, si è registrata una significativa riduzione della superficie agricola utilizzata (SAU). Essa, come testimoniano i dati emersi dall'ultimo Censimento Generale dell'Agricoltura (CGA) a cura dell'ISTAT (2002), è diminuita di 1,8 milioni di ettari (-12,2%) rispetto a quella del 1990. La riduzione percentuale della SAU ha riguardato in misura pressoché equivalente i seminativi, i prati e i pascoli e le coltivazioni permanenti. Lo stesso CGA segnala una diminuzione della superficie forestale all'interno di aziende agricole e/o forestali, indice di un progressivo abbandono gestionale delle foreste. La tendenza alla contrazione della SAU è continuata, anche se in maniera poco significativa, fino al 2003 (-0,05% rispetto al 2000), come segnala l'indagine pubblicata dall'ISTAT nel 2005 sulla Struttura e sulla Produzione delle Aziende Agricole (Tabella 2).

Il dato di abbandono gestionale delle superfici agricole, collegato a quello dell'espansione della superficie forestale, segnala un fenomeno molto complesso, di notevole rilevanza territoriale, con risvolti socio-economici e ambientali molto forti.

Negli ultimi quarant'anni centinaia di migliaia di ettari sono stati attraversati da fenomeni di evoluzione: superfici agricole abbandonate divenute prima improduttive e successivamente invase dalla vegetazione spontanea, per essere poi attraversate da incendi, da trasformazioni fondiarie, oppure essere recuperate all'agricoltura.

Questa forma di "non" gestione dei terreni, connotata da caratteri di transitorietà e differenziazione, da un punto di vista ambientale può avere impatti di segno opposto. L'abbandono, infatti, può essere seguito da processi di ricolonizzazione da parte della vegetazione arborea, arbustiva o erbacea (rivegetazione); oppure da processi di degrado dei suoli, legati alla perdita di sostanza organica o ai processi di erosione (devegetazione e desertificazione).

Questo fenomeno meriterebbe un monitoraggio nel tempo, al fine di definire il peso sia delle variazioni d'uso del suolo sia dei suoli agricoli in rivegetazione nelle strategie bioenergetiche nazionali, ed inoltre, in modo particolare, per stimare la superficie disponibile per colture energetiche, sia oleacee e amilaceo-zuccherine sia legnose.

A tal fine può essere utile fare riferimento anche ai risultati di un'indagine condotta dall'APAT sulla trasformazione della copertura vegetale sul territorio italiano, avvenuta nel periodo 1990-2000. Utilizzando i dati resi disponibili dal progetto CORINE Land Cover e avvalendosi di un *software* GIS, è stato possibile costruire, per ogni regione e per l'intero territorio nazionale, matrici di transizione tra le diverse categorie di copertura vegetale. Tali matrici sono presentate e discusse al sito www.apat.gov.it/site/it-IT/Temi/Suolo_e_Territorio/Usodelsuolo_e_cambiamenti/. Dall'analisi della Tabella di transizione di scala nazionale emerge che nel periodo 1990-2000, ben 210.311 ha di suoli agricoli sono stati trasformati in altre categorie d'uso e, inversamente, 66.367 ha sono stati convertiti in suoli agricoli, per una perdita netta di 143.944 ha di suoli agricoli.

Una discussione dovrebbe pertanto essere avviata sulla proporzione di queste aree (e di quelle che, nei prossimi anni, presumibilmente saranno ancora rese disponibili dagli effetti dei nuovi indirizzi di sviluppo rurale, specialmente sulle aree precedentemente investite a colture quali tabacco, barbabietola e frumento) che potrebbero essere dedicate alle colture energetiche.

