



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE

## FLORE

# Repository istituzionale dell'Università degli Studi di Firenze

### **Analisi delle potenzialità di sviluppo di una filiera biomassa-energia nel contesto toscano e dimensionamento dei bacini di raccolta**

Questa è la Versione finale referata (Post print/Accepted manuscript) della seguente pubblicazione:

*Original Citation:*

Analisi delle potenzialità di sviluppo di una filiera biomassa-energia nel contesto toscano e dimensionamento dei bacini di raccolta / C. Fagarazzi; I. Bernetti; C. Daniele. - STAMPA. - (2003), pp. 231-262.

*Availability:*

This version is available at: 2158/781367 since:

*Publisher:*

Centro Stampa 2P

*Terms of use:*

Open Access

La pubblicazione è resa disponibile sotto le norme e i termini della licenza di deposito, secondo quanto stabilito dalla Policy per l'accesso aperto dell'Università degli Studi di Firenze (<https://www.sba.unifi.it/upload/policy-oa-2016-1.pdf>)

*Publisher copyright claim:*

(Article begins on next page)

## Capitolo 8

### Analisi delle potenzialità di sviluppo di una filiera biomassa-energia nel contesto Toscano e dimensionamento dei bacini di raccolta

#### Introduzione

Le nuove tecnologie disponibili nel settore energetico offrono nuove opportunità sia in termini di maggiore varietà di combustibili vegetali impiegabili (es. *chips e pellets* prodotto dai residui agro-forestali), sia in termini di maggiori capacità lavorativa delle imprese nelle fasi di raccolta e trasformazione delle biomasse.

Sulla base di tale premessa è stata quindi sviluppata un'analisi diretta a valutare le reali potenzialità di sviluppo di una "filiera biomassa-energia" fondata sia sull'impiego di residui di lavorazione derivati da attività selvicolturali, da potature delle colture arboree agrarie (vigneti, oliveti e frutteti) e da residui dell'industria del legno, sia sull'impianto di colture arboree dedicate (rappresentate dai cedui a turno brevissimo - *Short Rotation Forestry*) nelle aree agricole marginali.

Il lavoro si è articolato attraverso le seguenti fasi:

- organizzazione territoriale della filiera e definizione dei bacini di approvvigionamento della materia prima;
- analisi dei modelli aziendali potenzialmente realizzabili e delle corrispondenti capacità produttive;
- quantificazione del numero di imprese collocabili in ciascun bacino.

#### Individuazione dei centri locali di valorizzazione delle biomasse e dimensionamento dei bacini

Per perimetrare i bacini di approvvigionamento è stato necessario individuare preliminarmente la localizzazione dei *centri di valorizzazione delle biomasse*. Per fare ciò si è proceduto all'identificazione delle aree che presentavano una elevata vocazionalità allo sviluppo di imprese legate alla raccolta, trasporto e trasformazione delle biomasse a fini energetici.

L'identificazione di queste aree è stata eseguita attraverso l'analisi congiunta di una serie di variabili, di cui le più rilevanti sono rappresentate da:

- distribuzione territoriale dei diversi tipi di risorse energetiche (residui delle attività forestali, residui agricoli e aree vocate all'inserimento di colture energetiche dedicate);
- distribuzione delle aree residenziali ed industriali;
- distribuzione della viabilità regionale principale e secondaria;
- distribuzione delle imprese del settore delle utilizzazioni forestali e del settore agrario;
- capacità lavorative dei modelli d'impresa ipotizzati.

In particolare, sono state identificate 19 località situate in aree che presentavano una uniformità delle risorse energetiche disponibili (prevalenza di residui o di origine agraria o

forestale o di colture dedicate), oltre ad una discreta disponibilità di superfici già destinate al settore industriale, una buona viabilità principale ed una elevata specializzazione territoriale legata al settore agricolo o forestale. L'identificazione di centri di valorizzazione delle biomasse in corrispondenza di comuni con elevata concentrazione di imprese forestali e/o agricole parte dall'ipotesi che le imprese che si collocheranno nella filiera biomassa-energia deriveranno dalla conversione di imprese tradizionali operanti nel settore delle utilizzazioni forestali e nel settore agricolo.

