

RUDI DRIGO (*) - GHERARDO CHIRICI (*) - BRUNO LASSERRE (*)
MARCO MARCHETTI (*)

ANALISI SU BASE GEOGRAFICA DELLA DOMANDA E DELL'OFFERTA DI COMBUSTIBILI LEGNOSI IN ITALIA ⁽¹⁾

Il ruolo attuale dell'energia derivante da biomasse e in particolare da quelle legnose (dendroenergia) nel soddisfacimento della domanda complessiva di energia è un tema entrato nel dibattito politico ed economico internazionale. Il presente contributo illustra una sperimentazione condotta con l'intento di produrre una prima visione d'insieme, geograficamente dettagliata, del consumo e della produttività sostenibile di combustibili legnosi in Italia al fine di favorire una valutazione più coerente delle potenziali risorse nazionali e di definire quindi aree e priorità d'intervento. Lo studio si basa sulla metodologia Woodfuel Integrated Supply/Demand Overview Mapping (WISDOM) che ha lo scopo di analizzare un determinato territorio geografico quantificandone (i) il consumo e (ii) la produzione di combustibili legnosi. L'analisi è basata sulle informazioni attualmente disponibili in modo omogeneo sul territorio nazionale: le statistiche dell'ENEA per i consumi domestici nazionali di combustibili legnosi, le statistiche dell'ISTAT per il grado di urbanizzazione e l'altimetria, la cartografia Corine Land Cover di IV Livello rilevata al 2000 per l'uso del suolo, l'Inventario Forestale Nazionale Italiano del 1985 per la stima della produttività forestale e diverse mappe (rete stradale, centri urbani, modello digitale del terreno) per le limitazioni di accessibilità. La mappatura sperimentale del bilancio annuo tra la produttività potenziale e il consumo domestico di legna a fini energetici è stata realizzata per tre diversi scenari. Il contributo illustra la metodologia adottata e analizza i risultati ottenuti.

Parole chiave: biomassa; energia; potenzialità; sostenibilità.
Key words: biomass; energy; potentiality; sustainability.

INTRODUZIONE

Il ruolo attuale dell'energia derivante dalle biomasse e in particolare della dendroenergia nel soddisfacimento della domanda complessiva di energia è un tema entrato nel dibattito politico ed economico internaziona-

(*) Laboratorio di Ecologia e Geomatica Forestale, Università degli Studi del Molise, contrada Fonte Lappone, 86090 Pesche (IS), Italia.

¹ Lavoro svolto nell'ambito del progetto MIUR PRIN 2005 BIO_FOR_ENERGY «Modelli innovativi di gestione forestale per la produzione di biomasse per energia» (Coordinatore nazionale: O. Ciancio).

le investendo questioni ambientali e sociali, oltre che economiche. Le politiche energetiche tendono a stimolare l'impiego di risorse rinnovabili decentrate e con impatti ambientali non negativi (AA.VV., 1997a; 1997b). Le biomasse legnose rispondono a tali requisiti. La localizzazione di queste risorse in aree rurali svantaggiate comporta infatti uno stretto legame tra la valorizzazione delle biomasse legnose e le politiche di sviluppo delle aree marginali.

Già a metà degli anni '70, in concomitanza con la prima crisi energetica, molti Paesi sviluppati iniziarono attività volte alla valorizzazione delle biomasse quale fonte energetica alternativa ai combustibili fossili, avviando attività promozionali e finanziando investimenti in ricerca e sviluppo (AA.VV., 1997a; 1997b).

Gli indirizzi di politica ambientale ed energetica hanno aperto interessanti prospettive di sviluppo per tutte le fonti energetiche rinnovabili e per le biomasse ligno-cellulosiche in particolare (TROSSERO, 2000). L'Italia è infatti impegnata: (i) nei processi internazionali volti alla mitigazione dell'impatto delle politiche industriali sull'ambiente (si ricordino, tra gli altri, gli accordi internazionali sullo sviluppo sostenibile, le Convenzioni sui Cambiamenti Climatici, per la Biodiversità, per la Lotta contro la Desertificazione) e (ii) nel tentativo di ridurre la sua dipendenza energetica dall'estero (il nostro Paese è, tra quelli più industrializzati, quello con il minor tasso di auto-provvigionamento energetico).

In Italia, nonostante il raggiungimento di qualche risultato lusinghiero e incoraggiante a 25 anni di distanza dalla crisi energetica, la bioenergia (sia essa di natura agricola o forestale) stenta comunque ad affermarsi a scala industriale. Nonostante una considerevole serie di affermazioni programmatiche, qualche (limitato) investimento pubblico in attività di ricerca e un'adeguata politica tariffaria e fiscale, gran parte delle esperienze volte a favorire l'uso della legna a fini energetici sono ancora frammentate sperimentazioni locali. A questo parziale insuccesso ha senz'altro contribuito la riduzione dei prezzi dei combustibili convenzionali verificatasi negli anni '80 e '90.

Anche il settore economico e politico forestale ha in genere ritenuto la legna da ardere, una delle principali tipologie di biomasse ad uso energetico, un prodotto obsoleto, a domanda inelastica rispetto al reddito, destinato quindi ad essere emarginato dal mercato dalla diffusione di altre forme rinnovabili d'energia. In realtà lo sviluppo della domanda di legna da ardere avrebbe potuto costituire uno stimolo efficace alla realizzazione di interventi di miglioramento colturale in molti boschi degradati, contribuendo, a esempio, alla riduzione dei costi di avviamento dei cedui all'altofusto e sostenendo l'economia in aree montane (CIANCIO e NOCENTINI, 2004).

Nel nostro Paese sono disponibili numerosi studi e ricerche nel settore

delle bioenergie forestali, in genere sono però finalizzati a contesti territoriali limitati. Manca cioè un quadro d'insieme sulla distribuzione geografica della domanda e dell'offerta di combustibili legnosi, la disponibilità di una tale informazione permetterebbe di favorire una valutazione più coerente delle potenziali risorse nazionali e di definire quindi aree e priorità d'intervento.

Nell'ambito di tale contesto lo scopo di questo studio è quello di produrre una prima visione d'insieme, geograficamente dettagliata, del consumo domestico e della produttività sostenibile di combustibili legnosi in Italia. Lo studio è basato sulle informazioni attualmente disponibili in modo omogeneo sul territorio nazionale elaborate tramite la metodologia WISDOM.

MATERIALI E METODI

La metodologia WISDOM

La metodologia *Woodfuel Integrated Supply/Demand Overview Mapping* (WISDOM) ha lo scopo di analizzare un determinato territorio geografico quantificandone: (i) il consumo e (ii) la produzione di combustibili legnosi. Il territorio in esame viene quindi caratterizzato sulla base dell'analisi in ambiente GIS (*Geographic Information System*) delle due informazioni producendo una stima localizzata su base geografica del bilancio netto tra domanda e offerta.

Lo sviluppo della metodologia WISDOM è il frutto della collaborazione tra il Programma *Wood Energy* dell'Organizzazione delle Nazioni Unite per l'Agricoltura e l'Alimentazione (FAO) e l'Istituto di Ecologia dell'Università Nazionale del Messico (UNAM) (FAO, 2003; MASERA *et al.*, 2006).

I sistemi di consumo e produzione di combustibili legnosi e gli effetti sociali, economici e ambientali associati hanno forte specificità geografica. Generalizzazioni basate su statistiche aggregate hanno spesso portato a conclusioni ingannevoli e a pianificazioni inadeguate ed inefficaci (FAO 2002; FAO 2005b). Una corretta stima delle implicazioni sulla produzione di combustibili legnosi e sull'uso sostenibile delle fonti di approvvigionamento di biomassa legnosa richiede una visione olistica e una buona conoscenza della distribuzione geografica della domanda e dell'offerta. È per questo necessario condurre analisi geograficamente discrete di combustibili legnosi che possano articolare l'eterogeneità locale nel contesto regionale e/o nazionale. Nella valutazione delle informazioni disponibili sulla domanda e sull'offerta di combustibili legnosi la FAO ha riscontrato una carenza generalizzata di studi a livello nazionale sia nei Paesi in via di sviluppo che in quelli industrializzati (FAO, 2005a). L'Italia non sembra fuggire a questa logica presentando a livello nazionale informazioni per lo più approssimati-

ve e generalizzate del settore a fronte di una frammentaria disponibilità di studi locali.

