

Severino Romano,  
Mario Cozzi,  
Francesco Di Napoli,  
Mauro Viccaro

*Scuola di Scienze Agrarie, Forestali,  
Alimentari e Ambientali, SAFE,  
Università della Basilicata, Potenza,  
Italy*

E-mail: [severino.romano@unibas.it](mailto:severino.romano@unibas.it)  
[mario.cozzi@unibas.it](mailto:mario.cozzi@unibas.it)  
[francesco.dinapoli@unibas.it](mailto:francesco.dinapoli@unibas.it)  
[mauro.viccaro@gmail.com](mailto:mauro.viccaro@gmail.com)

*Keywords: fonti energetiche  
rinnovabili, gestione forestale,  
biomassa forestale, utilizzazioni  
forestali, aree di approvvigionamento,  
funzioni costo-offerta, analisi di  
sensitività, ESCO, Certificati Bianchi*

## **Le biomasse come opportunità per il territorio: analisi tecnico-economica per la Regione Basilicata**

In Basilicata region there is a considerable amount of unused wood as well as the capacity to use it as feedstock for the production of bioenergy. Thus, the supply of renewable energy could be increased through greater utilization of forest biomass. However, for a better planning of the production and processing chain, the energy and forestry sectors require better estimates of the availability of unused roundwood and residues. The aim of the research was the development of a model for the spatial evaluation of biomass quantities obtainable from forestland. The results obtained point out a) significant amounts of biomass distributed on most of the territory; b) good opportunities related to white certificate trading and c) potential of business creation, entrepreneurship and local employment.

---

### **Introduzione**

Con il Libro Verde, adottato il 27 marzo 2013, la Commissione europea [COM(2013) 169] si pone nuovi e più arditi obiettivi al 2030, in termini di riduzione delle emissioni di gas serra del 40%, di garanzia di approvvigionamento energetico interno del 30%, crescita, competitività ed occupazione.

Gli sforzi previsti all'interno del Libro Verde trovano giustificazione dai dati appena diffusi dall'International Panel of Climate Change (IPCC, 2013), dai quali si evince uno scenario preoccupante in cui, con alta probabilità, si verificherà un aumento delle temperature medie globali al 2100, in un intervallo che va tra 1.5 e 4.5°C.

Quale intervento antropico nella contrapposizione del fenomeno appena descritto, l'impiego delle Fonti Energetiche Rinnovabili (FER) risulta particolarmente importante, sia per garantire la crescita e lo sviluppo sociale delle popolazioni che per il raggiungimento degli obiettivi di riduzione dei gas serra e di parziale sostituzione dei combustibili fossili (Voivontas et al., 2001; Frombo et al., 2009). Numerosi studi confermano la presenza di uno stretto legame tra energia e sviluppo socio-economico (Chontanawat et al., 2008; Huang et al., 2008). Infatti, it is argued that decreasing energy consumption may reduce economic growth and increase unemployment since energy is considered an essential factor of production (Stern, 2000).

Nel panorama delle fonti rinnovabili, le biomasse rappresentano la forma più versatile e abbondante di energia (Valdez-Vazquez et al., 2010). Inoltre, differenti

possibilità sono offerte dalle diverse forme finali che è possibile produrre: elettrica, termica e biocombustibili per autotrazione. Elementi di debolezza del comparto delle biomasse sono individuabili principalmente nella complessità organizzativa e nella distribuzione spaziale del combustibile legnoso vegetale. E ciò è tanto più vero se si fa riferimento alle biomasse forestali più che alle coltivazioni dedicate su suoli agricoli.

La costituzione di filiere agroenergetiche multi attore, potrebbe essere in grado di contribuire alla creazione di nuovi posti di lavoro, al presidio ed al controllo territoriale nelle aree rurali marginali, alla gestione delle risorse agro-forestali, al recupero e messa a coltura di aree ritirate dalla produzione, ecc. (Bildirici, 2013).

L'utilizzo delle biomasse comporta però numerose implicazioni a causa delle svariate tipologie di biomassa, dei molteplici processi di conversione e di conseguenza delle diverse forme di energia ottenibili e della pluralità di attori coinvolti nella creazione della filiera agroenergetica. Numerosi studi bibliografici hanno cercato di analizzare le diverse fasi della filiera agroenergetica cercando di quantificare la biomassa e di analizzare le diverse tecnologie di conversione (Panoutsou et al., 2009; Ericsson et al., 2006; De Wit et al., 2010; Thran et al., 2010; Smeets et al., 2007); ulteriori ricerche hanno cercato di affrontare le problematiche connesse all'utilizzo della biomassa attraverso i Sistemi Informativi Geografici per la caratterizzazione spaziale dei potenziali di biomassa, dei costi, della domanda e dell'offerta (Fernandes and Costa, 2010; Kurka et al., 2012; Romano et al. 2013; Thomas et al., 2013), per la localizzazione potenziale delle colture energetiche (Tenerelli and Carver, 2012; Beccali et al., 2009, Tenerelli and Monteleone, 2008; Tenerelli et al., 2007) e per la pianificazione della raccolta e trasporto della biomassa (Perpina et al., 2009; Cozzi, 2008).

Una corretta pianificazione di un comparto energetico "sostenibile" passa attraverso una complessa procedura, che inizia con la disponibilità della biomassa locale e, attraverso una serie, più o meno lunga di fasi, arriva alla centrale di trasformazione, diventando energia. Uno sforzo maggiore è richiesto ai pianificatori della filiera, che in fase di progettazione dovranno individuare il giusto compromesso tra le quantità di biomassa effettivamente disponibili e recuperabili localmente a prezzi competitivi e la dimensione degli impianti di trasformazione.

Sulla base di quanto appena affermato, il lavoro proposto si pone come obiettivo l'individuazione di una metodologia analitica atta a quantificare puntualmente i quantitativi di biomassa ritraibili dalla gestione del patrimonio forestale, affiancando a questa analisi la valutazione dei costi di utilizzazione, la stima della riduzione di CO<sub>2</sub> e la quantificazione dei Certificati Bianchi (CB) ritraibili dalla produzione di energia da biomassa.

La valutazione è stata eseguita attraverso l'utilizzo di modelli di analisi spaziale ed è stata applicata all'intero territorio forestale della regione Basilicata, suddivisa in sette sub-aree, denominate aree di approvvigionamento e coincidenti con i nuovi confini amministrativi delle Aree Programma (AP), individuate ai sensi dell'art. 23 della LR 33/2010. Si è deciso di condurre l'analisi nel territorio afferente la Regione Basilicata in quanto risulta essere la più grande piattaforma petrolifera terrestre in Europa, convergendo, su tale area, grossi interessi e opportunità lega-

te all'estrazione. Tale scelta è anche motivata dal fatto che nell'area di analisi non risulta sviluppato un sistema foresta-legno capace di offrire garanzie in merito alla sostenibilità ambientale ed economica delle produzioni legnose.