Una scelta complessa dovrà essere fatta tra colture amilaceo-zuccherine e oleaginose, oppure legnose, oltre all'individuazione della giusta ripartizione delle aree dedicate alle

	Anno di riferimento	Quantità (Milioni t)	Quantità (Milioni m ³)	Equivalenti (Mtep)	Fonte
Prelievi					
Prelievi di legna ad uso energetico da foresta	2004	-	5,56	1,09	ISTAT
Prelievi di legna ad uso energetico da "fuori foresta"	2004	-	0,48	0,14	ISTAT
Prelievi potenziali					
Residui delle utilizzazioni delle fustaie	2004	-	5,65	1,27	Ns. stime su dati IFNI e ISTAT
Utilizzazioni dei cedui	2004	-	16,55	3,76	Ns. stime su dati IFNI e ISTAT
Cure colturali	2004	-	1-2	0,23-0,46	Ns. stime su dati ISTAT
Utilizzazioni "fuori foresta": filari	2004	0,35-0,56	0,47-0,75	0,11-0,17	Ns. stime su dati ISTAT
Utilizzazioni "fuori foresta": piccole superfici boscate	2004	-	0,07	0,02	Ns. stime su dati ISTAT
Piantagioni legnose forestali a ciclo breve	2010	0,80 ⁽¹⁾	-	0,36	-

(1) Stima effettuata su 100.000 ha di piantagioni a regime al 2010.

Tabella 3 - Sintesi delle stime sui prelievi e la disponibilità di biomasse legnose.

piantagioni bioenergetiche per singola regione. È chiara l'importanza della possibilità di effettuare proiezioni sui *trend* di cambiamento delle coperture vegetazionali (e delle superfici agricole in particolare) per individuare le regioni più idonee ad una riconversione delle aree agricole per colture energetiche. Ciò contribuirebbe a evitare competizione con le aree destinate alle produzioni agricole a scopo alimentare ed ammortizzare le possibili pressioni su comparti ambientali quali suolo, acqua e paesaggio in generale.

Le regioni caratterizzate da pratiche di **agricoltura intensiva con accentuata competitività delle aziende** non dispongono certamente di aree da utilizzare per la produzione di bio-energia così come le regioni che presentano zone ad **alto valore paesaggistico e di biodiversità** (quali prati e pascoli) che non possono essere convertite in aree coltivabili se non con adeguate misure di compensazione.

L'opzione forestale prevede l'impiego di specie quali pino, robinia, eucalipto, platano ed altre ancora per la realizzazione di *Short Rotation Coppices* (SRC) su aree agricole marginali abbandonate. Considerando una produzione conservativa e prudente di 8 tonnellate per ettaro l'anno di sostanza secca (t/ha/a), come suggerito da VERANI *et al.* (2006) e ipotizzando la realizzazione al 2010 di 100.000 ettari di SRC, si potrebbero produrre 0,36 Mtep l'anno.

Da un punto di vista più propriamente ambientale, la realizzazione di piantagioni forestali bioenergetiche può avere un impatto di segno opposto, positivo o negativo, sulle principali caratteristiche ambientali, quali la biodiversità, la qualità del suolo, il paesaggio, la disponibilità e la qualità dell'acqua, l'inquinamento di fiumi e laghi, l'emissione di sostanze tossiche (McLAUGHLIN e WALSH 1998). Si tratta di argomenti complessi,

spesso legati ai casi specifici. Nel caso della biodiversità (sia animale sia vegetale) **l'impatto ambientale generato dalla creazione di piantagioni forestali con finalità energetiche può essere di duplice natura.**

Sicuramente negativi quando essi sono realizzati su aree naturali o semi-naturali e ancora di più se le piantagioni sono monospecifiche, realizzate con specie non native, e con materiale d'impianto ottenuto per via agamica o geneticamente modificato; inoltre, le pratiche colturali che insistono su tali aree possono provocare una riduzione di biodiversità, attraverso un'alterazione della qualità degli habitat per sé (per effetto dell'uso di pesticidi e d'erbicidi, di fenomeni d'erosione del suolo ecc.) e degli ecosistemi (frammentazione, effetti sugli organismi degli habitat adiacenti ecc.).

Altri impatti negativi possono essere associati alla compattazione del suolo, alla qualità e quantità delle risorse idriche, al *run-off* d'erbicidi, di pesticidi e di fertilizzanti in eccesso che possono contaminare il suolo e il mezzo liquido in esso presente.

D'altro canto, occorre sottolineare che, se le "coltivazioni-energia" sono realizzate su terreni ex-agricoli o su suoli degradati, gli effetti sulla biodiversità animale e vegetale, sulla riduzione dei fenomeni erosivi (MALIK *et al.* 2000) e sulla qualità dei suoli sono senz'altro positivi (TOLBERT *et al.* 2000). Inoltre, essendo le specie comunemente impiegate per questo tipo d'impianti (*Salix* spp., *Populus* spp.) particolarmente efficaci nell'assorbire i composti azotati, specialmente in confronto alle coltivazioni erbacee annuali, le piantagioni arboree a fini forestali possono produrre benefici in termini d'abbattimento delle eccessive concentrazioni d'azoto presenti nei suoli.