Il settore dendroenergetico soffre di una cronica mancanza di considerazione e di riconoscimento a livello politico che ne ostacolano la diffusione a livello industriale. Tale condizione si deve in parte al carattere di complessità e multidisciplinarietà della dendroenergia che, comprendendo aspetti relativi ai settori energetici, forestali, agricoli e dello sviluppo rurale in genere, provocano una frammentazione di competenze istituzionali e in parte a una limitata e poco consistente conoscenza delle risorse. La conoscenza dei consumi e delle produzioni sono infatti spesso realizzate in modo non coordinato da soggetti diversi e con procedure non armonizzate. Mentre il consumo di combustibili legnosi nel settore residenziale sono stimati in molti paesi su base censoria o campionaria, la stima della produzione deriva generalmente dall'aggregazione di statistiche forestali derivanti da documenti amministrativi che spesso non considerano le quote di autoconsumo, le provenienze non forestali e quel vasto settore «informale» che caratterizza la produzione e la distribuzione della legna da ardere.

Al fine di migliorare la conoscenza del settore dendroenergetico e per meglio supportare l'attività dei responsabili della pianificazione territoriale, sono necessari strumenti di pianificazione che armonizzino ed integrino i dati sui consumi e sulla produzione di biomasse ad uso energetico.

WISDOM nasce appunto con queste finalità. Essa si basa su:

- a) l'uso e/o lo sviluppo di database georeferenziati di dati socio-demografici delle risorse del territorio integrati in un contesto GIS;
- b) l'adozione di unità minime di analisi a livello di unità amministrative di dettaglio e a livello raster indipendenti dalla struttura amministrativa territoriale;
- c) una struttura di analisi modulare, aperta e adattabile capace di integrare informazioni rilevanti per la dendroenergia da fonti multiple;
- d) la disponibilità, la più completa possibile, di fonti informative inerenti l'uso di biomassa legnosa a fini energetici.

Nella sua attuale implementazione sul territorio nazionale, il metodo si è sviluppato in cinque fasi:

- 1) definizione della base cartografica di analisi e acquisizione degli strati informativi necessari;
- 2) sviluppo del modulo sulla domanda di combustibili legnosi;
- 3) sviluppo del modulo sull'offerta (attuale e potenziale sostenibile) di combustibili legnosi;
- 4) integrazione dei dati sulla domanda e sull'offerta per la produzione di bilanci georeferenziati;
- 5) definizione delle aree prioritarie d'intervento e/o di investigazione.

WISDOM è già stato utilizzato a livello nazionale per supportare lo sviluppo del settore dendroenergetico in Messico (FAO 2005b), Slovenia (FAO 2006a) e Senegal (FAO 2004b), dove ha dimostrato la sua adattabilità a dati di riferimento e priorità specifiche molto diversi. A livello regionale WISDOM è stato utilizzato per i paesi dell'Africa centro-orientale (FAO 2006b) e del Sudest Asiatico (FAO, in corso di stampa), dove tra l'altro ha contribuito alla mappatura della povertà con un elemento tematico nuovo relativo all'energia di sussistenza permettendo di identificare aree e popolazioni afflitte al contempo da povertà e da scarsità di combustibili legnosi.

DATI UTILIZZATI

L'unità amministrativa di riferimento selezionata per l'analisi e per la struttura del geodatabase è il Comune. Lo strato informativo dei limiti amministrativi comunali utilizzato in questo studio fa riferimento alla struttura territoriale con 103 Province, valida fino al 2006, e 8095 Comuni per la quale esiste un'ampia gamma di parametri censiti e stimati. Per alcune variabili è stato invece necessario utilizzare un approccio raster basato su una griglia con celle (*pixel*) di 300 x 300 m. A tale risoluzione la superficie nazionale è coperta da 3.356.451 *pixel*.

STIMA DELLA DOMANDA DI COMBUSTIBILI LEGNOSI

Nel presente studio la domanda di combustibili legnosi è riferita al solo uso domestico.

La fonte statistica ufficiale, l'ISTAT, pubblica nel contesto delle Statistiche Forestali dati relativi ai prelievi di legna ad usi energetici che talvolta vengono erroneamente equiparati a valori di consumo. È infatti probabile che tali statistiche sottostimino i consumi reali in quanto limitate alle produzioni forestali rilevate attraverso le dichiarazioni di taglio fornite al Corpo Forestale dello Stato (CORONA *et al.*, 2007). Queste statistiche escludono il contributo delle coltivazioni arboree e degli alberi fuori foresta e sono in genere scarsamente attendibili per la stima dell'autoapprovvigionamento (GERARDI *et al.*, 1998; TOMASSETTI, 2000; GERARDI e PERELLA, 2001).

Dati più consistenti sui consumi nel settore residenziale sono stati prodotti per conto dell'ENEA nel 1997 e nel 1999 sulla base di indagini campionarie basate su circa 6000 interviste telefoniche per anno d'indagine (GERARDI *et al.*, 1998; GERARDI e PERELLA, 2001); in questo caso si tratta di biomassa per uso energetico, di cui la legna rappresenta circa il 97% del totale.

Le tre fonti informative stimano consumi nazionali di combustibili legnosi assai diverse: al 1997 i dati ISTAT (1997) riportano circa 4,4 Mm³ (pari a 3,26 Mt considerando una umidità media del 20% e una densità basale media di 600 kgm⁻³); l'ENEA invece riporta 21,6 Mt al 1997 e 14,7 Mt al 1999.

HELLRIGL (2002) riporta che sia lecito supporre che il valore reale dei consumi tra il 1997 e il 1999 possa assestarsi tra i 16 e i 20 Mt all'anno.

In mancanza di dati più certi per la stima dei consumi domestici di combustibili legnosi si è fatto quindi riferimento a tre diversi scenari: (i) una stima massimale desunta da ENEA (1997); (ii) una stima minimale desunta da ENEA (1999); (iii) una stima intermedia desunta dalla media dei precedenti valori.

Al fine di stimare il consumo annuo per famiglia utilizzatrice a livello di Comune si sono calcolati i valori medi regionali di consumo per i tre scenari di cui sopra da GERARDI e PERELLA (2001) per zone altimetriche e per diversi gradi di urbanizzazione. Per ogni Comune è stato quindi derivato il grado di urbanizzazione e la zona altimetrica dall'Atlante Statistico dei Comuni dell'ISTAT al 2003 (ISTAT, 2006). Per ognuno degli 8095 comuni d'Italia in base alla Regione di appartenenza, al grado di urbanizzazione e alla zona altimetrica è stata quindi stimata la frazione di famiglie utilizzatrici di combustibili legnosi e il consumo medio annuo per famiglia.

Sulla base del numero di famiglie residenti al 2003 per ogni Comune, per zone altimetriche e per grado di urbanizzazione è stato derivato il consumo complessivo per i tre scenari considerati (Figura 1).

Per quanto riguarda i consumi diversi da quelli domestici l'ENEA (2006) stima per l'anno 2003 un valore di consumo di combustibili legnosi per la produzione di energia (calore e/o elettricità) nell'industria pari a 4,5 Mt evidenziandone un trend in crescita con un tasso annuale di circa il 10%. Non essendo disponibili statistiche più dettagliate nel presente studio i consumi diversi da quelli domestici non sono stati presi in considerazione.

STIMA DELL'OFFERTA DI COMBUSTIBILI LEGNOSI

La stima dell'offerta di combustibili legnosi per ciascuno degli 8095 Comuni considerati deriva dalla somma della produttività potenziale di combustibili legnosi per categorie di copertura del suolo pesata sulla base del grado di accessibilità del territorio in analisi.