## Metodologia

### *Dati raster e dati vettoriali*

Un SIT è un insieme di strumenti per raccogliere, archiviare, recuperare, trasformare e visualizzare dati spaziali (Burrough and McDonnell, 1986) e dati non spaziali (Parker, 1988), con avanzate capacità di modellizzazione dei dati geografici (Koshkarirov et al., 1989). All'interno dei SIT i dati geografici possono essere rappresentati sia in formato vettoriale sia in formato raster.

Nel lavoro proposto sono stati impiegati entrambi i formati di dati, al fine di sfruttare le potenzialità operative di entrambi. In particolare, i dati di input utilizzati per l'analisi della filiera agroenergetica sono stati:

- Carta Forestale Regionale in formato vettoriale (INEA 2006);
- Digital Elevation Model (DEM) della regione Basilicata in formato raster con pixel di 100 m di lato;
- Mappa delle aree protette (Parchi Nazionali, Parchi Regionali, aree SIC e ZPS) in formato vettoriale;
- Mappa del sistema viario regionale in formato vettoriale;

### *Valutazione della biomassa disponibile*

La stima della biomassa prelevabile dalla gestione delle superfici forestali della Regione Basilicata è stata eseguita prendendo in considerazione come supporto cartografico la Carta Forestale Regionale (CFR) redatta da INEA (2006) rielaborata in ambiente GIS (Figura. 1).

Sulla base di numerosi studi bibliografici realizzati in ambienti simili a quelli regionali (De Philippis e Bernetti 1990; Ciancio 1990; La Marca 1981; Castellani 1966, 1967, 1970, 1980; Antoniotti 1950; Famiglietti et al. 1998; Leccese 2000) e supportati da indagini in campo è stato stimato, per ciascuna tipologia forestale individuata, il valore di accrescimento medio annuo, espresso in mc/ha/anno (Tabella 1).

Al fine di garantire un livello di prelievo *sostenibile*, le Linee Guida predisposte dalla Regione Basilicata per la redazione dei Piani di Assesamento Forestale (PAF), indicano un livello di prelievo di materiale legnoso non superiore al 60% dell'incremento per le fustaie e non superiore al 90% per i boschi cedui.

Per la quantificazione della biomassa disponibile, non tutte le formazioni forestali individuate sono state considerate alla stessa maniera: gli arbusteti e le aree a macchia mediterranea sono state escluse dall'analisi, poiché non soggette a tagli; per le pinete mediterranee, le pinete montane e le formazioni igrofile si è considerato l'intero ammontare di biomassa, vista la totale assenza di mercato locale del

Figura 1. Carta forestale regionale riclassificata (INEA, 2006).



legname per tali formazioni; per le altre tipologie forestali è stata considerata la sola quota di residui della ripresa prelevabile, come indicato nella tabella 2 (Pettenuella 2000; APAT 2003; ISAF 1980).

Individuati per ogni tipologia forestale le percentuali di biomassa asportabili, è stata effettuata in ambiente GIS la valutazione dei quantitativi di biomassa prelevabili annualmente. Per lo scopo sono stati impiegati i seguenti dati spazializzati, relativi al contesto regionale:

1. mappa delle pendenze;
2. mappa delle aree protette;
3. mappa delle formazioni forestali regionali.

Nello specifico si è optato di escludere le aree SIC e ZPS poiché, a causa della loro valenza naturalistica e protezionistica, richiedono particolari interven-

Table 1. Mean increments by forest type (m<sup>3</sup>/ha/year).

Forest types	High forest	Coppice forest
	m <sup>3</sup> /ha/year	
Beech forests	3.4	3.5
Chestnut forests	3.5	14.5
Mesophilic oak forests	2.53	6
Mesophilic deciduous forests	4.44	4.2
Holm oak forests	2.5	2.2
Mountain pine forests	5.54	-
Mediterranean pine forests	6.5	-
Hygrophilous forests	5	3.6
Wood plantations and reforestations	2	-

Table 2. Harvested biomass (in %) for each species.

Species	High forest	Coppice forest	Type of biomass harvesting
	% residues		
Beech forests	8%	25%	Forest residues
Mesophilic oak forests	15%	20%	Forest residues
Chestnut forests	15%	16%	Forest residues
Mesophilic deciduous forests	15%	20%	Forest residues
Hygrophilous forests	100%	100%	Total
Holm oak forests	25%	32%	Forest residues
Mountain pine forests	100%	-	Total
Mediterranean pine forests	100%	-	Total
Wood plantations and reforestations	15%	-	Forest residues

ti di gestione e/o miglioramento che si discostano dalle tecniche della selvicoltura ordinaria. Sono state inoltre escluse le aree con pendenza superiori al 40%, le quali necessitano di macchine e tecniche di esbosco (teleferiche, harvested, ecc.) tipiche delle aree alpine e nord europee, ma pressoché assenti nel territorio regionale. A tal fine si è stabilito di considerare solamente due tecniche di esbosco tipicamente impiegate dalle imprese di utilizzazione locali: a) esbosco con trattore e verricello ed b) esbosco con cesta e/o carrello montato su trattore. L'elaborazione finale ottenuta è stata una mappatura delle aree utilizzabili per la raccolta della biomassa.

### *Valutazione dei costi di utilizzazione*

La stima dei costi di utilizzazione è stata effettuata aggregando i costi di taglio ed allestimento, i costi di esbosco ed i costi relativi alla cippatura del materiale legnoso raccolto.

Per i costi riguardanti la fase di taglio e allestimento è stato considerato un cantiere medio costituito da tre persone, di cui due qualificati e uno specializzato. Sulla base della produttività media (mc/h) e dei costi orari degli operatori e delle attrezzature registrati nei cantieri presenti sul territorio regionale, è stato considerato un costo medio pari a 10 €/mc<sup>1</sup>.

Il modello realizzato per il calcolo dei costi di esbosco si basa su equazioni che dipendono dalla pendenza e dalla distanza rispetto all'imposto. La distanza dalle strade è stata ottenuta in ambiente GIS attraverso funzioni *Distance*; il risultato è una mappa raster, il cui valore nei pixel è rappresentato dalle distanze delle superfici forestali rispetto alle aree di carico. Quest'ultime sono state identificate con le strade comunali e provinciali purché praticabili da camion. Per lo scopo, il reticolo stradale disponibile in formato vettoriale, è stato classificato sulla base della tipologia di asse viario (Autostrade, Strade Statali a scorrimento veloce, Strade Statali, Strade Provinciali e Strade Comunali); ai fini dell'implementazione del modello sono state considerate le reti viarie provinciali e comunali, le rimanenti sono state escluse poiché non conformi e poco adatte a costituire le piazzole di carico.