Ancora in questo contesto, le piantagioni-

energia possono essere usate nelle *wetland* artificiali, per la depurazione di reflui da metalli pesanti quali zinco, rame, cadmio, piombo o per "ripulire" suoli inquinati (CHRISTOPHER e ISEBRES 2000; ADEGBIDI *et al.* 2001).

CARBON SINK O BIO-ENERGIA?

Nel contesto scientifico e politico sui cambiamenti climatici c'è una differenza sostanziale tra l'energia prodotta con combustibili fossili e quella prodotta con biomassa. **L'uso di combustibili fossili rilascia CO₂ che è rimasta immobilizzata nei giacimenti geologici** per milioni di anni. Al contrario, **la combustione della biomassa restituisce all'atmosfera la CO₂ già assorbita dalle piante** e, se il ciclo produttivo e l'uso delle risorse rimangono inalterati nel tempo, non causa un aumento complessivo di CO₂.

La produzione di bio-energia richiede il consumo di energia fossile, per esempio, per far funzionare le motoseghe, le macchine per l'esbosco ecc. (d'altra parte, anche le fonti fossili d'energia richiedono il consumo di una quota energetica per la loro estrazione, trasformazione o trasporto).

I bilanci energetici più noti effettuati sulla bio-energia indicano che, **per ogni unità di energia fossile consumata, sono prodotte, approssimativamente, dalle 25 alle 50 unità di bio-energia** (BÖRJESSON 1996; McLAUGHLIN e WALSH 1998; MATTHEWS 2001). La produzione di bio-energia allo stato liquido (bio-diesel o olio pirolitico, per esempio) richiede un *input* energetico maggiore (circa 4-5 unità di energia prodotta per unità di energia fossile utilizzata), ma nonostante ciò riduce sensibilmente il consumo di combustibili fossili (SCHLAMADINGER e MARLAND 2001).

Le emissioni nette di carbonio per generare un'unità di energia elettrica con

bio-energia sono dalle 10 alle 20 volte inferiori a quelle causate dalla produzione di elettricità con combustibili fossili.

L'United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC), nel riconoscere che i cambiamenti climatici sono una minaccia per l'umanità, stabilisce un quadro operativo all'interno del quale avviare azioni per stabilizzare la concentrazione atmosferica dei gas-serra a un livello tale da impedire "interferenze pericolose" con il sistema climatico. L'UNFCCC richiama l'attenzione dei paesi firmatari sulla riduzione dei consumi di combustibili fossili, del miglioramento dell'efficienza energetica e lo sviluppo delle fonti energetiche rinnovabili. Inoltre, l'UNFCCC identifica un ruolo fondamentale degli ecosistemi terrestri all'interno del ciclo globale del carbonio e, di conseguenza, nelle strategie di controllo delle emissioni clima-alteranti (CICCARESE *et al.* 2005).

Questo ruolo si rende concreto attraverso tre tipi di interventi su base territoriale (o come sono definiti *land-use, land-use change and forestry*, LULUCF): creazione di nuove foreste, appropriata gestione delle foreste e degli ecosistemi terrestri esistenti (tra cui quelli agricoli), uso della biomassa in sostituzione delle fonti fossili e di altri materiali.

Questa funzione di *sink* di C è stata riconosciuta dal Protocollo di Kyoto, l'accordo internazionale che definisce l'impegno per i paesi industrializzati di ridurre, nel periodo compreso tra il 2008 e il 2012, le emissioni complessive di sei principali gas-serra del 5,2% rispetto a quelle del 1990. In particolare, gli articoli 3.3, 3.4, 6 e 12, e gli accordi maturati nell'ambito del processo negoziale che ne è seguito, hanno definito le attività LULUCF che i paesi industrializzati hanno a disposizione per raggiungere gli impegni di riduzione delle emissioni clima-alteranti (CICCARESE *et al.* 2003).