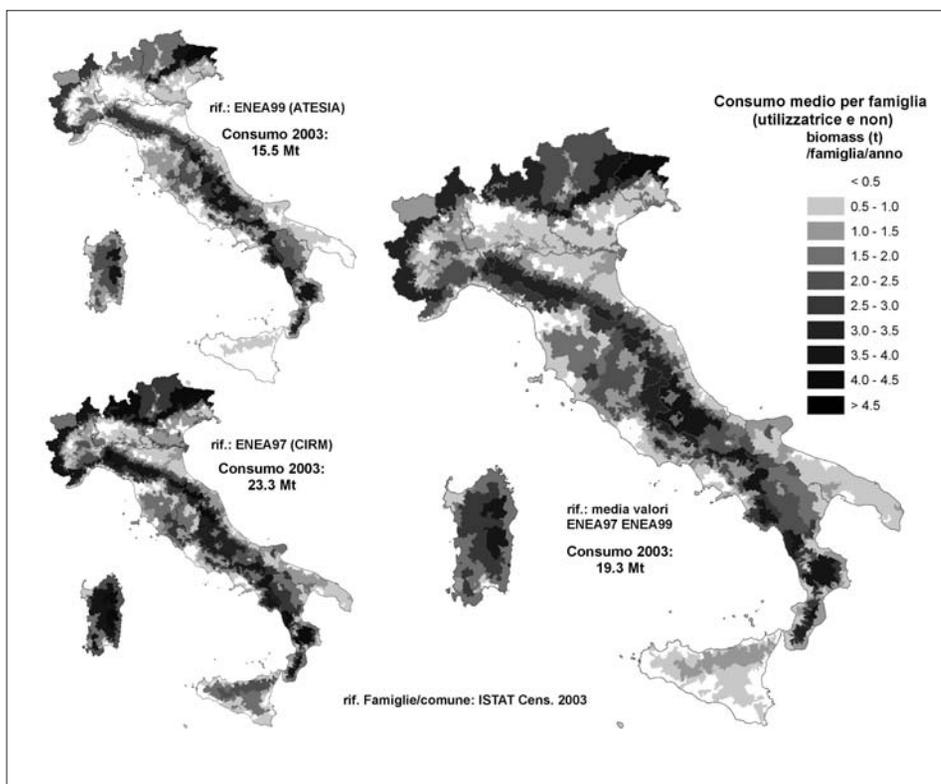


Figura 1 – Consumo domestico annuo medio di biomassa legnosa a fini energetici per famiglia (utilizzatrice e non) nei comuni italiani. Valori minimi, medi e massimi stimati per comune. Le mappe si differenziano per la fonte di dati utilizzata che è riportata accanto ad ognuna di esse.

STIMA DELLA PRODUTTIVITÀ POTENZIALE AL LORDO DELLE LIMITAZIONI

In attesa della pubblicazione dei risultati di terza fase dell'Inventario Nazionale delle Foreste e dei serbatoi di Carbonio (INFC), l'informazione di riferimento per le classi di copertura del territorio è stata derivata dalla cartografia *Corine Land Cover* di IV Livello rilevata al 2000 (CLC2000) che rappresenta il riferimento cartografico nazionale più dettagliato e recente (APAT, 2005).

Per ogni poligono di bosco della copertura CLC2000 è stata stimata la produttività di biomassa legnosa per usi energetici sulla base dei valori di volume e di incremento legnoso per tipi forestali, gruppi di specie e per Regioni prodotti dall'Inventario Forestale Nazionale Italiano del 1985 (IFNI 85) e dalle tavole alsometriche dei cedui di CIANCIO e NOCENTINI (2004).

Per le fustaie e gli alberi d'alto fusto presenti nei cedui (misti o matricinati, prevalentemente) si è preso in considerazione solamente il volume dei rami e del cimale, stimati come frazione del volume dendrometrico totale, con una gamma di valori compresi tra il 15 ed il 35% (APAT, 2003).

Per i cedui la produttività è stata stimata sulla base della componente a polloni dei soprassuoli, considerandola ad uso prevalentemente energetico con l'eccezione di una frazione dei cedui di castagno finalizzata alla produzione di paleria (tentativamente stimata pari al 50% del volume dei polloni). La produttività della componente a polloni, al netto delle matricine e degli alberi d'alto fusto, è stata stimata in funzione dei volumi medi nazionali per specie e gruppi di specie e per tipi inventariali (semplici, a sterzo, matricinati, composti) e dei volumi totali regionali (IFNI 85). Le matricine e gli alberi d'alto fusto presenti nei cedui non sono stati considerati nel calcolo della produttività a fini energetici per la permanenza della matricinatura e/o per l'utilizzo ad altri fini dei relativi assortimenti ritraibili.

Per la stima della produttività fuori foresta si sono utilizzati valori di riferimento associabili alle classi della cartografia CLC2000 per le colture agrarie a potenziale legnoso (arboree e non), per la pioppicoltura (APAT, 2003) e per le aree a prato e le zone residenziali discontinue (FAO, 2006a). Per molte altre classi la stima è da considerarsi assolutamente preliminare e puramente indicativa vista l'assenza di valori di riferimento associabili alle classi CORINE.

In considerazione della gamma e/o della scarsità dei valori di riferimento, e anche a testimonianza dell'approssimatività delle stime possibili, si sono voluti riportare valori minimi, medi e massimi di produttività potenziale per tutte le classi CORINE. Per le fustaie, il fattore determinante della gamma di valori è dato dalla frazione del volume dendrometrico totale rappresentato da rami e cimale, variabile tra il 15 e il 35% (APAT, 2003). Per i cedui il fattore determinante è dato dalla lunghezza del turno, stimato tra i 20 e i 25 anni. Per le altre classi si è fatto riferimento alla gamma di valori citati in letteratura (APAT, 2003) o a studi condotti all'estero su contesti analoghi (FAO, 2006a). Per le classi a minor produttività e totalmente prive di valori di riferimento si sono utilizzate stime puramente indicative.

I valori utilizzati per le diverse classi forestali di uso/copertura del suolo CLC2000, differenziati per Regioni sulla base dei dati IFNI85 sono riportati in Tabella 2, per le altre classi di copertura del suolo in Tabella 1.

Da notare che nel presente studio non sono state prese in considerazione alcune fonti potenzialmente importanti dell'offerta di combustibili legnosi: (i) le importazioni, nonostante l'Italia sia il più grande importatore europeo di legna da ardere e scarti da legno (3 Mm³ secondo ENEA (2006)

Tabella 1 – Stima della produttività potenziale su base nazionale (valori minimi, medi e massimi) di biomassa legnosa a fini energetici per classe di uso/copertura del suolo *Corine Land Cover* IV livello.

Clc_IV codice	Clc_IV nome	MINIMO t/ha/anno	MEDIO t/ha/anno	MASSIMO t/ha/anno
3121	Boschi di pini mediterranei e cipressete	1,07	1,78	2,49
3122	Boschi di pini montani e oromediterranei	1,20	2,00	2,80
3123	Boschi di abete bianco e/o abete rosso	1,40	2,33	3,26
3124	Boschi di larice e/o pino cembro	0,86	1,43	2,00
3125	Boschi/piantagioni di conifere non native	2,04	3,40	4,76
31311	Boschi misti (prev. leccio e/o sughera)		Vedi valori regionali	
31312	Boschi misti (prev. querce caducifoglie)		Vedi valori regionali	
31313	Boschi misti (prev. latifoglie mesofile e mesotermofile)		Vedi valori regionali	
31314	Boschi misti (prev. castagno)		Vedi valori regionali	
31315	Boschi misti (prev. faggio)		Vedi valori regionali	
31316	Boschi misti (prev. specie igrofile)		Vedi valori regionali	
31317	Boschi misti (prev. Spp. esotiche)		Vedi valori regionali	
31321	Boschi misti (prev. pini mediterranei)	1,13	1,88	2,63
31322	Boschi misti (prev. pini montani e oromediterranei)	1,19	1,99	2,78
31323	Boschi misti (prev. abete bianco e/o abete rosso)	1,29	2,15	3,01
31324	Boschi misti (prev. larice e/o pino cembro)	1,02	1,70	2,38
31325	Boschi misti (prev. conifere non native)	1,61	2,69	3,76
3111	Boschi di leccio e/o sughera		Vedi valori regionali	
3112	Boschi di querce caducifoglie		Vedi valori regionali	
3113	Boschi di latifoglie mesofile e mesotermofile		Vedi valori regionali	
3114	Boschi di castagno		Vedi valori regionali	

(Segue)

Segue Tabella 1

Clc_IV codice	Clc_IV nome	MINIMO t/ha/anno	MEDIO t/ha/anno	MASSIMO t/ha/anno
3115	Boschi di faggio		Vedi valori regionali	
3116	Boschi di specie igrofile		Vedi valori regionali	
3117	Boschi/piantagioni di latifoglie non native		Vedi valori regionali	
324	Veg. boschiva/arbustiva in evoluzione		Vedi valori regionali	
222	Frutteti e frutti minori	3,00	4,00	5,04
223	Oliveti	2,00	3,00	4,00
2241	Pioppicoltura	4,00	5,20	6,40
2242	Latifoglie pregiate (quali ciliegio e noce)	1,32	2,20	3,08
2243	Eucalliteti	1,32	2,20	3,08
2245	Impianti misti di latifoglie e conifere	1,32	2,20	3,08
244	Aree agroforestali		Vedi valori regionali	
243	Colture agrarie con spazi naturali		Vedi valori regionali	
141	Aree verdi urbane		Vedi valori regionali	
241	Colture temporanee e permanenti		Vedi valori regionali	
242	Sistemi culturali complessi		Vedi valori regionali	
221	Vigneti	2,93	4,40	5,87
142	Aree ricreative e sportive	0,38	0,50	0,63
322	Brughiere e cespuglieti	0,38	0,50	0,63
3211	Praterie continue	0,15	0,20	0,25
3212	Praterie discontinue	0,30	0,40	0,50
231	Prati stabili (foraggiere permanenti)	0,38	0,50	0,63