Le equazioni di esbosco sono state ottenute integrando dati bibliografici (Garfi et al. 2011; Brun e Furlan, 2000; Gilanipoor et al. 2012; Hippoliti e Piegai 2000; Spinelli et al. 2003; Verani et al. 2009) e informazioni raccolte in campo. I risultati ottenuti hanno permesso di valutare i costi di esbosco, differenziati sulla base della distanza, della pendenza media e della tecnica di esbosco adottata. Nella fattispecie, le tecniche di esbosco variano in funzione del materiale legnoso esboscato e della forma di governo: nei boschi cedui, infatti, la tecnica di esbosco maggiormente utilizzata è quella del legno depezzato in assortimenti principalmente destinati al consumo domestico nei camini e nelle termocucine; nelle fustaie si predilige esboscare il legno tagliato lungo, privo solo della ramaglia. Molto spesso le tecniche di esbosco dipendono anche dagli assortimenti ritraibili e dal parco macchine a disposizione dell'impresa di utilizzazione; pertanto ai fini del presente lavoro e in considerazione delle tecniche d'esbosco maggiormente riscontrate nel territorio regionale, sono state ottenute 6 equazioni ognuna delle quali fa riferimento ad una particolare tipologia e tecnica di esbosco (Tabella 3).

---

<sup>1</sup> Il valore riportato è il risultato di due osservazioni. La prima osservazione riguarda la stima effettuata nei Piani di Taglio dai tecnici forestali dove, alla voce costo di taglio e allestimento, riportano valori pari ad 1 €/qle  $\pm$  20%. La seconda riguarda i rilievi in campo di produttività, effettuati dalla UR nel territorio lucano, i cui risultati, comparati con i costi sostenuti (costo operaio, carburante e ammortamento attrezzature) conducono, anche in questo caso a valori intorno ai 10 €/mc.

Table 3. Wood extraction equations (\*Distance from the road network).

Extracted wood material	Slope %	Wood extraction technique	Equation of wood extraction cost (€/m <sup>3</sup> )
Wood – coppice forest	0-20	Agricultural basket/trailer	$0.0486 \times D^* + 3.413$
Wood – coppice forest	21-40	Transport trawl	$0.0319 \times D + 14.818$
Wood – high forest	0-20	Agricultural basket or transport trawl	$0.0982 \times D - 2.261$
Wood – high forest	21-40	Transport trawl	$0.1136 \times D + 2.577$
Forest residues	0-20	Agricultural basket/trailer	$0.0019 \times D + 6.609$
Forest residues	21-40	Transport trawl	$0.0343 \times D + 20.698$

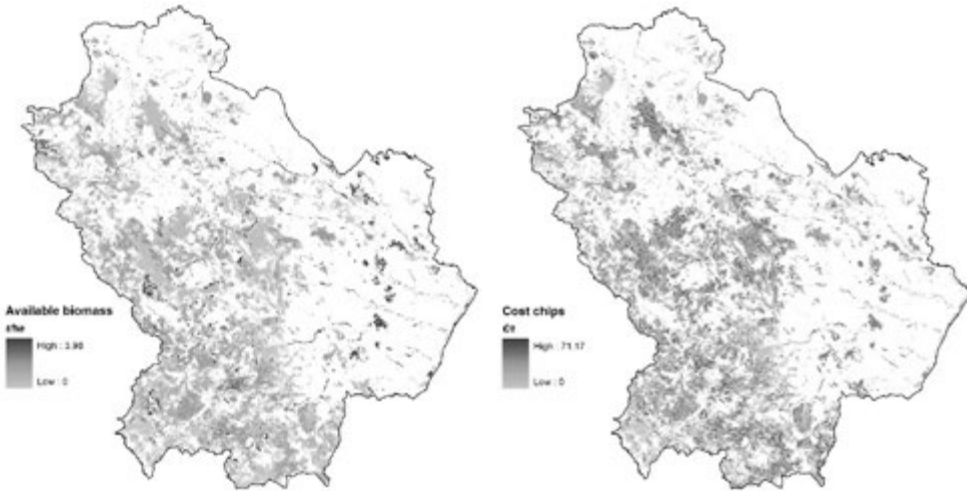
Grazie al calcolo dei quantitativi di biomassa potenzialmente prelevabili ed alle equazioni dei costi di esbosco è stato possibile ottenere il costo di esbosco spazializzato, riferito all'unità di superficie considerata. I risultati hanno messo in evidenza costi di esbosco proporzionalmente crescenti rispetto alle distanze dall'imposto. Di conseguenza non tutte le aree boscate risultano economicamente utili ad essere utilizzate ed esboscate; a tal fine si è deciso di escludere dalla valutazione le aree con costi di esbosco superiori a 50 €/mc. Il limite dei 50 €/mc deriva dall'analisi dei prezzi mercantili all'ingrosso del cippato, contenuti nei prezziari delle camere di commercio<sup>2</sup>.

I costi di cippatura del materiale legnoso, basati su esperienze raccolte sul territorio regionale, integrati e confrontati con esperienze extraregionali e bibliografiche, sono stati valutati pari a 10 €/t (Neri e Piegai 2007). Ulteriori voci di costo considerate sono rappresentate dalle spese di amministrazione, sorveglianza e direzione, valutate in percentuale (15%) sui costi di esbosco, di taglio e allestimento.

Con i dati ottenuti rispetto ai quantitativi di biomassa e ai costi di utilizzazione (taglio, allestimento, esbosco e cippatura), è stato possibile associare ad ogni pixel il costo totale del processo di utilizzazione-raccolta-cippatura. Tale valore è risultato variare tra 0 e 71.17 €/t di cippato, un costo ad ettaro variabile da 0 a 234.71 €/ha e un quantitativo prelevabile di biomassa ad ettaro variabile da 0 a 3.98 t/ha (Fig. 2).

<sup>2</sup> L'Unità di Ricerca ha effettuato uno studio volto ad individuare l'andamento dei prezzi del cippato derivante dalla manutenzione del patrimonio boschivo. I prezziari delle Camere di Commercio analizzati contengono principalmente materiale cippato proveniente da pioppicoltura (vedi Pavia, Mantova), altre cippato di conifera (Bolzano). La camera di commercio di Milano contempla i prezzi del cippato vergine derivante dalla manutenzione del patrimonio forestale, a cui, tra la fine del 2012 e l'inizio del 2013 è attribuito un prezzo tra i 40 ed i 43 euro a tonnellata (Umidità tal quale 45%), franco partenza. Risulta pertanto chiara la scelta di 50€ come limite massimo oltre il quale non è più conveniente effettuare alcun tipo di utilizzazione.

Figure 2. (a) Available biomass. (b) Utilisation costs.



