



Ente per le Nuove tecnologie,
l'Energia e l'Ambiente

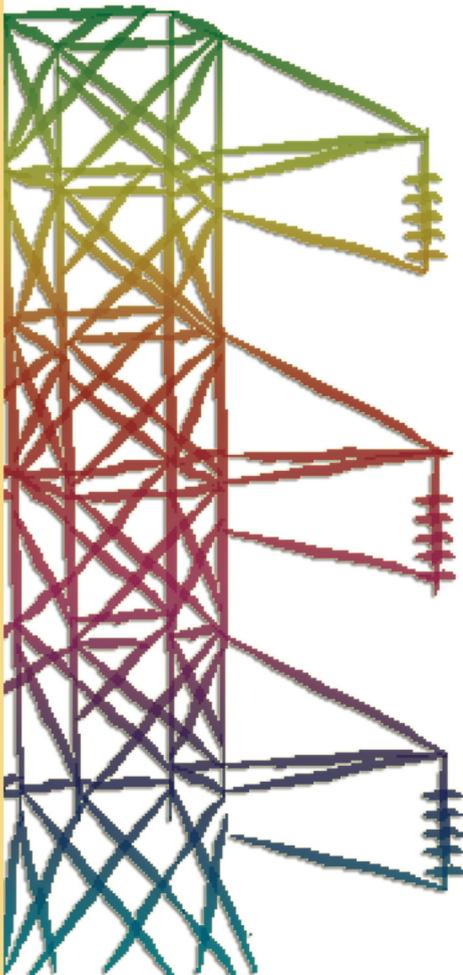


Ministero dello Sviluppo Economico

RICERCA SISTEMA ELETTRICO

Indici di produttività boschiva, rilievo indici di relazione tra produzioni forestali e biomassa residuale associata, analisi del mercato della biomassa forestale in Italia

A. Barbati, P. Corona, M.V. Chiriaco, L. Portoghesi





Ente per le Nuove tecnologie,
l'Energia e l'Ambiente



Ministero dello Sviluppo Economico

RICERCA SISTEMA ELETTRICO

Indici di produttività boschiva, rilievo indici di relazione tra produzioni forestali e biomassa residuale associata, analisi del mercato della biomassa forestale in Italia

A. Barbati, P. Corona, M. V. Chiriaco, L. Portoghesi



INDICI DI PRODUTTIVITÀ BOSCHIVA, RILIEVO INDICI DI RELAZIONE TRA PRODUZIONI FORESTALI E BIOMASSA RESIDUALE ASSOCIATA, ANALISI DEL MERCATO DELLA BIOMASSA FORESTALE IN ITALIA

A. Barbati, P. Corona, M. V. Chiriaco, L. Portoghesi (Università della Tuscia)

Aprile 2009

Report Ricerca Sistema Elettrico

Accordo di Programma Ministero dello Sviluppo Economico - ENEA

Area: Produzione e fonti energetiche

Tema: Censimento del potenziale energetico nazionale delle biomasse e implementazione di una piattaforma software interattiva, operante in modalità GIS, da utilizzare come supporto alle decisioni per la scelta e localizzazione ottimale di impianti di produzione energetica da biomasse

Responsabile Tema: Vincenzo Motola, ENEA

Accordo di Collaborazione tra ENEA e Università della Tuscia

per una attività di ricerca dal titolo:

“indici di produttività boschiva, rilievo indici di relazione tra produzioni forestali e biomassa residuale associata, analisi del mercato della biomassa forestale in Italia”

Report finale delle attività

Anna Barbati, Piermaria Corona, Maria Vincenza Chiriaco, Luigi Portoghesi



1. PREMESSA

L'attività di ricerca s'inquadra nel Tema di ricerca 5.2.5.5. "Censimento del potenziale energetico nazionale delle biomasse" dell'Accordo di Programma stipulato tra il Ministero dello sviluppo economico ed ENEA, concernente l'approvazione del Piano Triennale della Ricerca di Sistema e Piano Operativo Annuale per le attività di Ricerca e Sviluppo di Interesse Generale per il Sistema Elettrico Nazionale.