(Segue)

Segue Tabella 1

Clc_IV codice	Clc_IV nome	MINIMO t/ha/anno	MEDIO t/ha/anno	MASSIMO t/ha/anno
3231	Macchia alta	0,00	0,00	0,00
3232	Macchia bassa e garighe	0,00	0,00	0,00
112	Residenziale discontinuo	0,23	0,30	0,38
333	Aree con vegetazione rada	0,15	0,20	0,25
122	Reti stradali, ferrovie, infrastrutture	0,00	0,00	0,00
212	Seminativi in aree irrigue	0,04	0,05	0,06
213	Risaie	0,00	0,00	0,00
2111	Colture intensive	0,04	0,05	0,06
2112	Colture estensive	0,08	0,10	0,13
411	Paludi interne	0,08	0,10	0,13
412	Torbieri	0,08	0,10	0,13
111	Residenziale continuo	0,08	0,10	0,13
121	Industriali	0,08	0,10	0,13
131	Aree estrattive	0,15	0,20	0,25
132	Discariche	0,15	0,20	0,25
133	Cantieri	0,15	0,20	0,25

Tabella 2 – Stima della produttività potenziale su base nazionale (valori minimi, medi e massimi) di biomassa legnosa a fini energetici per classe di uso/copertura del suolo *Corine Land Cover IV* livello. Si veda la Tabella 1 per la descrizione dei codici CORINE.

	31311	31312	31313	31314	31315	31316	31317	3111	3112	3113	3114	3115	3116	3117	324	244	243	141	241	242
Piemonte	2,4	1,9	2,5	1,8	3,3	2,5	2,6	2,7	2,1	2,8	2,0	3,8	2,8	2,8	1,4	0,9	0,5	0,9	0,5	0,5
	2,8	2,3	3,0	2,3	3,9	3,0	3,3	3,0	2,4	3,3	2,4	4,4	3,3	3,3	1,6	1,0	0,5	1,0	0,5	0,5
	3,2	2,8	3,5	2,8	4,5	3,5	3,9	3,3	2,8	3,7	2,8	5,0	3,7	3,7	1,8	1,2	0,6	1,2	0,6	0,6
Valle D'Aosta	1,9	1,6	2,1	1,6	2,5	2,1	2,3	2,1	1,6	2,3	1,8	2,8	2,3	2,3	1,1	0,7	0,4	0,7	0,4	0,4
	2,3	2,0	2,7	2,2	3,2	2,7	3,0	2,5	2,1	2,9	2,3	3,5	2,9	2,9	1,4	0,9	0,5	0,9	0,5	0,5
	2,7	2,5	3,4	2,8	3,8	3,4	3,8	2,8	2,5	3,5	2,8	4,1	3,5	3,5	1,6	1,1	0,5	1,1	0,5	0,5
Lombardia	2,5	2,0	2,6	1,8	3,4	2,6	2,8	2,9	2,2	3,0	2,0	4,0	3,0	3,0	1,4	1,0	0,5	1,0	0,5	0,5
	2,8	2,4	3,1	2,2	4,0	3,1	3,4	3,1	2,5	3,4	2,3	4,5	3,4	3,4	1,6	1,1	0,5	1,1	0,5	0,5
	3,2	2,8	3,6	2,6	4,6	3,6	4,0	3,4	2,8	3,8	2,6	5,1	3,8	3,8	1,8	1,2	0,6	1,2	0,6	0,6
Trentino Alto Adige	2,4	1,9	2,5	1,8	3,4	2,5	2,7	2,7	2,1	2,8	2,0	4,0	2,8	2,8	1,4	0,9	0,5	0,9	0,5	0,5
	2,7	2,3	3,0	2,3	4,0	3,0	3,3	2,9	2,4	3,2	2,3	4,6	3,2	3,2	1,6	1,0	0,5	1,0	0,5	0,5
	3,1	2,7	3,5	2,7	4,7	3,5	3,9	3,2	2,7	3,7	2,6	5,1	3,7	3,7	1,8	1,2	0,6	1,2	0,6	0,6
Veneto	2,5	2,0	2,5	1,9	3,4	2,5	2,7	2,8	2,1	2,9	2,0	4,0	2,9	2,9	1,4	0,9	0,5	0,9	0,5	0,5
	2,8	2,4	3,0	2,3	4,0	3,0	3,3	3,1	2,5	3,3	2,3	4,6	3,3	3,3	1,6	1,1	0,5	1,1	0,5	0,5
	3,2	2,8	3,5	2,7	4,7	3,5	3,9	3,3	2,8	3,7	2,7	5,1	3,7	3,7	1,8	1,2	0,6	1,2	0,6	0,6
Friuli Venezia Giulia	2,1	1,7	2,2	1,7	2,9	2,2	2,4	2,4	1,9	2,5	1,9	3,3	2,5	2,5	1,2	0,8	0,4	0,8	0,4	0,4
	2,5	2,2	2,8	2,3	3,5	2,8	3,1	2,7	2,2	3,1	2,3	3,9	3,1	3,1	1,5	1,0	0,5	1,0	0,5	0,5
	2,9	2,7	3,4	2,8	4,2	3,4	3,8	3,0	2,6	3,6	2,8	4,6	3,6	3,6	1,7	1,1	0,6	1,1	0,6	0,6
Liguria	2,6	2,0	2,6	1,9	3,4	2,6	2,8	2,9	2,2	3,0	2,0	4,0	3,0	3,0	1,4	1,0	0,5	1,0	0,5	0,5
	2,9	2,4	3,1	2,3	4,0	3,1	3,4	3,2	2,5	3,4	2,3	4,5	3,4	3,4	1,6	1,1	0,5	1,1	0,5	0,5
	3,2	2,8	3,6	2,7	4,6	3,6	4,0	3,4	2,8	3,8	2,6	5,1	3,8	3,8	1,8	1,2	0,6	1,2	0,6	0,6
Emilia Romagna	2,6	2,0	2,6	1,9	3,4	2,6	2,8	3,0	2,2	3,0	2,1	4,0	3,0	3,0	1,4	1,0	0,5	1,0	0,5	0,5
	3,0	2,4	3,1	2,3	4,0	3,1	3,4	3,3	2,5	3,4	2,4	4,5	3,4	3,4	1,6	1,1	0,5	1,1	0,5	0,5
	3,3	2,8	3,6	2,7	4,6	3,6	4,0	3,5	2,8	3,8	2,6	5,0	3,8	3,8	1,8	1,2	0,6	1,2	0,6	0,6
Toscana	2,5	2,0	2,6	1,8	3,5	2,6	2,8	2,8	2,2	3,0	2,0	4,0	3,0	3,0	1,4	1,0	0,5	1,0	0,5	0,5
	2,8	2,4	3,1	2,2	4,0	3,1	3,4	3,1	2,5	3,4	2,3	4,6	3,4	3,4	1,6	1,1	0,5	1,1	0,5	0,5
	3,1	2,8	3,6	2,6	4,6	3,6	4,0	3,3	2,7	3,8	2,6	5,1	3,8	3,8	1,8	1,2	0,6	1,2	0,6	0,6
Umbria	2,1	1,8	2,7	1,7	3,2	2,7	2,8	2,4	1,9	3,0	1,8	3,7	3,0	3,0	1,4	0,9	0,5	0,9	0,5	0,5
	2,4	2,1	3,1	2,0	3,7	3,1	3,4	2,5	2,2	3,4	2,1	4,2	3,4	3,4	1,5	1,0	0,5	1,0	0,5	0,5
	2,6	2,5	3,6	2,4	4,3	3,6	4,0	2,6	2,4	3,9	2,3	4,7	3,9	3,9	1,7	1,1	0,6	1,1	0,6	0,6