Tuttavia, la foresta di nuova formazione **funge da *sink* fintantoché sia raggiunto il limite massimo ecologico**, di *equilibrium*, oltre il quale le perdite dovute a respirazione, morte delle piante o cause esterne di disturbo (incendi, uragani, attacchi di parassiti e patogeni) o a utilizzazioni ed altre operazioni forestali, bilanciano l'aumento di carbonio dovuto alla fotosintesi. In gergo, questo limite è noto con il termine **saturazione**, che limita il potenziale complessivo d'assorbimento di carbonio delle attività di ripristino forestale. Un altro limite alla capacità fissativa degli ecosistemi vegetali è ovviamente rappresentato dalla **quantità di superficie disponibile** per le attività LULUCF.

Anche il legno estratto dal bosco e trasfor-

mato in prodotti legnosi costituisce una riserva di carbonio. Questa aumenterà (agendo da serbatoio) fino a quando il deperimento e la distruzione dei vecchi prodotti legnosi sarà bilanciato dalla sostituzione con nuovi prodotti. Quindi le foreste e i prodotti da esse derivanti hanno una capacità finita di rimuovere CO₂ dall'atmosfera, e non agiscono come serbatoi di carbonio perpetui.

Quando invece una superficie forestale non è ripiantata dopo la sua utilizzazione o è perduta in modo permanente, a causa di eventi naturali prima citati, la riserva di carbonio che si era creata è dispersa.

Al contrario, i benefici derivanti dalla sostituzione dei combustibili fossili con bio-energia sono irreversibili. Infatti, quando è prodotta un'unità energetica da biomassa, sostituendo una fonte fossile qualsiasi, si evita l'emissione di una certa quantità di gas-serra in

Per generare elettricità con bio-energia si hanno emissioni di carbonio

10-20 volte inferiore rispetto a combustibili fossili

maniera permanente, anche se il modello bio-energetico che ha prodotto quella unità energetica opera per un tempo limitato. In termini energetici, è possibile stabilire una similitudine tra un impianto a biomassa e un impianto eolico. Infatti, quando quest'ultimo entra in esercizio si evita di immettere in atmosfera una quantità di emissioni che sarebbe stata prodotta da un impianto energetico alimentato con combustibili fossili; inoltre, anche se la pala eolica (e dunque, per similitudine, una piantagione energetica) dovesse essere soppressa, **le emissioni evitate lo saranno permanentemente.**

Spesso, nell'ambito delle cosiddette misure di "permanenza", è fatta una distinzione tra "serbatoi" di carbonio e sostituzione dei combustibili fossili con bio-energia. L'unico modo per estendere la capacità dei sistemi terrestri di ridurre le emissioni è di impiegare la biomassa in sostituzione delle fonti fossili d'energia o d'altri materiali che hanno alti costi energetici (TUSKAN e WALSH 2001). WINJUM *et al.* (1998) hanno stimato che l'accumulo potenziale di carbonio nei prodotti dell'industria del legno sia relativamente modesto rispetto al serbatoio di carbonio

costituito dalla vegetazione o dalla biomassa legnosa che potrebbe potenzialmente sostituire le fonti fossili d'energia.

CONCLUSIONI

Il contributo "ufficiale" attuale della biomassa da foresta e fuori foresta al fabbisogno energetico nazionale è piuttosto trascurabile: **circa 1,23 Mtep**. Se le valutazioni si allargassero a considerare anche i consumi legati alla raccolta informale e non registrata, i dati potrebbero essere ben più significativi. Guardando, invece, alle quantità di biomassa legnosa effettivamente disponibili in foresta e fuori foresta, l'offerta potenziale di biomasse legnose potrebbe segnalare la possibilità di una significativa espansione della filiera bosco-energia.

Concretamente, un aumento dei prezzi dei combustibili fossili e dei crediti di emissione potranno determinare anche in Italia un aumento del prezzo che i consumatori saranno disposti a pagare per la legna a fini energetici, generando un aumento dei prelievi di legna per energia, specialmente dai cedui. Del resto, essendo un potenziale in espansione, il persistente aumento del prezzo del petrolio verificatosi negli ultimi tempi ha già prodotto segnali in questo senso.