### *Le aree di approvvigionamento energetico*

The optimal siting of processing centres has been studied in the literature using different methods; most of them identify the optimal siting of the plant through the optimisation of target functions (Daskin 1995; Drezner and Hamacher, 2001).

Whatever method is applied, the proper siting of the processing centre should take into account different aspects that may be grouped in three main categories: energy, environmental and economic factors (Cozzi, 2008). A questi aspetti di ordine funzionale, utili per l'ottimizzazione dei processi nella filiera, risulta auspicabile comprendere un altro aspetto di ordine politico amministrativo, legato essenzialmente alle strutture pubbliche locali che insistono sul territorio.

Pertanto, sulla considerazione dell'importanza rivestita da questo ultimo aspetto, si è arrivati alla convinzione che è auspicabile costruire un quadro conoscitivo delle variabili considerate rispetto ai recenti confini delle 7 Aree Programma individuate per la Regione Basilicata (Figure 3).

## **Risultati**

### *Curve costo-offerta*

Definiti i dati di input del modello, si è proceduto, attraverso l'impiego della statistica zonale implementata in ambiente GIS, alla realizzazione delle curve costo-offerta. Tali curve possiedono la finalità di valutare le quantità di biomassa



Figure 3. Aree Programma.



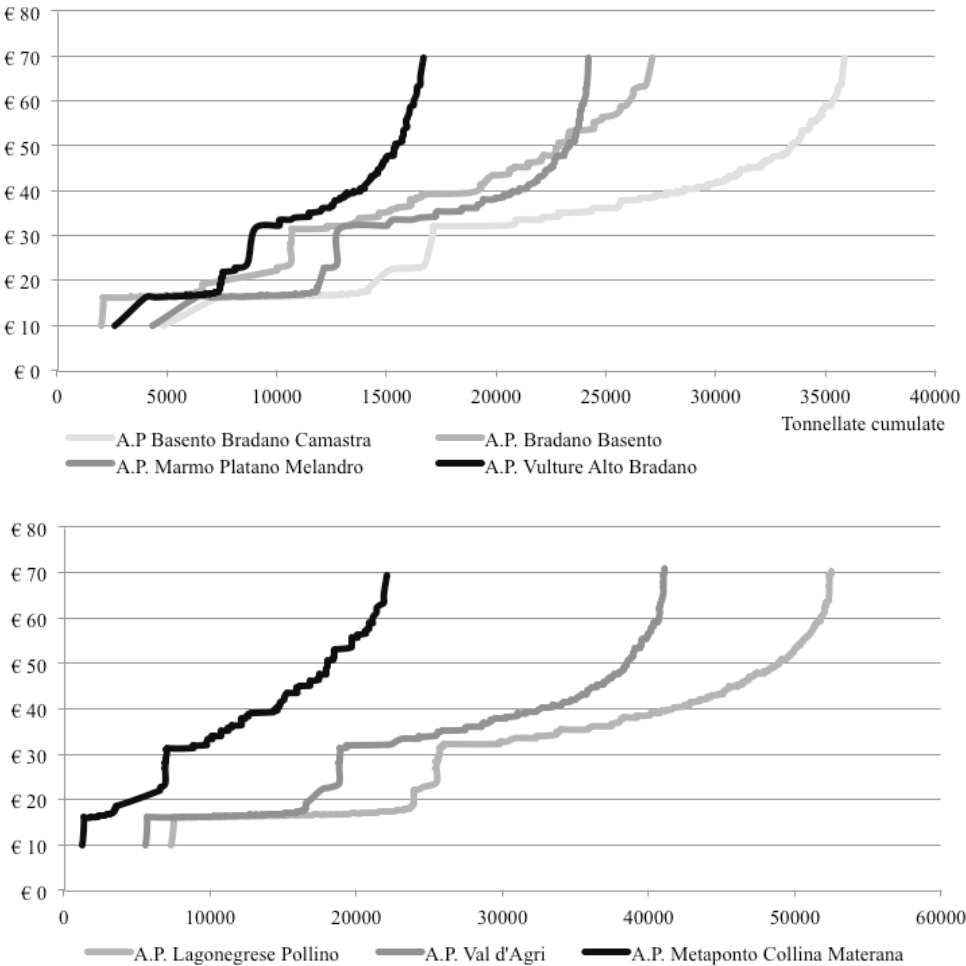
disponibile ad andamenti crescenti dei costi<sup>3</sup>. Le curve costo-offerta sono state realizzate per ogni AP in cui risulta suddiviso il territorio regionale, mentre i dati utilizzati in ingresso sono stati la mappa dei costi totali, la mappa della distribuzione spaziale della biomassa e la mappa delle Aree Programma. I risultati riportano i quantitativi cumulati di biomassa relazionati ai costi (Graf. 1).

Tutte le curve costo-offerta analizzate presentano disponibilità di biomassa crescenti all'aumentare dei costi, con nette differenziazioni tra AP nelle quantità disponibili.

---

<sup>3</sup> Per costi si intendono i costi di lavorazione forestale: taglio e allestimento, costi di direzione, sorveglianza e amministrazione, esbosco e cippatura.

Grafico 1. Curve costo-offerta per Aree Programma.



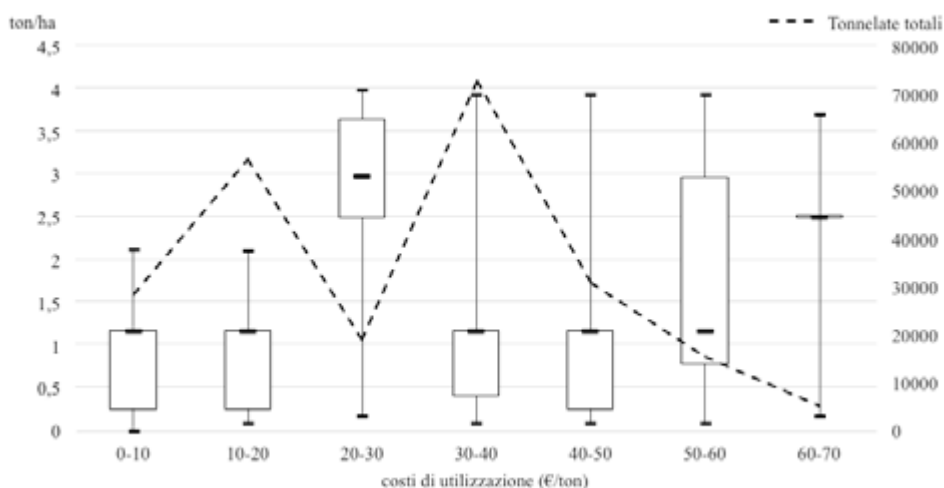
Si riscontrano inoltre, rispetto all'asse delle ordinate, due aree in cui a piccole variazioni di quantità di biomassa si registrano elevate variazioni di prezzo. In particolare ciò avviene nell'intervallo tra i 10 ed i 16 € e nell'intervallo tra i 18 ed i 32 euro. La prima variazione è determinata essenzialmente dai residui presenti in prossimità dell'imposto, per i quali è stato calcolato solamente il costo di cippatura; la seconda variazione è determinata dalle differenti produttività lavorative riscontrate. Si evidenzia infatti una netta differenziazione di produttività tra le tipologie forestali utilizzate totalmente (pinete mediterranee, pinete montane e formazioni igrofile) e per le tipologie forestali di cui si utilizzano solamente i residui; nel primo caso, la maggiore produttività lavorativa determina costi di lavorazione forestale unitari inferiori rispetto ai secondi. Ciò spiega come, nel grafico, in cor-

rispondenza delle differenti tipologie forestali e di sistemi di organizzazione dei cantieri, vi siano forti sbalzi di pendenza della funzione.