(Segue)

Segue Tabella 2

	31311	31312	31313	31314	31315	31316	31317	3111	3112	3113	3114	3115	3116	3117	324	244	243	141	241	242
Marche	2,9	2,2	2,7	2,0	3,8	2,7	2,9	3,4	2,5	3,1	2,2	4,5	3,1	3,1	1,6	1,0	0,5	1,0	0,5	0,5
	3,3	2,6	3,2	2,4	4,4	3,2	3,5	3,7	2,8	3,5	2,5	5,1	3,5	3,5	1,8	1,2	0,6	1,2	0,6	0,6
	3,7	3,0	3,7	2,8	5,1	3,7	4,1	4,1	3,1	3,1	2,9	5,6	3,9	3,9	2,0	1,3	0,7	1,3	0,7	0,7
Lazio	2,5	1,9	2,5	1,9	3,3	2,5	2,7	2,8	2,1	2,8	2,0	3,8	2,8	2,8	1,4	0,9	0,5	0,9	0,5	0,5
	2,8	2,4	3,0	2,3	3,9	3,0	3,3	3,1	2,5	3,3	2,4	4,4	3,3	3,3	1,6	1,1	0,5	1,1	0,5	0,5
	3,2	2,8	3,5	2,8	4,6	3,5	3,9	3,4	2,8	3,7	2,8	5,0	3,7	3,7	1,8	1,2	0,6	1,2	0,6	0,6
Abruzzo	1,9	1,6	2,1	1,7	2,7	2,1	2,3	2,1	1,7	2,3	1,8	3,0	2,3	2,3	1,1	0,7	0,4	0,7	0,4	0,4
	2,3	2,1	2,7	2,3	3,4	2,7	3,0	2,5	2,1	2,9	2,3	3,7	2,9	2,9	1,4	0,9	0,5	0,9	0,5	0,5
	2,8	2,6	3,4	2,9	4,1	3,4	3,8	2,8	2,5	3,5	2,9	4,4	3,5	3,5	1,7	1,1	0,6	1,1	0,6	0,6
Molise	2,4	1,9	2,5	1,9	3,3	2,5	2,6	2,8	2,1	2,8	2,0	3,8	2,8	2,8	1,4	0,9	0,5	0,9	0,5	0,5
	2,8	2,4	3,0	2,3	3,9	3,0	3,3	3,1	2,5	3,3	2,4	4,4	3,3	3,3	1,6	1,1	0,5	1,1	0,5	0,5
	3,2	2,8	3,5	2,8	4,6	3,5	3,9	3,4	2,8	3,7	2,8	5,0	3,7	3,7	1,8	1,2	0,6	1,2	0,6	0,6
Campania	2,4	1,9	2,4	1,8	3,1	2,4	2,5	2,7	2,0	2,7	2,0	3,6	2,7	2,7	1,3	0,9	0,4	0,9	0,4	0,4
	2,8	2,3	2,9	2,3	3,8	2,9	3,2	3,0	2,4	3,2	2,4	4,3	3,2	3,2	1,5	1,0	0,5	1,0	0,5	0,5
	3,2	2,8	3,5	2,8	4,5	3,5	3,9	3,4	2,8	3,7	2,8	4,9	3,7	3,7	1,8	1,2	0,6	1,2	0,6	0,6
Puglia	2,0	1,7	2,2	1,7	2,9	2,2	2,4	2,3	1,8	2,5	1,8	3,3	2,5	2,5	1,2	0,8	0,4	0,8	0,4	0,4
	2,4	2,1	2,8	2,2	3,5	2,8	3,1	2,6	2,2	3,0	2,3	3,9	3,0	3,0	1,4	1,0	0,5	1,0	0,5	0,5
	2,8	2,6	3,4	2,8	4,2	3,4	3,8	2,9	2,5	3,6	2,8	4,6	3,6	3,6	1,7	1,1	0,6	1,1	0,6	0,6
Basilicata	1,7	1,5	1,9	1,6	2,4	1,9	2,1	1,8	1,5	2,1	1,7	2,7	2,1	2,1	1,0	0,7	0,3	0,7	0,3	0,3
	2,1	2,0	2,6	2,3	3,1	2,6	2,9	2,2	2,0	2,8	2,3	3,4	2,8	2,8	1,3	0,9	0,4	0,9	0,4	0,4
	2,6	2,5	3,3	2,9	3,8	3,3	3,7	2,6	2,5	3,4	3,0	4,1	3,4	3,4	1,6	1,1	0,5	1,1	0,5	0,5
Calabria	1,8	1,6	2,1	1,7	2,6	2,1	2,2	2,0	1,7	2,3	1,8	2,9	2,3	2,3	1,1	0,7	0,4	0,7	0,4	0,4
	2,3	2,1	2,7	2,3	3,3	2,7	3,0	2,4	2,1	2,9	2,3	3,6	2,9	2,9	1,4	0,9	0,5	0,9	0,5	0,5
	2,7	2,6	3,4	2,9	4,0	3,4	3,8	2,8	2,5	3,5	2,9	4,3	3,5	3,5	1,6	1,1	0,5	1,1	0,5	0,5
Sicilia	1,7	1,5	2,0	1,6	2,4	2,0	2,1	1,9	1,6	2,2	1,7	2,7	2,2	2,2	1,0	0,7	0,3	0,7	0,3	0,3
	2,1	2,0	2,6	2,2	3,2	2,6	2,9	2,2	2,0	2,8	2,3	3,4	2,8	2,8	1,3	0,9	0,4	0,9	0,4	0,4
	2,6	2,5	3,3	2,9	3,9	3,3	3,7	2,6	2,5	3,5	2,9	4,2	3,5	3,5	1,6	1,1	0,5	1,1	0,5	0,5
Sardegna	2,4	1,9	2,4	1,8	3,2	2,4	2,6	2,7	2,1	2,7	2,0	3,8	2,7	2,7	1,3	0,9	0,4	0,9	0,4	0,4
	2,8	2,3	3,0	2,3	3,9	3,0	3,3	3,0	2,4	3,2	2,4	4,4	3,2	3,2	1,6	1,0	0,5	1,0	0,5	0,5
	3,2	2,8	3,5	2,8	4,6	3,5	3,9	3,3	2,8	3,7	2,8	5,0	3,7	3,7	1,8	1,2	0,6	1,2	0,6	0,6
Italia	2,3	1,9	2,4	1,8	3,2	2,4	2,6	2,6	2,0	2,8	2,0	3,7	2,8	2,8	1,3	0,9	0,4	0,9	0,4	0,4
	2,7	2,3	3,0	2,3	3,8	3,0	3,3	2,9	2,4	3,2	2,3	4,3	3,2	3,2	1,5	1,0	0,5	1,0	0,5	0,5
	3,1	2,7	3,5	2,7	4,5	3,5	3,9	3,2	2,7	3,7	2,7	4,9	3,7	3,7	1,8	1,2	0,6	1,2	0,6	0,6

per l'anno 2003), in quanto lo studio è strettamente focalizzato sulla valutazione del bilancio interno; (ii) gli scarti dell'industria del legno e dei prodotti legnosi a fine vita per la mancanza di dati disponibili.

STIMA DELLE LIMITAZIONI

Le limitazioni alla produttività potenziale sono considerate dipendenti da fattori fisici limitanti l'accessibilità. La stima dell'accessibilità è stata realizzata attraverso un algoritmo di *cost distance* (EASTMAN, 1989) sulla base della distanza dalla viabilità, della distanza dai principali centri abitati e della pendenza del terreno (CHIRICI *et al.*, 2003).

Le strade derivano da un database geografico vettoriale contenente complessivamente 168.499 km di viabilità su diversi livelli, i centri urbani derivano da un database vettoriale contenente un numero complessivo di 59.700 unità, le pendenze derivano da un Modello Digitale del Terreno originariamente con passo di 75 m. L'algoritmo di *cost distance* utilizzato calcola, per ogni cella (pixel) di 300 m di lato, la distanza dal più vicino centro abitato o dal più vicino tratto di viabilità pesate sul valore della tangente della mappa della pendenza. I valori ottenuti sono stati quindi normalizzati nell'intervallo 0 – 1 dividendo per il valore massimo individuato a livello nazionale.