In questo contesto, l'attività in oggetto affidata da ENEA all'Università della Tuscia è finalizzata a fornire una stima su base provinciale del potenziale di biomassa legnosa prelevabile annualmente nei boschi italiani per finalità energetiche, nonché dati sulla quantità provinciale di biomassa legnosa già prelevata e conferita al mercato. Fine ultimo dell'attività è fornire dati attendibili sulla effettiva disponibilità nelle diverse Province di fonti d'approvvigionamento per impianti di trasformazione della biomassa per la generazione di energia elettrica.

2. SCELTA DEL METODO DI STIMA

Il calcolo della disponibilità di biomasse legnose per le finalità appena esposte, richiede la conoscenza di tre elementi di seguito illustrati.

1. Produttività annua potenziale sostenibile di biomassa legnosa per fini energetici; si tratta cioè di stimare la quota parte di biomassa legnosa annualmente prodotta nel territorio in esame (nella fattispecie, nel comprensorio forestale provinciale) che può essere utilizzata in modo sostenibile, ovvero entro i limiti di naturale rinnovabilità della risorsa; la quantificazione di tale aspetto richiede la conoscenza:

- i) dell'entità della superficie forestale presente nell'unità territoriale esaminata, ripartita per forme di governo (fustaia e ceduo) e specie dominanti;
- ii) dei valori di incremento legnoso attribuibili alle differenti forme di governo e specie dominanti nell'area esaminata.

A partire da questi dati e utilizzando alcune semplici assunzioni è possibile ottenere una stima della **produttività annua potenziale sostenibile** nel territorio esaminato (t/anno di sostanza secca).

2. Produttività annua potenziale sostenibile al netto delle limitazioni di biomassa legnosa per fini energetici; non tutta la produttività annua potenziale sostenibile è effettivamente ritraibile dal bosco e dunque trasformabile in energia; in un'ottica di sostenibilità ambientale delle utilizzazioni forestali è opportuno introdurre restrizioni al prelievo rispetto al potenziale massimo, anche nelle condizioni stazionali più favorevoli alla meccanizzazione delle utilizzazioni forestali; si deve inoltre tener conto delle limitazioni connesse all'accessibilità dei soprassuoli forestali, che condizionano l'ambito di convenienza economica delle utilizzazioni. Pertanto la disponibilità netta a scala territoriale di biomassa legnosa può ridursi anche

sensibilmente rispetto alla produttività potenziale sostenibile, in relazione alla distribuzione spaziale delle superfici forestali.

3. Consumi di biomassa legnosa per uso domestico e industriale. Nell'ottica di una quantificazione a scala territoriale della biomassa legnosa effettivamente disponibile per l'alimentazione di impianti di trasformazione della biomassa è necessario conoscere i quantitativi eventualmente già destinati a impieghi energetici. È importante sottolineare come i dati relativi ai prelievi legnosi per uso energetico della fonte statistica ufficiale (ISTAT) non forniscano un dato attendibile circa i consumi effettivi di biomassa legnosa, per diversi motivi:

- i) sottostimano i consumi reali in quanto si limitano alle utilizzazioni forestali rilevate attraverso le dichiarazioni di taglio fornite al Corpo Forestale dello Stato (CORONA *et al.*, 2007);
- ii) escludono il contributo delle coltivazioni arboree e degli alberi fuori foresta;
- iii) sono in genere scarsamente attendibili per la stima dell'autoapprovvigionamento (GERARDI *et al.*, 1998; TOMASSETTI, 2000; GERARDI e PERELLA, 2001).

Tenuto conto di tali considerazioni, la metodologia applicata nella presente ricerca si differenzia dall'ipotesi di sviluppo energetico da biomasse forestali a cui fa concettualmente riferimento l'allegato tecnico dell'Accordo di Collaborazione (AIGR, 1994); il modello di stima adottato in tale studio impiega come dati di input i dati ISTAT delle statistiche forestali relativi a superficie forestale, superficie forestale utilizzata e quantità di legna utilizzata da lavoro e energia, che per le ragioni sopra esposte non possono essere considerati attendibili.

La metodologia proposta, invece, utilizza dati cartografici e inventariali per produrre una **stima geograficamente dettagliata del bilancio annuo tra produttività potenziale sostenibile a netto delle limitazioni di biomassa legnosa** (di seguito, **produttività potenziale sostenibile netta**) e **il consumo domestico di biomassa legnosa**; la valutazione è basata sulla metodologia *Woodfuel Integrated Supply/Demand Overview Mapping* (WISDOM), elaborata in ambito FAO (FAO, 2003; MASERA *et al.*, 2006) e recentemente applicata in Italia per una stima a carattere preliminare del bilancio della domanda e dell'offerta di combustibili legnosi a scala regionale (DRIGO *et al.*, 2007).