I valori complessivi di costo variano tra 10€ (nel caso di sola cippatura di formazioni contigue all'imposto rispetto alla rete viaria) fino ad un massimo di 71.17 € a tonnellata. Le disponibilità complessive di biomassa rispecchiano sostanzialmente l'ammontare delle superfici forestali presenti all'interno delle AP. Comunque, una maggiore disponibilità è presente nella AP Lagonegrese-Pollino, con circa 52000 tonnellate di biomassa vegetale disponibile ad un prezzo inferiore a 70€, a cui seguono l'AP Val D'Agri e l'AP Basento-Bradano-Camastra.

Al fine di meglio comprendere i rapporti esistenti tra disponibilità di biomassa e costi è stata effettuata un'indagine statistica finalizzata a definire le relazioni tra le variazioni di biomassa disponibile per classi di costo totale, nonché le tonnellate ritraibili per ogni classe (Grafico 3).

Grafico 2. Box-plot.

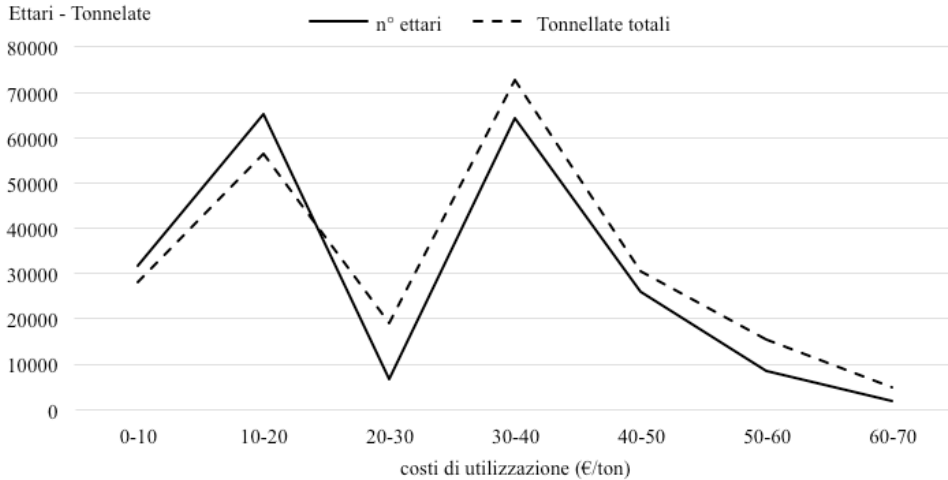


Dai diversi box-plot si denota una produzione ad ettaro variabile da 0 a 3.98 t/ha, con l'eccezione delle due classi inferiori, 0-10 e 10-20, che mostrano livelli di produzione inferiori a 2.2 t/ha.

La maggiore produttività si riscontra nelle classi di costo 20-30 e 60-70, in cui il 75% della superficie considerata, dal primo quartile al valore max, presenta produzioni comprese tra 2.5 e 3.98 t/ha mentre nelle rimanenti classi si denota una distribuzione abbastanza omogenea. Considerando il totale della biomassa ritraibile per ciascuna classe (linea tratteggiata), si nota un andamento differente, in cui la maggiore produzione avviene per la classe 30-40, seguita dalla classe 10-20. Nello specifico, la classe 60-70, a fronte di disponibilità unitaria elevata, mostra i più bassi livelli di pro-

duzione. Tale fenomeno è legato alla superficie forestale ricadente in ogni classe; dal grafico 4 si denota come la curva di produzione presenti lo stesso andamento della curva riportante il totale delle superfici forestali per classe di costo. L'andamento produttivo di biomassa forestale rispecchia la superficie forestale ricadente in ogni classe.

Grafico 3. Comparazione tra superfici e disponibilità di biomassa per classi di costo.

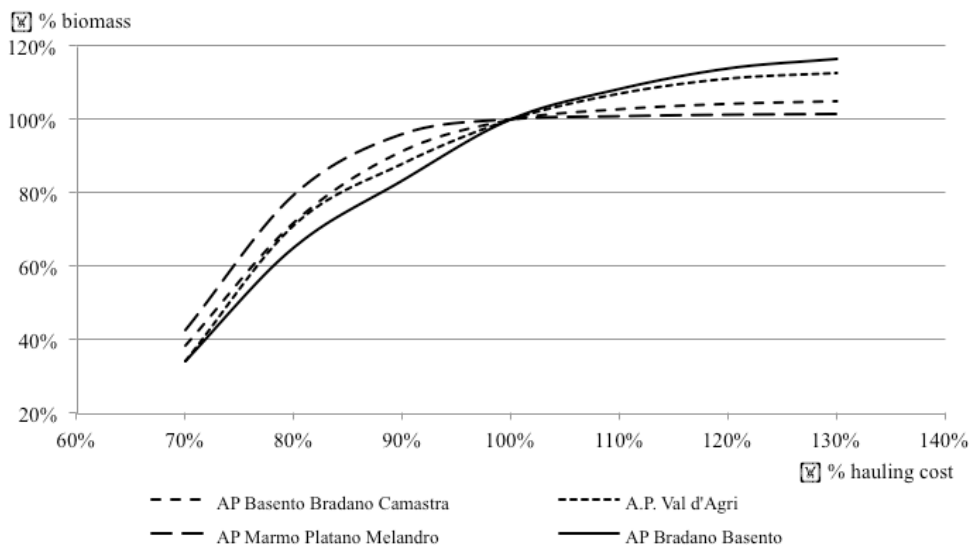


Le informazioni riportate risultano utili in fase di contrattazione con le imprese che utilizzano e trasformano il materiale. Infatti, conoscere la disponibilità totale di biomassa per classe di costo renderà più facile la contrattazione tra le parti al fine di convenire ad un prezzo unitario di compravendita della biomassa.