In Tabella 3 è presentata una sintesi delle stime sui prelievi e la disponibilità di biomasse legnose in Italia. In questo articolo, considerando le possibili opzioni offerte dalla foresta e dai fuori foresta (l'utilizzo a fini energetici degli scarti prodotti dalle utilizzazioni delle fustaie e dai residui delle cure colturali, il pieno utilizzo per fini energetici dell'incremento medio annuo complessivo dei cedui, la realizzazione al 2010 di 100.000 ettari di SRC) **è stato stimato un potenziale massimo compreso tra 5,72 e 6,00 Mtep.**

Concretamente, questo potenziale è difficilmente raggiungibile, in quanto alcune assunzioni teoriche su cui ci si è dovuti basare per le finalità di questo studio non sono realmente praticabili.

Per esempio, rispetto all'assunzione relativa all'idea che tutto l'incremento prodotto dalle fustaie sia utilizzato, è più reale ipotizzare che solo nelle fustaie facilmente accessibili si utilizzi l'incremento. Ciò fa sì che la biomassa detraibile per fini energetici dagli scarti ammonti a 3.424.762 m³ di legname, che sono in grado di generare la produzione 0,78 Mtep di energia (invece che 5,657 milioni di m³ e 1,27 Mtep, come indicato in Tabella 3).

Inoltre, nel considerare le superfici forestali potenzialmente produttive, sono state prese in esame tutte le superfici forestali riporta-

te dall'ISTAT (ad esclusione della macchia mediterranea), operando una evidente semplificazione. Infatti, nella stima del potenziale sono state incluse quelle formazioni che, per le loro caratteristiche strutturali o gestionali, non dovrebbero considerarsi produttive, quali le formazioni ad alto valore naturalistico (riserve naturali), in fase di transizione (cedui in conversione) o boschi gestiti con altre finalità (boschi protettivi, ricreativi ecc.).

Infine, in mancanza di informazioni e dati relativi agli incrementi più aggiornati e accurati, sono stati assunti quelli riportati dall'Inventario Forestale Nazionale, condotto ormai venti anni fa (MAF 1988). E' abbastanza noto invece che - a causa della ridotta dinamica dei prelievi di legname e dell'allungamento dei turni - le formazioni naturali e semi-naturali sono attraversati da un processo generalizzato di invecchiamento. Tale processo si traduce in un rallentamento della dinamica dell'incremento annuale degli *stock* unitari (e, pertanto, anche del *carbon sink*), anche se, come affermato da un recente lavoro su cedui di cerro in Toscana (FABBIO e AMORINI 2006; AMORINI *et al.* 2006), la culminazione dell'incremento corrente di massa è collocabile ad una età compresa tra 30 e 40 anni.

D'altra parte la diminuzione dell'incremento legnoso, se da un lato invita a una maggiore cautela nella stima degli incrementi e del potenziale legnoso a fini energetici delle risorse boschive nazionali, d'altra parte indica che un aumento dei prelievi (nella logica di una gestione forestale sostenibile), oltre a consentire la fissazione di carbonio nei prodotti legnosi, agirebbe da volano sugli ecosistemi forestali, riducendone l'età media e aumentando gli incrementi.

Un ragionamento a parte va fatto sulle piantagioni specializzate per la produzione di energia, dove il tema di fondo è dare un equilibrio tra produzione e mantenimento dei caratteri ecologici (biodiversità *in primis*) e individuare forme gestionali in grado di contenere gli impatti negativi sulle varie componenti ambientali o addirittura di generare impatti positivi. Ciò può essere raggiunto, per esempio, con l'uso di specie native e non invasive e di materiale forestale di propagazione attentamente scelto, al fine di salvaguardare la diversità genetica (intra-specifica); con l'alternanza a mosaico di coltivazioni e soprassuoli forestali; con la disetaneità dei soprassuoli, al fine di aumentare la diversità strutturale; la costituzione di piantagioni multiobiettivo, attraverso le quali produrre nel contempo biomassa legnosa (anche con piante di più specie) e legname di pregio (con ciclo medio lungo) (BURESTI

LATTES e MORI 2006).

Ulteriori esempi di scelte gestionali sono: la creazione di corridoi ecologici per connettere habitat frammentati; la modifica delle dimensioni dei coltivi e delle prese di taglio del bosco; l'adozione di modelli colturali mirati al contenimento del consumo di prodotti chimici; la diffusione degli inerbimenti; l'impiego di mescolanze di specie e la differenziazione delle età.