Un aspetto distintivo e qualificante della metodologia WISDOM è la sua flessibilità d'applicazione a diversi livelli di aggregazione territoriale (nazionale, regionale, provinciale, comunale). Pertanto essa si presta come strumento d'analisi territoriale ottimale per la produzione di bilanci domanda/offerta georeferenziati.

3. METODOLOGIA DI STIMA DELL'OFFERTA DI BIOMASSA LEGNOSA A FINI ENERGETICI

La stima della produttività annua potenziale sostenibile netta di biomassa legnosa per usi energetici a scala provinciale deriva dalla somma della produttività potenziale di combustibili legnosi per differenti tipologie fisionomiche di bosco ridotta in funzione di serie di limitazioni connesse a fattori stagionali e d'accessibilità.

Le fisionomie di bosco considerate corrispondono a:

- boschi a prevalenza di latifoglie;
- boschi a prevalenza di conifere;
- impianti di arboricoltura da legno, principalmente rappresentati da impianti di latifoglie.

Di seguito è dettagliato il procedimento seguito per la stima.

3.1 Stima della produttività potenziale annua sostenibile

L'informazione di riferimento per la stima della superficie forestale provinciale è stata derivata dalla cartografia Corine Land Cover di IV Livello rilevata al 2000 (CLC2000); essa rappresenta il riferimento cartografico più dettagliato e recente (APAT, 2005) per la mappatura delle principali tipologie di bosco presenti sul territorio nazionale (superficie minima cartografata 25 ha). I boschi a prevalenza di latifoglie sono cartografati attraverso 14 classi fisionomiche, quelli a prevalenza di conifere attraverso 10 classi fisionomiche e gli impianti di arboricoltura da legno di latifoglie attraverso 3 classi fisionomiche.

La dimensione dell'unità minima cartografabile del CLC2000 non consente una mappatura accurata delle superfici investite ad arboricoltura da legno, impianti di dimensione nell'ordine dell'ettaro, nella maggior parte dei casi. **Non essendo disponibili altri dati cartografici aggiornati a copertura nazionale relativi alle piantagioni fuori foresta, la disponibilità di biomassa legnosa per usi energetici ritraibile da queste superfici forestali risulta inevitabilmente sottostimata.**

In alternativa, per la stima delle superfici forestali provinciali potevano essere utilizzati i dati di terza fase del più recente Inventario Nazionale delle Foreste e dei serbatoi di Carbonio (INFC, 2007); tuttavia il geodataset dei dati inventariali di terza fase non risulta accessibile a utenti esterni, nemmeno per motivati scopi di ricerca.

Pertanto, si è operato come segue:

- 1) ogni poligono di bosco della copertura CLC2000 è stato classificato preliminarmente secondo la forma di governo prevalente (fustaia/ceduo), sulla base della distribuzione geografica dei punti inventariali dall'Inventario Forestale Nazionale Italiano del 1985 (IFNI 85; ISAF, 1988);
- 2) per le **fustaie di conifere o latifoglie** la produttività di biomassa legnosa per usi energetici è stata quantificata sulla base degli scarti delle utilizzazioni forestali (rami e cimale), ovvero quella frazione di biomassa derivante dagli scarti di lavorazione del legname da lavoro prodotto dalla fustaia che può essere impiegata per scopi energetici previa trasformazione in cippato; tale frazione può essere stimata come aliquota del volume dendrometrico totale, e rappresenta in larghissima media il 30-35% del volume dendrometrico totale dei boschi a prevalenza di latifoglie e il 15-20% nei boschi a prevalenza di conifere (APAT, 2003). Tale aliquota è stata applicata all'incremento corrente di volume derivato per le diverse fisionomie forestali mappate dal CLC2000 e con dettaglio regionale in base ai dati INFC (INFC, 2007), corretto per il fattore di espansione BEF (*Biomass Expansion Factor*) per ottenere l'incremento attribuibile al volume dendrometrico totale.