#### *Analisi di sensitività*

Per meglio evidenziare l'attendibilità dei risultati è stata effettuata un'analisi di sensitività sul legame esistente tra costo d'esbosco e disponibilità di biomassa (Grafico 2). È stato pertanto evidenziato come variano i quantitativi di biomassa disponibile a fronte di crescenti livelli di costi di esbosco. Il dato di paragone utilizzato per lo sviluppo dell'analisi è stato il costo di esbosco fissato a 50 €/t (equivalente, in termini percentuali al 100%), utilizzato in precedenza per la stima della biomassa disponibile. Il grafico evidenzia come al di sotto di tale valore, le curve mostrano pendenze maggiori mentre assumono un andamento quasi piatto al di sopra del valore di riferimento a dimostrazione del fatto che la maggior parte delle superfici forestali considerate presentano costi di esbosco inferiori a 50€/t e che tale valore risulta valido per la presente ricerca.

Grafico 4. Variazione % tra costi e disponibilità. Analisi di sensitività.



### *Risparmi energetici ed emissivi e accesso ai Certificati Bianchi*

L'impiego della biomassa forestale rappresenta una delle possibili opzioni per mitigare l'effetto serra. La combustione di biomassa non incide infatti sull'aumento di CO<sub>2</sub> atmosferica, in quanto la stessa anidride carbonica viene assorbita, in tempi brevi, dalle piante grazie alla capacità fissativa del manto vegetale. Sulla base di questa considerazione, si è proceduto a quantificare il risparmio di combustibili fossili, ottenuto grazie all'impiego della biomassa forestale disponibile. L'analisi è stata effettuata in ciascuna AP, utilizzando il petrolio come combustibile fossile di paragone.

I risultati, esposti nella tabella 4, evidenziano un risparmio totale di 68742 tep (tonnellate equivalenti di petrolio), variabile da un minimo di 5213 tep per l'AP Vulture Alto Bradano a un massimo di 16468 tep per l'AP Lagonegrese Pollino. L'utilizzo della biomassa forestale per la produzione di energia in sostituzione dei combustibili fossili eviterebbe l'emissione in atmosfera di grossi quantitativi di CO<sub>2</sub> oscillanti tra le 14651 t dell'AP Vulture Alto Bradano alle 46275 t dell'AP Lagonegrese Pollino per un totale complessivo annuo di 193166 t.

La sostituzione dei combustibili fossili per la produzione di energia con biomasse forestali permetterebbe inoltre l'accesso al mercato dei certificati bianchi (CB) o Titoli di Efficienza Energetica (TEE). La domanda dei TEE è generata dall'imposizione ai distributori di energia elettrica e di gas di obiettivi vincolanti il risparmio di energia primaria, ottenibili attraverso interventi di efficienza energetica presso i consumatori finali. In alternativa i distributori (soggetti che presentano un numero di clienti serviti maggiore di 50000 unità) possono scegliere di

Tabella 4. Comparazione tra fonti energetiche e CO<sub>2</sub> evitata .

Area Programma	Biomassa (t/anno)	Potere energetico biomassa* (TJ/anno)	Petrolio risparmiato** (tep/anno)	CO <sub>2</sub> evitata (t/anno)
AP Lagonegrese pollino	52519.76	699.56	16468.06	46275.24
AP Basento Bradano Camastra	35813.25	477.03	11229.58	31555.11
AP Val d'Agri	41032.25	546.55	12866.05	36153.58
AP Marmo Platano Melandro	24180.43	322.08	7582.00	21305.41
AP Vulture Alto Bradano	16628.25	221.49	5213.94	14651.18
AP Metaponto Collina Materana	22004.12	293.09	6899.60	19387.86
AP Bradano Basento	27054.82	360.37	8483.29	23838.04
TOTALE	219232.88	2920.18	68742.52	193166.42

\* Considerando un potere calorifico della biomassa (CI=25%) pari a 13.32 MJ/kg

\*\* Considerando un potere energetico del petrolio pari a 42.48 MJ/kg

soddisfare gli obblighi a loro carico acquistando, in tutto o in parte, i CB da altri soggetti, quali i distributori di minori dimensioni non soggetti a obblighi, società controllate da distributori di energia elettrica e di gas naturale e società operanti nel settore dei servizi energetici (ESCO, Energy Service Companies).

Tale mercato potrebbe essere implementato in maniera ottimale all'interno del territorio regionale; risultano infatti presenti entrambi gli attori del mercato. Il lato dell'offerta potrebbe essere costituito da società ESCO in partnership pubblico-privato (Romano et al., 2013b), in grado di produrre CB attraverso produzioni di bioenergia ottenuta dalla gestione sostenibile delle superfici forestali. La domanda invece potrebbe essere rappresentata dalle società estrattive petrolifere presenti sul territorio (ENI, SHELL, TOTAL). In tal modo si verrebbe a creare un mercato regionale dei CB, con vantaggi per il territorio e la collettività. Tali vantaggi si aggiungono alle royalties petrolifere e potrebbero essere impiegati per una migliore gestione e salvaguardia delle risorse forestali, oltre che in interventi strutturali. Dalla controparte i vantaggi deriverebbero dal rispetto degli obblighi in tema di energia, a cui si vanno ad aggiungere la possibilità di creare una vera e propria strategia di green marketing e attenzione all'ambiente, con positivi effetti sulla credibilità e sulla fiducia aziendale.

A tal punto si è cercato di effettuare una valutazione di larga stima dei proventi ricavabili dall'accesso al mercato dei CB; la valutazione è stata effettuata per ciascun'Area programma considerando un prezzo di cessione medio di 104.5 €/CB<sup>4</sup>.

<sup>4</sup> Tale dato rappresenta il valore medio del prezzo di riferimento dei CB di tipo I e II relativi all'anno 2013 riportato dal GME (Gestore dei Mercati energetici).

I risultati hanno messo in evidenza valori oscillanti tra 0.54 M€/anno per l'Area Programma Vulture Alto Bradano e 1.72 M€/anno per l'Area Programma Lagonegrese Pollino, per un totale complessivo annuo di 7.18 M€.

Tabella 5. Valore monetario dei CB.

Area Programma	Certificati Bianchi €x1000/anno
AP Lagonegrese pollino	1720.91
AP Basento Bradano Camastra	1173.49
AP Val d'Agri	1344.50
AP Marmo Platano Melandro	792.32
AP Vulture Alto Bradano	544.86
AP Metaponto Collina Materana	721.01
AP Bradano Basento	886.50
TOTALE	7183.59

## Conclusioni

Il modello applicato impiega l'analisi spaziale per la definizione dei quantitativi di biomassa forestale prelevabile dal patrimonio forestale della regione Basilicata, secondo criteri legati alla gestione sostenibile. Dalla stima dei residui sono state escluse le aree forestali marginali e quelle, che per la loro conformazione morfologica, richiedono un maggiore livello di meccanizzazione e più alti livelli di costi.