L'elaborazione di linee guida che siano in grado di integrare le esigenze di rispetto delle componenti ecologiche nella realizzazione di piantagioni-energia sono altamente auspicabili (anche richieste dal Piano d'Azienda sulla Biomassa).

Se una posizione prudente è evidentemente fondata e scientificamente giustificata, va comunque ricordato che i *policy makers* non devono trascurare il fatto che gli interventi nel settore si conciliano, molto meglio di altri, con il perseguimento di altri rilevanti interessi ambientali, economici e sociali, quali il contenimento delle emissioni di gas-serra, la diversificazione e la sicurezza di approvvigionamento delle fonti energetiche, l'opportunità di sviluppo socio-economico per le popolazioni rurali, l'impedimento all'esodo dalle aree rurali e remote, una gestione più attiva e sostenibile delle risorse agro-forestali.

Bibliografia

- ADEGBIDI H.G., VOLK T. A., WHITE E.H., ABRAHAMSON L.P., BRIGGS R.D.; BICKELHAUPT D.H., 2001 - **Biomass e nutrient removal by willow clones in experimental bioenergy plantations in New York State.** Biomass & Bioenergy 20: 399-411.
- AMORINI E., FABBIO G., CANTIANI P., 2006 - **Avviamento ad altofusto e dinamica naturale nei cedui a prevalenza di cerro. Risultati di una prova sperimentale a 35 anni dalla sua impostazione.** Il protocollo di Valsavignone (AR). Ann Ist. Sper. Selv. (33) 2002-2004: 115-132.
- APAT, 2003 - **Le biomasse legnose. Un'indagine delle potenzialità del settore forestale italiano nell'offerta di fonti d'energia.** Rapporti APAT 30/2003. 99 p. ISBN 88-448-0097-7. Disponibile al sito www.apat.gov.it/site/it-IT/APAT/Pubblicazioni/Rapporti/Documento/rapporti_2003_30.html (citato il 31 Ottobre 2006).
- BIN - BIOENERGY INFORMATION NETWORK, 2002 - **Bioenergy: Frequently Asked Questions.** Disponibil al sito <http://bioenergy.ornl.gov/faqs> (citato il 30 Ottobre 2006).
- BÖRJESSON P.I.I., 1996 - **Energy analysis of biomass production e transportation.** Biomass & Bioenergy 11: 305-318.
- BURESTI LATTES E., MORI P., 2006 - **Biomasse come produzione aggiuntiva o come produ-**

zione principale. Accorgimenti progettuali e culturali. Sherwood n. 128: 21-24.

CHRISTOPHER R., ISEBRES J.G., 2000 - **Growth and contaminant uptake by hybrid poplars e willows in response to application of municipal lefill leachate.** In: Proceedings of the 21st Session of the International Poplar Commission Meeting, Poplar e Willow Culture: Meeting the Needs of Society e the Environment (Isebres, J.G.; Richardson, J., eds.). North Central Research Station, St. Paul, Minnesota, USA: 121 p.

CICCARRESE L., AVITABILE V., BROWN S., PETTENELLA D. e SCHLAMADINGER B., 2003 - **Possono le foreste mitigare i cambiamenti climatici?** Sherwood 94 (10): 26-30.

CICCARRESE L., BROWN S. e SCHLAMADINGER B., 2005 - **Carbon sequestration through restoration of temperate and boreal forests.** In: Restoration of boreal and temperate forests (Stanturf J.A. e Madsen P., ed.). Capitolo 7: 111-120. ISBN 1-56670-635-1. CRC Press. Boca Raton, USA: 569 p.

EC - EUROPEAN COMMISSION, 1997 - **Energy for the future: renewable sources of energy.** White Paper for a Community Strategy and Action Plan. Communication from the Commission. COM (97) 599 final (26/11/1997): 54 p. Disponibile al sito http://ec.europa.eu/energy/library/599fi_en.pdf (citato il 18 Ottobre 2006)

EC - EUROPEAN COMMISSION, 2005 - **Biomass Action Plan.** Communication from the Commission. COM (2005) 628 final (07/12/2005). {SEC(2005) 1573}: 47 p. Disponibile al sito http://ec.europa.eu/energy/res/biomass_action_plan/doc/2005_12_07_comm_biomass_action_plan_en.pdf (citato il 18 Ottobre 2006).