Pertanto a ciascun poligono di bosco della copertura CLC2000 classificato come fustaia, in base alla regione e alla classe fisionomica di appartenenza, è attribuita una **stima della produttività annua potenziale sostenibile espressa attraverso un campo di variazione** così derivato:

Fustaie di conifere

$$\text{Minimo} = Ic_{\text{INFC}} * (1 - 2ES\%) * db * BEF * 0,15$$

$$\text{Massimo} = Ic_{\text{INFC}} * (1 + 2ES\%) * db * BEF * 0,30$$

Fustaie di latifoglie

$$\text{Minimo} = Ic_{\text{INFC}} * (1 - 2ES\%) * db * BEF * 0,30$$

$$\text{Massimo} = Ic_{\text{INFC}} * (1 + 2ES\%) * db * BEF * 0,35$$

dove:

- Ic_{INFC} = incremento corrente INFC per specie/gruppi di specie e per regione amministrativa
- $ES\%$ = errore standard della stima dell'incremento corrente INFC per specie/gruppi di specie a livello nazionale
- db = densità basale per specie/gruppi di specie secondo i valori riportati in APAT (2007)
- BEF = fattore di espansione BEF per specie/gruppi di specie secondo i valori riportati in APAT (2007)

È stato inoltre associato a ciascun poligono anche un valore medio derivato come **mediana del campo di variazione** sopra definito.

- 3) per i **cedui** la stima della produttività potenziale annua sostenibile si basa sulle seguenti assunzioni:
 - i boschi cedui sono utilizzati sulla base del turno fisiocratico T; in corrispondenza di T l'incremento corrente di volume (I_c) è pari all'incremento medio (I_m);

- la superficie totale a bosco ceduo nell'unità territoriale di riferimento (S), in questo caso la provincia, è assestata; quindi, la superficie annualmente utilizzabile è pari $s = S/T$;

- nelle condizioni suddette, ipotizzando di destinare interamente per scopi energetici l'intera provvigione presente nella frazione di superficie annualmente utilizzabile, la **produttività potenziale annua sostenibile dei boschi cedui** riferita alla superficie S può essere stimata come:

$$S/T * I_m * T = I_c * S$$

Anche in questo caso la **stima della produttività annua potenziale è espressa attraverso un campo di variazione** così derivato:

$$\text{Minimo} = I_c \text{ INF}C * (1 - 2ES\%) * db * BEF$$

$$\text{Massimo} = I_c \text{ INF}C * (1 + 2ES\%) * db * BEF$$

L'unica eccezione è rappresentata dai cedui di castagno ove una frazione della provvigione totale è finalizzata alla produzione di paleria, orientativamente stimata pari al 50% del volume totale (CASTELLANI, 1982). Pertanto, il **campo di variazione** relativo alla **stima della produttività annua potenziale** nei cedui di castagno, è così definito:

$$\text{Minimo} = 0,5 * I_c \text{ INF}C * (1 - 2ES\%) * db * BEF$$

$$\text{Massimo} = 0,5 * I_c \text{ INF}C * (1 + 2ES\%) * db * BEF$$

Così come per le fustaie, insieme alla stima del campo di variazione è stata calcolato un valore medio della produttività annua potenziale.

3.2 Stima della produttività potenziale netta

3.2.1 Limitazioni stazionali

La produttività potenziale sostenibile esprime il campo di variazione del potenziale di biomassa legnosa attribuibile ai singoli poligoni di bosco mappati nell'unità territoriale di riferimento; di fatto, limitazioni stazionali comportano una riduzione, più o meno rilevante, della biomassa prelevabile rispetto alla produttività potenziale sostenibile. I più recenti orientamenti in materia a livello Europeo (EEA, 2006) raccomandano, anche nelle condizioni stazionali più favorevoli, di non prelevare dal bosco l'intero potenziale disponibile e di utilizzarne una frazione decrescente all'aumentare delle limitazioni stazionali. Questo approccio cautelativo è dettato dalla necessità di prevenire un impoverimento della fertilità del suolo connesso all'asportazione integrale della biomassa legnosa e degli scarti delle utilizzazioni forestali e, al contempo, di proteggere il suolo da processi di erosione. Ciò, a prescindere dalle condizioni di esboscabilità, che condizionano le possibilità e i limiti di convenienza economica dell'utilizzazione delle superfici forestali.