I risultati ottenuti evidenziano una distribuzione abbastanza omogenea delle aree di approvvigionamento della biomassa forestale, con prelievi annui variabili fino ad un massimo di 3,98 t/ha e costi di utilizzazione compresi tra 10 e 71,17 €/t. I risultati ottenuti sono stati infine validati con un'analisi di sensitività, mettendo in relazione i costi di utilizzazione con i quantitativi di biomassa disponibili; ne risulta che la variazione del costo, soprattutto per valori superiori ai 50 €/t, non provoca grosse variazioni nella disponibilità di biomassa.

Sono stati inoltre valutati i benefici energetici ed ambientali derivanti dalla sostituzione dei combustibili fossili con biomasse forestali. Si evidenzia che le foreste lucane possono contribuire a ridurre l'impiego dei combustibili fossili di circa 68 mila tep, evitando immissioni in atmosfera per un ammontare di 193.000 tonnellate di CO<sub>2</sub>.

In termini economici, la nascita di filiere legate alle biomasse oltre a generare occupazione e valore aggiunto locale nonché innegabili benefici ambientali, offre anche la possibilità di attivare un mercato dei Certificati Bianchi a livello regionale. Ciò si renderebbe auspicabile attraverso il coinvolgimento di attori locali pubblici e privati. Quanto detto potrebbe avvenire attraverso la costituzione di società

ESCO. A tali società sarebbe affidato un duplice ruolo, il primo consistente nella organizzazione dell'offerta di biomassa sul territorio regionale e il secondo nello stipulare accordi con le società estrattive petrolifere operanti sul territorio, affinché le quote di CB prodotte vengano acquistate dalle società petrolifere. La nascita di questo mercato gioverebbe ad entrambe le parti contraenti, con evidenti vantaggi di ordine socio-economico, in termini di occupazione creata e ricchezza prodotta, ambientale, in termini di riduzione di emissioni e di capacità sostenibile nella gestione delle risorse forestali. Uguale interesse potrà esserci anche per le società petrolifere, soprattutto in termini di immagine percepita e di accettazione da parte della popolazione locale.

## Bibliografia

- Antonioti, G.B. (1950). Tavola auxometrica del cerro del Molise, in *Ricerche sperimentali di dendrometria e auxometria*, Vol. 1, Firenze, Coppini.
- Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i servizi Tecnici (APAT), (2003), *Le biomasse legnose. Un'indagine delle potenzialità del settore forestale italiano nell'offerta di fonti di energia*. Roma: I.G.E.R., Report 30, Available from: <https://www.sinanet.apat.it/it> [7 May 2013].
- Beccali, M., Columba, P., D'Alberti, V. and Franzitta, V. (2009), "Assessment of bioenergy potential in Sicily: a Gis-based support methodology", *Biomass and Bioenergy*, Vol. 33 No. 1, pp. 79-87.
- Bildirici, M.E. (2013), "Economic growth and biomass energy", *Biomass and Bioenergy*, Vol. 50, pp. 19-24.
- Burrough, P. A. and McDonnell, R.A. (1998), *Principles of Geographical Information System*. Oxford University Press, New York.
- Brun, F. and Furlan, G. (2000), *Studio dei costi di produzione e stima del prezzo minimo del cippato di legno per usi energetici*. Grugliasco, Torino: Relazione Finale. Available from: <http://www.deiafa.unito.it/pdf/P350.pdf> [15 May 2013].
- Castellani, C. (1966), "Il saggio di accrescimento e di utilizzazione delle fustaie sottoposte ad assestamento", *Italia Forestale e Montana*, Vol. 5.
- Castellani, C. (1967), "I boschi cedui sottoposti ad assestamento in Italia: i turni, gli incrementi e le utilizzazioni", *Italia Forestale e Montana*, Vol. 4.
- Castellani, C. (1970), "Tavole stereometriche e alsometriche costruite per i boschi italiani", *Istituto sperimentale per l'Assestamento forestale e l'alpicoltura*, Vol. 1, pp. 1-431.
- Castellani, C., Ghidini, G. and Tosi, V. (1980-82), "Tavole dendrometriche e alsometriche per il pino d'Aleppo", *Istituto sperimentale per l'Assestamento forestale e l'alpicoltura*, Vol. 8, pp. 3-44.
- Ciancio, O., Maetzche, F. and Portoghesi, L., (1990), I cedui di faggio e misti del comune di Borgo Velino, in: Enea and Università della Tuscia, ed. 1990, *Valorizzazione energetica di materiali legnosi nel Lazio*, Viterbo, pp. 201-220.
- Chontanawat, J., Hunt, L.C. and Pierce, R. (2008), "Does energy consumption cause economic growth? Evidence from systematic study of over 100 countries", *Journal of Policy Modeling*, Vol. 30 No. 2, pp. 209-220.
- Cozzi, M. (2008), "Agro-energie in Basilicata: un approccio analitico per la valutazione dei costi di trasporto", *Aestimum*, Vol. 53, pp. 51-74.
- Daskin, M.S. (1995), *Network and discrete location: models, algorithms and application*, Wiley-Interscience, New York.
- De Philippis, A. and Bernetti, G. (1990), *Lezioni di selvicoltura speciale*, CUSL, Firenze.
- De Wit, M. and Faaij, A. (2010), "European biomass resource potential and costs", *Biomass and Bioenergy*, Vol. 34 No. 2, pp. 188-202.