EC - EUROPEAN COMMISSION, 2006 - **Green Paper: A European strategy for sustainable, competitive and secure energy.** {SEC(2006) 317}. COM (2006) 105 final. Bruxelles, 8.3.2006. Disponibile al sito <http://europa.eu/scadplus/leg/en/ivb/l27062.htm> (citato il 18 Ottobre 2006)

EEA - EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY, 2006 - **How much biomass can Europe use without harming the environment.** EEA Report n. 7/2006. Luxembourg: Office for Official Publication of the European Communities. ISBN 92-9167-849-X: 67 p.

ENEA, 2005 - **Le Fonti Rinnovabili 2005. Lo sviluppo delle rinnovabili in Italia tra necessità e opportunità.** ENEA - Ente per le Nuove tecnologie, l'Energia e l'Ambiente. Roma. ISBN 88-8286-128-7.

EUROBSERV'ER, 2005 - **Wood energy barometer 49.** October 2005, Systèmes Solaires 169. Disponibile al sito www.energies-renouvelables.org/observ-er/stat_baro/observ/baro169.pdf (citato il 30 Ottobre 2006).

EUROPEAN COMMISSION, 2000 - **From Land Cover o landscape diversity in the European Union.** DG Agri EUROSTAT, Joint Research Centre (Ispra) e European Environmental Agency). Internet available: www.europa.eu.int/

[comm/agriculture/publi/landscape/](#) (citato il 30 Ottobre 2006)

EUROPEAN COMMISSION, 2000 - **From Land Cover to landscape diversity in the European Union**. DG Agri EUROSTAT, Joint Research Centre (Ispra) e European Environmental Agency (EEA). Disponibile al sito [Agency](#). Internet available: [www.europa.eu.int/comm/agriculture/publi/landscape/](#) (citato il 25-30 Ottobre 2006).

FABBIO G., AMORINI E., 2006 - **Avviamento ad altofusto e dinamica naturale nei cedui a prevalenza di cerro. Risultati di una prova sperimentale a 35 anni dalla sua impostazione**. Il protocollo di Caselli (PI). Ann Ist. Sper. Selv. (33) 2002-2004: 79-104.

FUJINO J., YAMAJI K. e YAMAMOTO H., 1999 - **Biomass-Balance Table for evaluating bio-energy resources**. Applied Energy 63 (2): 75-89.

HALL D.O., ROSILLO-CALLE F., WILLIAMS R.J. e WOODS J., 1993 - **Biomass for Energy: Supply prospects**. In: Renewable Energy: Sources for Fuels and Electricity. T. B. Johansson, H. Kelly, A. K. N. Reddy and R. H. Williams. Washington D.C., Island Press: 593-651.

HALL D.O. e SCRASE J.I., 1998 - **Will biomass be the environmentally friendly fuel of the future?** Biomass e Bioenergy 15: 357-367.

HELLRIGL B., 2006 - **La Commissione Europea rivaluta le biomasse**. Sherwood 124: 33-38.

HOOGWIJK M., FAAIJ A., VAN DEN BROEK R., BERNDES G., GIELEN D., TURKENBURG W., 2002 - **Exploration of the ranges of the global potential of biomass for energy**. Biomass and Bioenergy 25(2): 119-133.

IEA, 2003 - **Energy to 2050**. Scenarios for a sustainable future. ISBN 92-64-01904-9. IEA Publications. Paris, France: 219 p.

IEA, 2005 - **International Energy Statistics**. Key World Energy Statistics. 79 p. International Energy Agency. Paris, France. Disponibile al sito: [www.iea.org/dbtw-wpd/Textbase/nppdf/free/2005/key2005.pdf](#) (citato il 10 Ottobre 2005).

IPCC, 2001 - **Climate Change 2000 Synthesis Report**. Third Assessment Report. Cambridge University Press.

ISTAT, 1992 - **IV Censimento Generale dell'Agricoltura 1990**. ISTAT, Roma.

ISTAT, 2002 - **V Censimento Generale dell'Agricoltura 2000**. ISTAT, Roma.

ISTAT, 2005 - **Indagine sulla Struttura e sulla Produzione delle Aziende Agricole - 2003**. ISTAT, Roma.