Questo criterio cautelativo è stato recepito nel modello di stima della produttività potenziale al netto delle limitazioni introducendo un **fattore di riduzione della stima della produttività annua potenziale sostenibile** (Tabella 1) dipendente dalla pendenza e quota delle superfici forestali, derivate da un Modello Digitale del Terreno con passo di 100 m.

Tabella 1. Fattore riduzione della stima della produttività annua potenziale sostenibile connesso alle limitazioni stazionali (Fonte: EEA, 2006).

Fattore di riduzione	0.75	0.50	0.15	0
Pendenza	< 9%	9-18%	18-47%	>47%
Quota	< 1500 m	< 1500 m	< 1500 m	>1500 m

3.2.2 Limitazioni connesse all'accessibilità

Le limitazioni di cui al § 3.2.1, di fatto riducono l'offerta di biomasse destinabili alla produzione di energia a residui di utilizzazioni delle fustaie e legna da ardere prelevabili in boschi ubicati al di sotto di 1500 m di quota e con pendenze inferiori al 47%; entro tale soglia di pendenza la meccanizzazione delle utilizzazioni forestali è sempre tecnicamente possibile, per quanto la sua convenienza diminuisca sensibilmente per pendenze superiori al 35%, acclività che richiede il ricorso a strumenti di esbosco via cavo. Di fatto, studi recentemente condotti indicano che per boschi ubicati a distanze superiori a 2500 m dall'imposto, i costi di taglio e esbosco connessi alle utilizzazioni forestali diventano proibitivi e la funzione produttiva può considerarsi nulla, indipendentemente dalla pendenza delle superfici interessate (CIANCIO *et al.*, 2007). Pertanto la distanza dalla viabilità, intesa come variabile *proxy* della distanza dall'imposto, può essere considerata il fattore che più condiziona la convenienza economica dell'utilizzazione a fini produttivi delle superfici forestali.

Sulla base di tali assunzioni, oltre alle limitazioni di cui al § 3.2.1 è stato applicato **un secondo fattore di riduzione della stima della produttività annua potenziale sostenibile** basato sulla **distanza dalla viabilità**, così come cartografata dalla base dati cartografica d'Italia in scala 1:100.000 dell'Istituto Geografico De Agostini, contenente complessivamente 168.499 km di viabilità su diversi livelli. Operativamente si è proceduto derivando una mappa raster con cella di 100 m della distanza euclidea dal tratto di strada più prossimo nell'intervallo [0, 2500 m], successivamente normalizzata nell'intervallo [1, 0] secondo una funzione lineare.

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

3.2.3 Stima della produttività potenziale al netto delle limitazioni

Il layer vettoriale avente la geometria della cartografia CLC2000 contenente i valori di produttività potenziale annua sostenibile (minima, media e massima) è stata rasterizzata con risoluzione di 100 m.

A livello raster la produttività potenziale lorda è stata moltiplicata per le mappe raster delle limitazioni ottenute secondo le modalità di cui ai paragrafi precedenti. Il risultato di questo processo sono mappe raster contenenti la stima della produttività potenziale netta (minima, media e massima), espressa in t/ha/anno di sostanza secca.

Questi layer raster sono stati quindi incrociati con il database geografico vettoriale dei limiti amministrativi provinciali, per compilare il database allegato alla presente relazione (vd. file Progetto ENEA_Bilancio provinciale.xls, foglio "Prod. annua pot. sost. acc.").

3.2.4 Validazione delle stime sulla produttività

Non esistono dati indipendenti con copertura nazionale utili a corroborare la stima della produttività potenziale al netto delle limitazioni prodotta dal modello applicato. Per ottenere tuttavia un'indicazione di massima circa l'affidabilità dei risultati conseguiti si è operato un confronto con stime sull'offerta di biomasse forestali destinabili alla produzione di energia derivanti da un'esperienza di modellizzazione su base GIS condotta in Toscana (BERNETTI e FAGARAZZI, 2003; Tabella 2). Tale studio si basa sull'impiego di dati dell'Inventario forestale della Regione Toscana per la stima della superficie e della produttività dei soprassuoli forestali e considera biomassa destinabile a scopi energetici la quantità di residui forestali ritraibili dagli scarti delle utilizzazioni forestali delle fustaie e dei boschi cedui. Dunque, a differenza del modello qui applicato, non viene compresa nella produttività potenziale la biomassa combustibile derivabile dai boschi cedui. Anche nel modello di stima applicato in Toscana sono imposte una serie di limitazioni alla produttività sostenibile connesse ai vincoli (pendenza del terreno e distanza del soprassuolo dalle più vicine strade forestali) che condizionano la convenienza economica delle utilizzazioni delle superfici forestali. Pertanto la grandezza "Produzione di residui economicamente sostenibile" riportata nella Tabella 2

rappresenta una stima realistica dei residui forestali ritraibili dai boschi in condizioni di redditività positiva delle utilizzazioni forestali.