Da notare che l'accessibilità in tal modo calcolata risulta essere un modello adatto solo per applicazioni di modesto dettaglio geografico su ampie aree d'indagine. La viabilità considerata nel modello è relativa alle sole vie asfaltate ed è quindi solo una parte della rete viabile principale (HIPPOLITI e PIEGAI, 2000) utile a fini forestali. Il modello sviluppato si basa sull'ipotesi che la densità della rete viabile considerata sia proporzionale alla densità complessiva della rete viabile utile.

STIMA DELLA PRODUTTIVITÀ POTENZIALE AL NETTO DELLE LIMITAZIONI

Il dato vettoriale avente la geometria della cartografia CLC2000 con i valori di produttività potenziale al lordo delle limitazioni è stata rasterizzata sulla base della matrice raster di riferimento prescelta con risoluzione di 300 m.

A livello raster la produttività potenziale lorda è stata moltiplicata per la mappa delle limitazioni. Il risultato di questo processo è una mappa raster contenente la stima della produttività potenziale netta (Figura 2). Questa a sua volta è stata mediata e associata al database geografico vettoriale di riferimento dei limiti amministrativi Comunali.

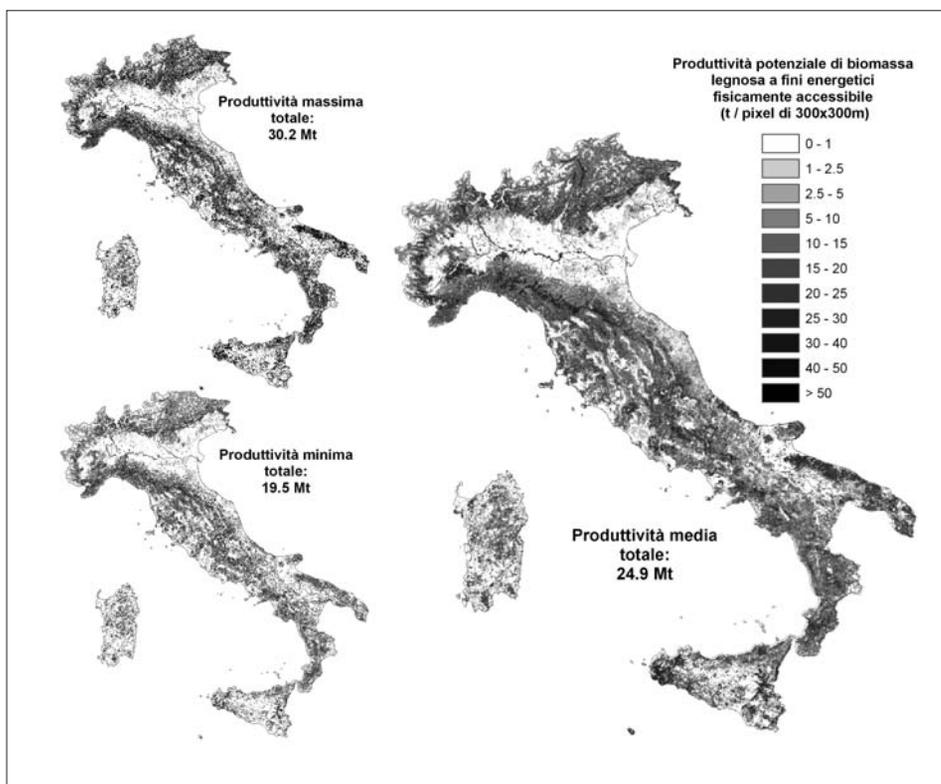


Figura 2 – Produttività annuale potenziale sostenibile e accessibile di biomassa legnosa per usi energetici. Valori minimi, medi e massimi per celle di 300x300 m.

RISULTATI E DISCUSSIONI

La stima della domanda di combustibili legnosi derivante dal consumo domestico a livello nazionale per il 2003 risulta compresa tra un minimo di 15,5 Mt e un massimo di 23,3 Mt con un valore medio di 19,3 Mt.

I dati aggregati a livello Regionale (Tabella 3) evidenziano un'estrema variabilità dei consumi compresi fra valori minimi di 0,06 Mt e massimi di 3,25 Mt. Tali variazioni sono imputabili a diversi fattori, quali ad esempio: la dimensione regionale, la disponibilità di altre fonti energetiche come il metano, la densità abitativa gli usi e le tradizioni locali.

Dall'analisi dei dati i maggiori consumi risultano concentrati prevalentemente nelle aree alpine e prealpine, lungo la dorsale appenninica fino ai monti della Calabria e nelle zone montuose della Sardegna con valori in genere superiori a 3,5 t famiglia⁻¹ anno⁻¹ (Figura 1).

Tabella 3 – Valori minimi, medi, massimi per Regione e per l'Italia del consumo annuo domestico di biomassa legnosa a fini energetici, della produttività annua potenziale sostenibile e accessibile di biomassa legnosa per usi energetici, e del bilancio annuo tra la produttività potenziale ed il consumo domestico. In neretto i valori con bilancio negativo.

	Consumi (10 ³ t)			Produttività (10 ³ t)			Bilancio (10 ³ t)		
	min.	med.	mass.	min.	med.	mass.	min.	med.	mass.
Abruzzo	784	731	678	787	1018	1249	155	337	519
Basilicata	367	367	377	527	696	866	179	358	528
Calabria	1058	1134	1179	1255	1708	2163	92	590	1119
Campania	1574	1767	1935	1060	1306	1554	-858	-446	-7
Emilia Romagna	1068	1274	1448	1253	1457	1661	-192	185	595
Friuli Venezia Giulia	522	569	618	507	670	833	-111	101	311
Lazio	1180	1472	1777	1274	1571	1868	-477	121	706
Liguria	281	499	747	661	779	897	-85	281	616
Lombardia	1198	2120	3246	1210	1511	1812	-2020	-598	621
Marche	469	616	780	610	705	800	-169	90	332
Molise	197	197	192	288	347	405	96	150	209
Piemonte	1403	1729	1976	1771	2199	2627	-204	471	1224
Puglia	608	847	1125	1232	1765	2298	269	1040	1778
Sardegna	788	967	1165	1018	1235	1452	-141	272	668
Sicilia	404	776	1251	1516	2132	2752	279	1366	2355
Toscana	1033	1222	1412	904	1301	1698	695	1305	1914
Trentino Alto Adige	456	597	757	2106	2526	2946	149	705	1243
Umbria	603	550	495	613	720	827	118	170	224
Valle D'Aosta	57	57	104	110	158	206	6	100	149
Veneto	1493	1768	2066	845	1085	1325	-1220	-682	-167
<i>Italia</i>	15543	19259	23326	19546	24888	30240	-3439	5916	14937

La stima dell'offerta potenziale di biomassa legnosa (produttività) a fini energetici, fisicamente accessibile, oscilla tra un minimo di 19,5 Mt e un massimo di 30,2 Mt con un valore medio di 24,9 Mt. Di questa l'82% è derivante dalle produzioni forestali.

I valori aggregati a livello Regionale (Tabella 3) sono compresi tra un minimo di 0,11 Mt e un massimo di 2,9 Mt. In questo caso l'estrema variabilità della produttività potenziale è principalmente imputabile alla dimensione regionale e alla relativa percentuale di superficie coperta da biomassa disponibile a fini energetici nonché ai fattori che ne limitano l'uso.

La Figura 2 mostra la distribuzione spaziale della produttività potenziale sul territorio nazionale. Emerge un'ampia area quale la pianura Padana caratterizzata, nonostante l'assenza di limitazioni all'uso, da bassi valori determinati principalmente dalla presenza di superfici a seminativi attualmente non capaci di produzioni a fini energetici.

Combinando i valori della produttività potenziale e dei consumi domestici a livello comunale si sono prodotte le prime mappe di bilancio domanda/offerta. Tre diversi scenari sono stati prodotti, con l'obiettivo di evidenziare il livello di incertezza presente nei dati disponibili: un bilancio minimo, dato dalla produttività minima e il consumo massimo; un bilancio massimo, dato dalla produttività massima e i consumi minimi e un bilancio medio, dato dalla produttività media e dai consumi medi (Figura 3).

Totalizzati per zone altimetriche e di urbanizzazione, i bilanci comunali permettono una prima caratterizzazione del bilancio domanda/offerta in Italia. La Tabella 3 riporta i valori regionali e nazionali per i tre scenari considerati. Da essa si evince che in condizioni medie di consumo e produttività in Italia si registra un'eccedenza di quasi 6 milioni di tonnellate localizzate prevalentemente nelle regioni montane e collinari interne a bassa urbanizzazione. I totali dati dagli scenari minimi e massimi sono molto diversi, il primo con un deficit di 3,4 Mt ed il secondo con un'eccedenza di quasi 15 Mt.