- Drezner, Z. and Hamacher, H.W. (2001), *Facility location: applications and theory*, Springer, New York.
- Ericsson, K. and Nilsson, L.J. (2006), "Assessment of the potential biomass supply in Europe using a resource-focused approach", *Biomass and Bioenergy*, Vol. 30 No. 1, pp. 1-15.
- Famiglietti, A., Fusco, G. and Pierangeli, D. (1998), "I querceti in Basilicata: aspetti selvicolturali ed economici", *Regione Basilicata Notizie*, Vol. 3, pp. 51-58.
- Fernandes, U. and Costa, M. (2010), "Potential of biomass residues for energy production and utilization in a region of Portugal", *Biomass and Bioenergy*, Vol. 34 No. 5, pp. 661-666.
- Frombo, F., Minciardi, R., Robba, M., Rosso, F. and Sacile, R. (2009), "Planning woody biomass logistic for energy production: a strategic decision model", *Biomass and bioenergy*, Vol. 33 No. 3, pp. 372-383.
- Garfi, V., Lasserre, B., Chirici, G., Tonti, D., Ottaviano, M., Puletti, N., Palombo, C. and Marchetti, M. (2011), "Stima spazialmente definita della produttività potenziale delle risorse agro-forestali per uso energetico: il caso di studio della regione Molise", *L'Italia Forestale e Montana*, Vol. 66 No. 4, pp. 283-292.
- Gilanipoor, N., Najafi, A. and Heshmat Alvaezin, S.M. (2012), "Productivity and cost of farm tractor skidding", *Journal of Forest Science*, Vol. 58 No. 1, pp. 21-26.
- Hippoliti, G. and Piegai, F. (2000), *Tecniche e sistemi di lavoro. La raccolta del legno*, Compagnia delle Foreste, Arezzo, Italy.
- Huang, B., Hwang, M.J. and Yang, C.W. (2008), "Causal relationship between energy consumption and GDP growth revisited: a dynamic panel data approach", *Ecological Economics*, Vol. 67 No. 1, pp. 41-54.
- Istituto Nazionale di Economia Agraria (INEA), (2006), *Carta forestale regionale*, Basilicata, Italy.
- International Panel of Climate Change (IPCC), (2013), *Climate change 2013: the physical science basis*. Available from: [http://www.climatechange2013.org/images/uploads/WGIAR5\\_WGI-12Doc2b\\_FinalDraft\\_All.pdf](http://www.climatechange2013.org/images/uploads/WGIAR5_WGI-12Doc2b_FinalDraft_All.pdf). [7 October 2013].
- Istituto Sperimentale per l'Assessmento Forestale e per l'Alpicoltura (ISAFa), (1980), *Tavole stereometriche ed alsometriche costruite per i boschi italiani*, Trento.
- La Marca, O. (1981), *Ricerche dendrometriche ed auxometriche sui cedui di Castagno (Castanea sativa Mill.) della Valle dell'Irno (AV e SA)*. Accademia Italiana di Scienze Forestali, Vol. 30, pp. 3-44.
- Leccese, A. (2000), *Prodromi di tipologia forestale per le fasce montana e submontana del Lazio*. Ph. D. University of Tuscia.
- Neri, F. and Piegai, F. (2007), "Produttività e costi di trasformazione nell'utilizzazione di materiale legnoso in biomassa (chips)", *L'Italia forestale e montana*, Vol. 62 No. 5/6, pp. 385-398.
- Panoutsou, C., Eleftheriadis, J. and Nikolaou, A. (2009), "Biomass supply in EU27 from 2010 to 2030", *Energy Policy*, Vol. 37 No. 12, pp. 5675-5686.
- Parker, H. D. (1988), "The unique qualities of a geographic information system: a commentary", *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, Vol. 54 No. 11, pp. 1547-1549.
- Perpina, C., Alforonso, D., Perez-Navarro, A., Penalvo, E., Vargas, C. and Cardenas, R. (2009), "Methodology based on Geographic Information System for biomass logistic and transport optimization", *Renewable Energy*, Vol. 34 No. 3, pp. 555-565.
- Pettenella, D. (2000), "I sottoprodotti del legno: una risorsa da valorizzare?", *Il legno*, Vol. 79 No.169.
- Romano, S., Cozzi, M., Viccaro, M. and Di Napoli, F. (2013a), "The green economy for sustainable development: A spatial multi-criteria analysis - Ordered weighted averaging approach in the siting process for short rotation forestry in the Basilicata Region, Italy", *Italian Journal of Agronomy* Vol. 8 No. 3 , pp. 158-167.
- Romano, S., Cozzi, M., Di Napoli, F. and Viccaro, M. (2013b), "Building agro-energy supply chains in the Basilicata region: technical and economic evaluation of interchangeability between fossil and renewable energy sources", *Energies*, accepted for publication.
- Smeets, E.M.W., Faaij, A.P.C., Lewandowski, I.M. and Turkenburg, W.C. (2007), "A bottom-up assessment and review of global bio-energy potentials to 2050", *Progress in Energy and Combustion Science*, Vol. 33 No. 1, pp. 56-106.

- Spinelli, R., Nati, C. and Magagnotti, N. (2003), *Raccolta di legno cippato dalle giovani peccete artificiali del Feltrino*, CNR, Istituto per la ricerca sul legno, Firenze. Available from: <http://www.biomassaforestale.org/ivalsa/file/Raccolta%20di%20legno%20cippato%20dalle%20giovani%20peccete%20artificiali%20del%20Feltrino.pdf>, [20 september 2013].
- Stern, N. (2007), *The Economics of Climate Change*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Tenerelli, P. and Carver, S. (2012), "Multi-criteria, multi-objective and uncertainty analysis for agro-energy spatial modeling", *Applied Geography*, Vol. 32 No. 2, pp. 724-736.
- Tenerelli, P. and Monteleone, M. (2008). A combined land-crop multicriteria evaluation for agro-energy planning. In: *16<sup>th</sup> European Biomass Conference and Exhibition*. Valencia, June 2008.
- Tenerelli, P., Pantaleo, A., Carone, M.T., Pellerano, A. and Recchia, L., (2007), Spatial, environmental and economic modeling of energy crop routes: liquid vs solid biomass to electricity chains in Puglia Region. In: *15<sup>th</sup> European Biomass Conference and Exhibition*. Berlin, 7-11 May 2007.
- Thomas, A., Bond, A. and Hiscock, K. (2013), "A GIS based assessment of bioenergy potential in England within existing energy system", *Biomass and Bioenergy*, Vol. 55, pp. 107-121.
- Thrän, D., Seidenberger, T., Zeddies, J. and Offermann, R. (2010), "Global biomass potentials e resources, drivers and scenario", *Energy for Sustainable Development*, Vol. 14 No. 3, pp. 200-205.
- Valdez-Vazquez, I., Acevedo-Benitez, J.A. and Hernández-Santiago, C. (2010), "Distribution and potential of bioenergy resources from agricultural activities in Mexico", *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, Vol. 14 No. 7, pp. 2147-2153.
- Verani, S., Sperandio, G., Picchio, R. and Savelli, S. (2009), *La raccolta della biomassa forestale. Tecniche, economia e sicurezza del lavoro*, Grafica Salaria, Monterotondo, Roma.
- Voivontas, D., Assimacopoulos, D. and Koukios, E.G. (2001), "Assessment of biomass potential for power production: a GIS based method", *Biomass and Bioenergy*, Vol. 20 No. 2, pp. 101-112.
- Koshkarirov, A.V., Tikunov, V.S. and Trofimov, A.M. (1989), "The current state main trends in the development of geographical information system in the USSR", *International Journal of Geographical Information Systems*, Vol. 3 No. 3, pp. 257-272.
- Kurka, T., Jefferies, C. and Blackwood, D. (2012), "Gis-based location suitability of decentralized, medium scale bioenergy developments to estimate transport CO<sub>2</sub> emissions and costs", *Biomass and Bioenergy*, Vol. 46, pp. 366-379.