Poste tali differenze tra i due modelli, il confronto tra i risultati indica ordini di grandezza simili delle stime; come era prevedibile, il modello qui applicato fornisce valori di produttività mediamente superiori a quelli ottenuti nel modello regionale, attribuibili alla frazione di biomassa ritraibile da un'utilizzazione sostenibile e cautelativa (cf. fattori di riduzione Tabella 1) dei boschi cedui.

Nelle Province di Lucca e, in misura minore, di Massa, il modello qui applicato fornisce addirittura una stima più conservativa della produttività rispetto al modello regionale.

La validazione indica pertanto che il modello di stima qui applicato fornisce a scala provinciale dati sulla disponibilità di biomasse forestali destinabili a scopi energetici congruenti con stime prodotte da modelli regionali, basati sull'impiego di dati inventariali e di modelli geograficamente dettagliati di stima delle limitazioni di maggior dettaglio.

Tabella 1. Confronto tra stime sulla disponibilità di biomasse forestali per scopi energetici nelle Province della Toscana derivanti dal modello applicato e da un modello regionale (per dettagli, vd. testo).

Provincia	Produttività annua sostenibile accessibile (1) Media (t/anno s.s.)	Produttività economicamente sostenibile, modello regionale (2) (t/anno s.s.)	Confronto stime [(2/1)%]
Arezzo	52924	45032	85
Firenze	57541	52309	91
Grosseto	64171	28176	44
Livorno	15215	8449	56
Lucca	27071	36764	136
Massa	24057	25689	107
Pisa	29989	21856	73
Pistoia	22910	21053	92
Prato	6331	4118	65
Siena	64857	48020	74

4. METODOLOGIA DI STIMA DEI CONSUMI DEL CONSUMO DOMESTICO ANNUO DI BIOMASSA LEGNOSA A FINI ENERGETICI

La valutazione della componente domanda di combustibili legnosi all'interno del bilancio provinciale è stata riferita al solo uso domestico, in quanto per il consumo di combustibili legnosi per la produzione di energia (calore e/o elettricità) nell'industria non esistono ancora stime dettagliate a scala provinciale.

Stime consistenti sui consumi di biomassa nel settore residenziale sono state prodotte 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); **si tratta di biomassa per uso energetico, di cui la legna rappresenta circa il 97% del totale.**

Rispetto alle statistiche ISTAT relative ai prelievi di legna ad usi energetici, talvolta erroneamente equiparati a valori di consumo, la stima ENEA dei consumi nazionali di combustibili legnosi risulta essere assai maggiore: 21,6 Mt al 1997 e 14,7 Mt al 1999 contro i 3,26 Mt del dato ISTAT (1997). È 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 e sia dunque molto più vicino alla stima ENEA (HELLRIGL, 2002).

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, restituito su base provinciale (file Progetto ENEA_Bilancio provinciale.xls, foglio "Consumi domestici"), nel quale sono riportati i valori medi dei consumi e l'intervallo di variazione; per confronto, si è ritenuto utile riportare anche le stime più recenti dei prelievi di legna ad usi energetici derivanti dalle statistiche ISTAT e riferite al periodo 2000-2005. I volumi utilizzati sono stati moltiplicati per la densità media basale delle specie forestali italiane ($0,65 \text{ t m}^{-3}$; APAT, 2003) per ottenere il peso secco della biomassa legnosa.