MAF - MINISTERO DELL'AGRICOLTURA E DELLE FORESTE, 1988 - **Inventario Forestale Nazionale 1985**. Istituto Sperimentale per l'Assessment forestale e per l'Alpicoltura. 2 volumi. Rome.

MALIK R.K., GREEN T.H., BROWN G.F., MAYS D., 2000 - **Use of cover crops in short rotation hardwood plantations to control erosion**. Biomass & Bioenergy 18: 479-487.

MATTHEWS R.W., 2001 - **Modelling energy e carbon budgets of wood fuel coppice systems**. Biomass e Bioenergy 21: 1-19.

MCLAUGHLIN S.B. e WALSH M.E., 1998 - **Evaluating environmental consequences of producing herbaceous crops for bioenergy**. Biomass e Bioenergy 14: 317-324.

PICCINI C. (ref.), 2006 - **Biosfera**. Annuario dei dati ambientali 2006. Apat.

PIUSSI P., 1994 - **Selvicoltura generale**. UTET.

SCHLAMADINGER B. e MARLAND G., 2001 - **The role of bio-energy and related land use in global net CO₂ emissions**. In: Woody biomass as energy source. Challenges in Europe. P. Pelkonen, P. Hakkila, T. Karjalainen, B. Shlamadinger (eds.). European Forest Institute Proceedings 39/2001: 21-27.

SCHLAMADINGER B., FAAIJ A. e DAUGHERTY E., 2004 - **Should we trade biomass, electricity, renewable certificates, or CO₂ credits?** In: Proceedings of the 2nd World Conference and Technology Exhibition on Biomass for Energy, Industry and Climate Protection.

SMEETS E., FAAIJ A., LEWANDOWSKI I., 2004 - **A quickscan of global bio-energy potentials to 2050. An analysis of the regional availability of biomass resources for export in relation to the underlying factors**. Report NWS-E-2004-109 ISBN 90-393-3909-0. March 2004: 121 p.

TOLBERT V.R., THORNTON F.C., JOXLIN J.D., BOCK B.R., BEARANAYAKE W., HOUSTON A.E., TYLER

D.D., MAYES D.A., GREEN T.H., PETTRY D.E., 2000 - **Increasing below-ground carbon sequestration with conversion of agricultural lands to production of bio-energy crops**. New Zealand Journal of Forestry Science 30: 138-149.

TUSKAN G.A., WALSH M.E., 2001 - **Short-rotation woody crop systems, atmospheric carbon dioxide and carbon management: A U.S. case study**. The Forestry Chronicle 77: 259-264.

UNFCCC, 1992 - **United Nations Convention on Climate Change**. Disponibile sul sito [www.unfccc.int/resource/conv](#) (citato il 30 Ottobre 2006).

VERANI S., PIGNATTI G., SPERANDIO G., CIVITARESE V., 2006 - **Impiego di nuovi cloni di pioppo in cedui a breve rotazione**. EM-Linea Ecologica 38 (1): 45-47.

WAGGONER P.E., 1994 - **How Much Land Can Ten Billion People Spare for Nature? Council for Agricultural Science and technology**. Task force report n. 121, James, IA, USA.

WEC, 1994 - **New Renewable Energy Sources. A guide to the future**. London, U.K., World Energy Council. Kogan Page Limited.

WINJUM J.K., BROWN S. e SCHLAMADINGER B., 1998 - **Forest Harvests and Wood Products: Sources and Sinks of Atmospheric Carbon Dioxide**. Forest Science 44: 272-284.

INFO . ARTICOLO

Autori: Lorenzo Ciccicarese, Responsabile del Settore Uso Sostenibile delle Risorse Naturali APAT.

E-mail lorenzo.ciccicarese@apat.it

Giuseppe Cascio, Settore Uso Sostenibile delle Risorse Naturali APAT. E-mail giuseppe.cascio@apat.it

Carmela Cascone, Settore Uso Sostenibile delle Risorse Naturali APAT. E-mail carmela.cascone@apat.it

Parole Chiave: Pianificazione, legno ed energia, biomassa, impatto ambientale.

Abstract: Biomass from forest and biomass from plantation. Quantity available for energy production and environmental effect in Italy

The purpose of this paper is to assess how much environmentally-compatible biomass from Italy's forest resources could technically be available for energy production.