Dai totali regionali nello scenario medio risulta che tutte le Regioni sono potenzialmente autosufficienti con l'eccezione del Veneto, della Lombardia e della Campania che presentano un bilancio negativo, rispettivamente, di 0,7; 0,6 e 0,45 Mt.

CONCLUSIONI

La metodologia testata a scala nazionale non intende sostituirsi a studi e indagini di dettaglio sulla domanda e offerta di combustibili legnosi finalizzati alla gestione operativa del settore su scala locale ma permette di supportare un livello di pianificazione di tipo strategico finalizzata all'orienta-

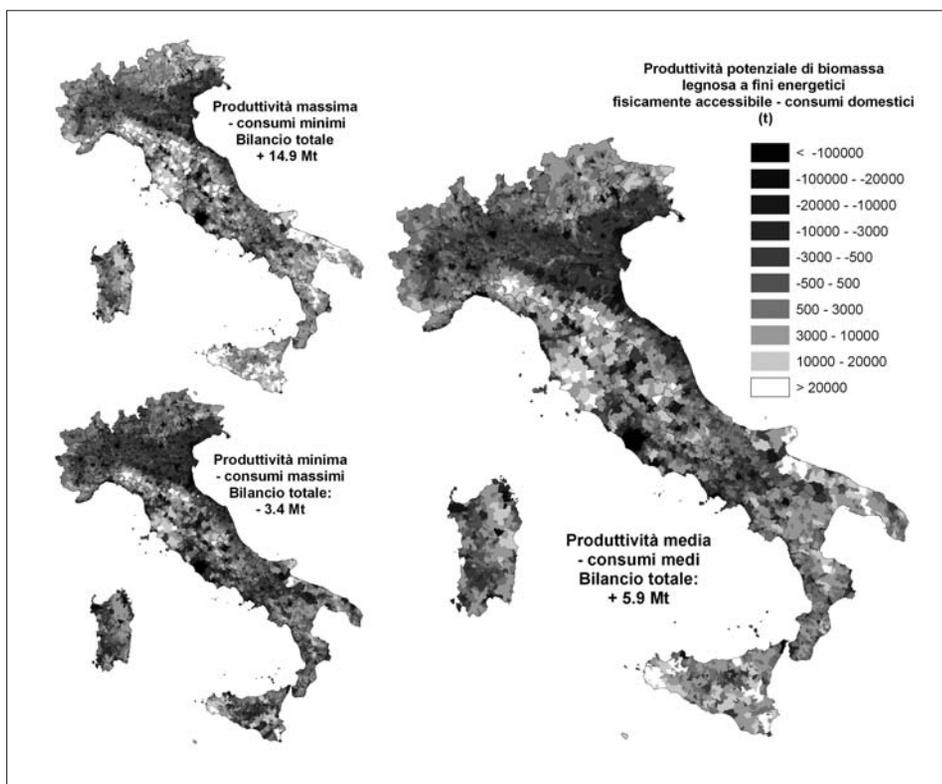


Figura 3 – Bilancio annuo tra la produttività potenziale accessibile ed il consumo domestico di legna a fini energetici. Valori minimi, medi e massimi stimati per Comune.

mento e alla formulazione di politiche di settore. Più che a valori assoluti e quantitativi, WISDOM dà origine a valutazioni relative e qualitative utili alla classificazione del territorio in aree con caratteristiche omogenee e all'identificazione di aree geografiche d'intervento prioritario.

Questo studio rappresenta un primo passo conoscitivo e, come tale, è soggetto a possibili futuri miglioramenti. Per quanto riguarda la qualità e la completezza dei dati di riferimento i dati del nuovo inventario forestale (INFC) dovrebbero permettere più accurate stime della produttività che potrebbero essere integrate anche con i prodotti derivanti dall'industria del legno (si veda per esempio lo sviluppo del comparto del pellet).

Per quanto riguarda le limitazioni in futuro potrebbero essere prese in considerazione gli effetti delle diverse tipologie di aree protette presenti in Italia. In esse le restrizioni d'uso sono definite individualmente nei piani di gestione di ogni area designata, vaste aree di territorio appartengono inoltre a diverse categorie di aree protette il cui effetto complessivo sulla libertà di

accesso alle risorse è spesso difficile da definire anche a livello locale. Al momento non esiste, a conoscenza degli Autori, un dato sinottico statistico o tanto meno spaziale sulle restrizioni d'uso inerenti la produzione di biomasse legnose a fini energetici nelle aree protette d'Italia. È peraltro probabile che nelle aree protette la funzione produttiva dei soprassuoli forestali, non necessariamente in conflitto con quella protettiva, passi in secondo piano a favore di criteri di gestione finalizzati al mantenimento dell'equilibrio dell'ecosistema tramite interventi più discreti e mirati alle specificità locali secondo i criteri guida della selvicoltura sistemica (CIANCIO *et al.*, 2002).

Si spera la valutazione integrata su base geografica dei consumi e della produttività oggetto del presente studio possa favorire il riconoscimento al settore delle biomasse legnose di una maggiore importanza nel contesto energetico nazionale, promuovendo un opportuno riconoscimento politico dell'importanza delle risorse forestali nei bilanci energetici nazionali. Nella convinzione che una valutazione oggettiva del ruolo svolto dai boschi sia pre-requisito essenziale alla salvaguardia di tali sistemi, proprio per evitare che tale risorsa possa essere considerata marginale e quindi privata di adeguati strumenti di gestione necessari a salvaguardarne l'integrità da un potenziale sfruttamento incontrollato.

RINGRAZIAMENTI

Il lavoro è stato svolto dagli Autori in parti uguali nell'ambito del progetto PRIN «Modelli innovativi di gestione forestale per la produzione di biomasse» sull'esperienza pilota condotta in Regione Molise, coordinatore UR dell'Università del Molise: Prof. M. Marchetti, coordinatore nazionale Prof. O. Ciancio.

Si ringrazia il Dr. Nicola Puletti, del geoLAB dell'Università di Firenze, per l'assistenza nella realizzazione di alcuni degli strati informativi utilizzati in questo studio e i colleghi dell'Università del Molise Dr. Vittorio Garfi, Dr. Paolo Di Martino e Prof. Roberto Tognetti per il supporto nell'impostazione della ricerca. Si ringrazia infine il revisore anonimo per i suggerimenti proposti.

SUMMARY

Geographical analysis of demand and supply of woody fuel in Italy

Energy from biomasses and, in particular, from woody biomasses, is part of the international political and economical debate. In order to allow a more consistent assessment of national potential resources, an analysis has been performed to provide

an overall prospect of the use and of the sustainable productivity of woody fuel in Italy. The study is based on the *Integrated Supply/Demand Overview Mapping* (WISDOM) methodology which aim to analyse a geographical region quantifying the use and the production of woody fuel. Available homogeneous data over Italy were used: ENEA statistics for the national uses of woody fuel, ISTAT statistics for urbanisation level and elevation zone, *Corine Land Cover* 2000 map (CLC2000) for land use, the first Italian National Forest Inventory (IFNI 85) and volume tables for productivity estimates and other maps (road network, urban areas, digital terrain model) for accessibility limitations. A first map of the annual balance between accessible potential productivity and domestic uses of woody fuel for energy is presented and hereby discussed.