5. CALCOLO DEL BILANCIO ANNUO A SCALA PROVINCIALE

Combinando i valori della produttività potenziale sostenibile netta e dei consumi domestici si è prodotta la stima del bilancio domanda/offerta a livello provinciale quantificata in t/anno di sostanza secca (vd. file Progetto ENEA_Bilancio provinciale.xls, foglio "Bilancio provinciale") e espressa anch'essa attraverso valori medi e un campo di variazione così definito:

$$\text{Bilancio Minimo} = \text{Produttività potenziale sostenibile netta}_{\text{minima}} - \text{Consumo domestico}_{\text{massimo}}$$

$$\text{Bilancio Massimo} = \text{Produttività potenziale sostenibile netta}_{\text{massima}} - \text{Consumo domestico}_{\text{minimo}}$$

I risultati indicano un bilancio deficitario in tutte le Province sia in termini medi che d'intervallo di variazione.

In termini relativi, il deficit tra offerta e domanda risulta molto consistente a scala provinciale: la media nazionale del rapporto tra produttività potenziale sostenibile netta e consumi domestici è pari al 13%. In Figura 1 sono riportate le Province che presentano i divari meno consistenti tra offerta e domanda, selezionate sulla base di una soglia di deficit pari o superiore al 40%.

Nelle province toscane la produttività potenziale è rappresentata in larga parte dalla biomassa ritraibile dall'utilizzazione dei boschi di latifoglie, in quelle Lombarde dalla biomassa derivabile dagli impianti di arboricoltura da legno mentre a Parma sono rappresentate entrambe le componenti.

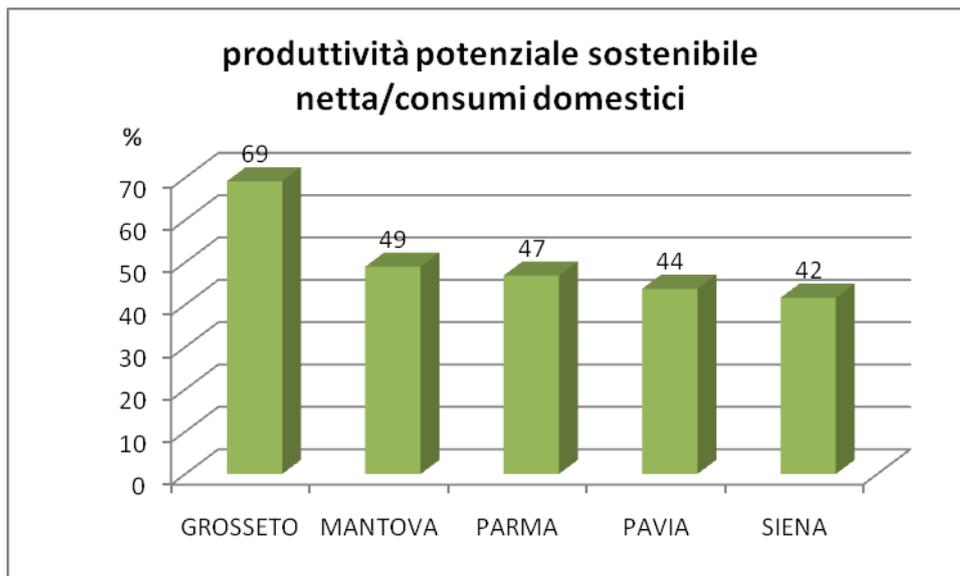


Figura 1. Province ove il rapporto tra produttività potenziale sostenibile netta e dei consumi domestici risulta superiore al 40%.

6. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Le evidenze raccolte dalla ricerca qui condotta indicano chiaramente che i livelli attuali di consumo domestico delle biomasse forestali a scopo energetico a scala provinciale sono largamente superiori ai quantitativi potenzialmente ritraibili da una gestione sostenibile dei boschi e gli impianti di arboricoltura del patrimonio forestale provinciale. Si è deciso volutamente di non includere nel modello di stima qui applicato ulteriori limitazioni di natura vincolistica all'offerta di biomasse forestali, in quanto i criteri cautelativi di prelievo applicati nel modello sono largamente compatibili con un utilizzo sostenibile delle risorse forestali all'interno delle aree protette (in particolare zone B, C e D dei Parchi nazionali) e dei siti Natura 2000. D'altra parte, solo in presenza di un'informazione di dettaglio e su base cartografica relativa ai vincoli connessi alla zonizzazione delle aree protette (es. delimitazione delle riserve integrali) e alle restrizioni applicate alle utilizzazioni forestali è possibile modificare realisticamente le stime prodotte.

Il deficit strutturale che emerge dal bilancio provinciale è essenzialmente attribuibile a vincoli di natura strutturale connessi a limitazioni di carattere stazionale (quota e pendenza) e di accessibilità (distanza dalla viabilità) che riducono sensibilmente la disponibilità effettiva di superfici forestali che possono essere realisticamente inserite all'interno di un bacino di approvvigionamento locale di biomasse forestali per la produzione di energia. D'altra parte il dato sui consumi domestici, conferma questa debolezza strutturale: il mercato dei consumi interni di biomassa per scopi energetici (legna da ardere e cippato) è largamente alimentato dall'offerta estera.

I dati forniti dal bilancio provinciale offrono al contempo spunti per orientare eventuali studi di approfondimento su territori che presentano comunque le potenzialità più elevate di offerta di biomasse forestali. In particolare, nelle province che presentano livelli di deficit più contenuti, si ritiene utile approfondire attraverso valutazioni di maggior dettaglio se la disponibilità di biomasse legnose per scopi energetici possa essere potenziata considerando il contributo:

- i) di altri comparti connessi al settore forestale (es. potature/utilizzazioni degli alberi fuori foresta in contesto agricolo e delle fasce boscate ripariali);
- ii) dell'arboricoltura da legno, sottostimato dal modello qui applicato, con particolare riferimento alle possibilità di espansione delle colture destinate alla produzione di legno da energia (*Short Rotation Forestry*).

Riferimenti bibliografici

A.I.G.R., 1994 – Potenzialità energetica da biomasse nelle Regioni italiane. Rapporto conclusivo. Contratto A.I.G.R.-E.N.E.A. del 3 Dicembre 1992.

APAT, 2003 – Le biomasse legnose. Un'indagine delle potenzialità del settore forestale italiano nell'offerta di fonti di energia. Rapporti APAT 30/2003.

APAT, 2005 – La realizzazione in Italia del progetto Corine Land Cover 2000. APAT, Rapporti 36/2005.

APAT, 2007 – Italian Greenhouse Gas Inventory, 1990-2005. National Inventory Report 2007. APAT, Miscellanea/2007.

BERNETTI I., FAGARAZZI C. (a cura di), 2003 – BIOSIT: una metodologia GIS per lo sfruttamento efficiente e sostenibile della risorsa biomassa a fini energetici. Dipartimento di Energetica e Dipartimento di Economia Agraria e delle Risorse Forestali dell'Università degli Studi di Firenze, ETA Energie Rinnovabili, Firenze.

CIANCIO O., CORONA P., MARINELLI M., PETTENELLA D. (a cura di), 2007 – Valutazione dei danni da incendi boschivi. Accademia Italiana di Scienze Forestali, Firenze.

CASTELLANI C., 1982 – Tavole stereometriche e alsometriche costruite per i boschi Italiani. ISAF A Trento.

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.

DRIGO R., CHIRICI G., LASSERRE B., MARCHETTI M., 2007 – Analisi su base geografica della domanda e dell'offerta di combustibili legnosi in Italia. *L'Italia Forestale e Montana*, 62: 303-324.

EEA, 2006 – How much bioenergy can Europe produce without harming the environment? EEA Report N.° 7/2006.

FAO, 2003 – Woodfuels Integrated Supply/Demand Overview Mapping – WISDOM. Prepared by O.R. Masera, R. Drigo and M.A. Trossero. <http://www.fao.org/DOCREP/005/Y4719E/Y4719E00.HTM>

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.

HIPPOLITI G., PIEGAI F., 2000 – Tecniche e sistemi di lavoro. La raccolta del legno. Compagnia delle Foreste, Arezzo.

INFC, 2007 – Le stime di superficie 2005 – Prima parte. Autori G. Tabacchi, F. De Natale, L. Di Cosmo, A. Floris, C. Gagliano, P. Gasparini, L. Genchi, G. Scrinzi, V. Tosi. Inventario Nazionale delle Foreste e dei Serbatoi Forestali di Carbonio. MiPAF – Corpo Forestale dello Stato - Ispettorato Generale, CRA-ISAF A, Trento. [on line] URL: <http://www.infc.it>.

ISAF A, 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.

TOMASSETTI G., 2000 – Consumi di legna nelle famiglie italiane. *Sherwood* n. 59.