BIBLIOGRAFIA

- AA.VV., 1997a – *Libro Bianco per una strategia e un piano d'azione della comunità*. Commissione Europea «Energia per il futuro: le fonti energetiche rinnovabili».
- AA.VV., 1997b – *Progetto U.E. Saving optimizing renewable traditional energy*. ARSIA - Regione Toscana.
- APAT, 2003 – *Le biomasse legnose. Un'indagine delle potenzialità del settore forestale italiano nell'offerta di fonti di energia*. Rapporti APAT 30/2003. 99 p. ISBN 88-448-0097-7.
- APAT, 2005 – *La realizzazione in Italia del progetto Corine Land Cover 2000*. APAT, Rapporti 36/2005, 86 p.
- APAT, sito web. www.apat.gov.it/site/it-IT/Temi/Suolo_e_Territorio/Usò_del_suolo_e_cambiamenti/
- ARNOLD M., KÖHLIN G., PERSSON R., SHEPHERD G., 2003 – *Fuelwood Revisited. What Has Changed in the Last Decade?* Center for International Forestry Research (CIFOR), Bogor Barat, Indonesia. Occasional Paper, No. 39.
- CHIRICI G., MARCHI E., ROSSI V., SCOTTI R., 2003 – *Analisi e valorizzazione della viabilità forestale tramite G.I.S.: la foresta di Badia Prataglia (AR)*. *L'Italia Forestale e Montana*, 6: 460-481.
- CIANCIO O., CORONA P., MARCHETTI M., NOCENTINI S., 2002 – *Linee guida per la gestione sostenibile delle risorse forestali e pastorali nei Parchi Nazionali*. Accademia Italiana di Scienze Forestali, Firenze.
- CIANCIO O., NOCENTINI S., 2002 – *Il bosco ceduo in Italia*. Accademia Italiana di Scienze Forestali, Firenze.
- CIANCIO O., NOCENTINI S., 2004 – *Il bosco ceduo. Selvicoltura, assestamento, gestione*. Accademia Italiana di Scienze Forestali, Firenze.
- CORONA P., GIULIARELLI D., LAMONACA A., MATTIOLI W., TONTI D., CHIRICI G., MARCHETTI M., 2007 – *Confronto sperimentale tra superfici a ceduo tagliate a raso osservate mediante immagini satellitari ad alta risoluzione e tagliate riscontrate amministrativamente*. *Forest@ 4* (3): 324-332.
- EASTMAN J.R., 1989 – *Pushbroom algorithms for calculating distances in raster grids*. *Proceedings, AUTOCARTO 9*, 288-297.
- FAO, 1997a – *Patrones de Consumo de Leña en Tres Micro-regiones de Mexico*.

- Sintesis de Resultados*. Prepared by Masera O, Navia J, Arias T, Riegelhaupt E. Proyecto FAO/MEX/TCP/4553(A). Patzcuaro, Mexico, GIRA AC.
- FAO, 1997b – *Estimating biomass and biomass change of tropical forests: a primer*. Prepared by S. Brown. A Forest Resources Assessment publication. FAO Forestry Paper, No. 134.
- FAO, 1998a – *The Long-range Energy Alternatives Planning model (LEAP) and Wood Energy Planning. Overview and Exercises*. Prepared by Joost Siteur for RWEDP. FAO Doc. No. AD549/E. 28 p. See: www.fao.org/documents/pub_dett.asp?lang=es&pub_id=154650
- FAO, 2001b – *Consumo y flujos de combustibles forestales en los sectores residencial, pequeño industrial y alimenticio estatal de la Provincia de Guantánamo, Cuba*. Informe de Consultoría por Núñez *et al.* Proyecto «La dendroenergía, una alternativa para el desarrollo energético sostenible en Cuba. FAO/CUB/TCP/8925(A). Guantánamo. 57 p.
- FAO, 2002 – *A guide for woodfuel surveys*. Prepared by T. A. Chalico and E. M. Riegelhaupt. EC-FAO Partnership Programme (2000-2002) Sustainable Forest Management Programme. See: <http://www.fao.org/docrep/005/Y3779E/Y3779E00.HTM>
- FAO, 2003a. *Woodfuels Integrated Supply/Demand Overview Mapping – WISDOM*. Prepared by O.R. Masera, R. Drigo and M.A. Trossero. See: <http://www.fao.org/DOCREP/005/Y4719E/Y4719E00.HTM>
- FAO, 2003b – *Socio-economic analysis of bioenergy systems: a focus on employment*. Internal publication, prepared by Remedio and Domac, December 2003.
- FAO, 2004a – *Unified Bioenergy Terminology*. See: <http://www.fao.org/docrep/007/j4504E/j4504e00.HTM>
- FAO, 2004b – *WISDOM Senegal – Analysis of woodfuel production/consumption patterns in Senegal*. Draft prepared by R. Drigo for the FAO Wood Energy Programme
- FAO, 2005a – *i-WESTAT – Interactive Wood Energy Statistics*. Update 2004. Prepared by R. Drigo and M.A. Trossero. See: <http://www.fao.org/docrep/009/j6448e/j6448e00.HTM>
- FAO, 2005b – *Fuelwood «hot spots» in Mexico: a case study using WISDOM – Woodfuel Integrated Supply-Demand Overview Mapping*. Prepared by R. O. Masera, G. Guerrero, A. Ghilardi, A. Velasquez, J.F. Mas, M. Ordonez, R. Drigo and M. Trossero. FAO Wood Energy Programme and Universidad Nacional Autonoma de Mexico (UNAM). See: <http://www.fao.org/docrep/008/af092e/af092e00.HTM>
- FAO, 2006a – *Woodfuel Integrated Supply / Demand Overview Mapping (WISDOM) - Slovenia - Spatial woodfuel production and consumption analysis*. Prepared by R. Drigo and Ž. Veselič. FAO Forestry Department – Wood Energy Working Paper. See: <http://www.fao.org/docrep/009/j8027e/j8027e00.HTM>
- FAO, 2006b – *WISDOM – East Africa. Woodfuel Integrated Supply/Demand Overview Mapping (WISDOM) Methodology. Spatial woodfuel production and consumption analysis of selected African countries*. Prepared by R. Drigo for the

- FAO Forestry Department - Wood Energy. See: <http://www.fao.org/docrep/009/j8227e/j8227e00.HTM>
- FAO, in corso di stampa (a) – *Wood-energy supply/demand scenarios in the context of poverty mapping. A WISDOM case study in Southeast Asia for the years 2000 and 2015*. Prepared by Rudi Drigo for FAO Environment and Natural Resources Service (SDRN) and Forest Product Service (FOPP). Environment and Natural Resources Working Paper No. 27. FAO, Rome.
- FAO, in corso di stampa (b) – *Urban «Woodshed». Wood energy and urbanization in developing countries: an analysis of urban/rural interaction using the WISDOM approach*. Prepared by R. Drigo e F. Salbitano for the FAO Forestry Department – Wood Energy / Urban Forestry.
- GERARDI V., PERELLA G., 2001 – *I consumi energetici di biomassa nel settore residenziale in Italia nel 1999*. ENEA, Roma.
- GERARDI V., PERELLA G., MASIA F., 1998 – *Il consumo di biomassa a fini energetici nel settore domestico*. ENEA, Roma.
- HELLRIGL B., 2002 – *L'uso energetico del legno nelle abitazioni in Italia*. Sherwood n. 75.
- HIPPOLITI G., PIEGAI F., 2000 – *Tecniche e sistemi di lavoro. La raccolta del legno*. Compagnia delle Foreste, Arezzo.
- IEA BIOENERGY, 2005 – *Task 29. Socio-economic drivers in implementing bioenergy projects*. Technology Report «Bioenergy and Job Generation» Prepared by J. Domac and V. Segon.
- IFNI, sito web – *Documenti relativi all'Inventario nazionale delle foreste e dei serbatoi di carbonio*. <http://www.ifni.it/>
- ISAFSA, 1988 – *Inventario Forestale Nazionale Italiano 1985 (IFNI 85)*. Istituto sperimentale per l'Assestamento forestale e per l'Alpicoltura.
- ISTAT, 2006 – *Atlante Statistico dei Comuni*. Versione 1.0 del 19/07/2006. Progetto interdipartimentale «Informazione statistica territoriale e settoriale per le politiche strutturali 2001-2008». http://www.istat.it/dati/catalogo/20061102_00/
- MASERA O., GHILARDI A., DRIGO R., TROSSERO M.A. 2006 – *WISDOM: a GIS-based supply demand mapping tool for woodfuel management*. Biomass and Bioenergy, 30 (2006): 618- 637. Elsevier Ltd.
- SEI, 2000 – *LEAP - Long range Energy Alternatives Planning System*. Stockholm Environment Institute-Boston and Tellus Institute. Web: <http://www.seib.org/leap>
- TOMASSETTI G., 2000 – *Consumi di legna nelle famiglie italiane*. Sherwood n. 59.
- TROSSERO M., 2000 – *The current wood energy use in Europe*. Lavoro presentato alla Conferenza «woody biomass as an energy source challenges in Europe». EFI, University of Joensuu, Ita Bionergy, Cost E21, Silva Network. 25-28 Settembre 2000. Jaensum, Finlandia.
- ZAKIA M., VERSLYPE C., RIEGELHAUPT E., PAREYN F., BEZERRA F., MALLANTS J., 1992 – *Guía para levantamento do consumo e fluxo de produtos florestais*. PNUD-FAO-IBAMA. Fortaleza, 77 p.