L'esame congiunto di questi fattori ha quindi portato all'individuazione di 19 località con elevata potenzialità di sviluppo di *centri di valorizzazione delle biomasse*. Bisogna comunque sottolineare che si tratta di indicazioni di massima che, in ragione della buona disponibilità di infrastrutture viarie delle località esaminate, potrebbero subire modificazioni sostanziali. Lo sviluppo, in ciascuna area, di adeguati studi di fattibilità potrebbe infatti portare all'identificazione di siti ottimali<sup>1</sup> in località situate anche a qualche chilometro rispetto a quelle individuate con la presente valutazione. Ciò non inficerebbe i risultati conseguiti con l'attuale ricerca poiché la presenza di una buona viabilità nelle immediate vicinanze delle località esaminate permette l'identificazione di siti alternativi senza incrementare enormemente i costi di trasporto e quindi garantendo l'efficienza economica della filiera.

Una volta identificati i *centri di valorizzazione delle biomasse* nei quali opereranno le imprese di raccolta e trasformazione delle biomasse, è stata eseguita la perimetrazione dei *bacini di approvvigionamento* ed il dimensionamento delle imprese da collocare in ciascun centro.

La perimetrazione dei bacini di raccolta è stata realizzata attraverso la definizione di un modello geografico di stima in grado di calcolare, per ogni *pixel* del Sistema Informativo Territoriale, i costi di raccolta e trasporto dei residui forestali. Il modello di analisi applicato ha definito i percorsi minimi, e conseguentemente i costi minimi, che debbono essere sostenuti per raggiungere ciascun *pixel*.

Il dimensionamento delle aziende è stato invece eseguito attraverso l'individuazione di una serie di modelli aziendali dimensionalmente efficienti. In particolare, sono state definite le dimensioni aziendali che minimizzano il costo medio di lungo periodo<sup>2</sup> (approccio economico neoclassico per valutazione di lungo periodo). Per questo tipo di valutazione si è proceduto attraverso una analisi d'impresa basata sull'approccio *full costing* (Liberatore, 1995; Bernetti, 2001).

La delimitazione dei bacini di approvvigionamento ha quindi permesso il calcolo dei residui disponibili, distinti per tipologia, in ciascun bacino di approvvigionamento, mentre il dimensionamento aziendale ha portato alla identificazione delle capacità lavorative di ogni tipologia di impresa identificata.

---

<sup>1</sup> Per l'insediamento dei *centri di valorizzazione delle biomasse*.

<sup>2</sup> All'interno del *range* dei costi medi minimi si sono considerati parametri di efficienza che non si riflettono sul costo medio, è questo il caso di:

fattori strutturali (viabilità, imposti, morfologia)

quantità di biomassa lavorabile in relazione al raggio di azione dell'impresa

Questi fattori hanno costituito dei vincoli in sede di dimensionamento aziendale.

Sulla base di questi due parametri, quantità di residui disponibili in ciascun bacino e capacità lavorativa di ogni impresa, sono state quindi strutturate e dimensionate (numero imprese e numero di addetti) le filiere potenzialmente inseribili in ogni bacino di approvvigionamento.

## **La perimetrazione dei bacini di raccolta attraverso modelli di analisi spaziale**

### *Il modello dei costi di trasporto*

Il sistema di trasporto su strada rappresenta il metodo più appropriato per la movimentazione delle biomasse legnose prodotte dal settore agro-forestale. In ambito regionale le arterie stradali rappresentano infatti le infrastrutture maggiormente diffuse.

Il costo connesso al trasporto della biomassa può incidere sensibilmente sul costo totale del prodotto sia in relazione alla quantità di materiale trasportato ed ai tempi impiegati per la movimentazione, sia in relazione ai costi unitari dei mezzi impiegati. La massima efficienza può essere ottenuta solamente bilanciando questi tre fattori, così da ottenere la combinazione economicamente più efficiente.

Per quanto riguarda il primo fattore, portata dei mezzi, essa varia da un minimo di 16 metri cubi nel caso di trattori con rimorchio ad un massimo di circa 100 metri cubi dei comuni autotreni. Nel caso di trasporto di biomasse sminuzzate è però difficile sfruttare interamente la portata in relazione alla capacità volumetrica del veicolo.

I tempi di trasporto possono essere classificati in:

- tempi di viaggio (andata e ritorno)
- tempi di carico
- tempi di scarico.

Il costo orario infine dipende dal tipo di veicolo ed è crescente sulla base delle seguenti categorie di veicolo:

- trattore agricolo con rimorchio
- autocarro
- autocarro portacontainers
- autotreno

Calcolando i costi di trasporto per tonnellata (Figura 1) su diverse distanze è possibile constatare come la convenienza all'utilizzo del trattore cessa oltre i 6 chilometri, mentre oltre i 6 chilometri comincia a divenire efficiente l'impiego dell'autotreno.

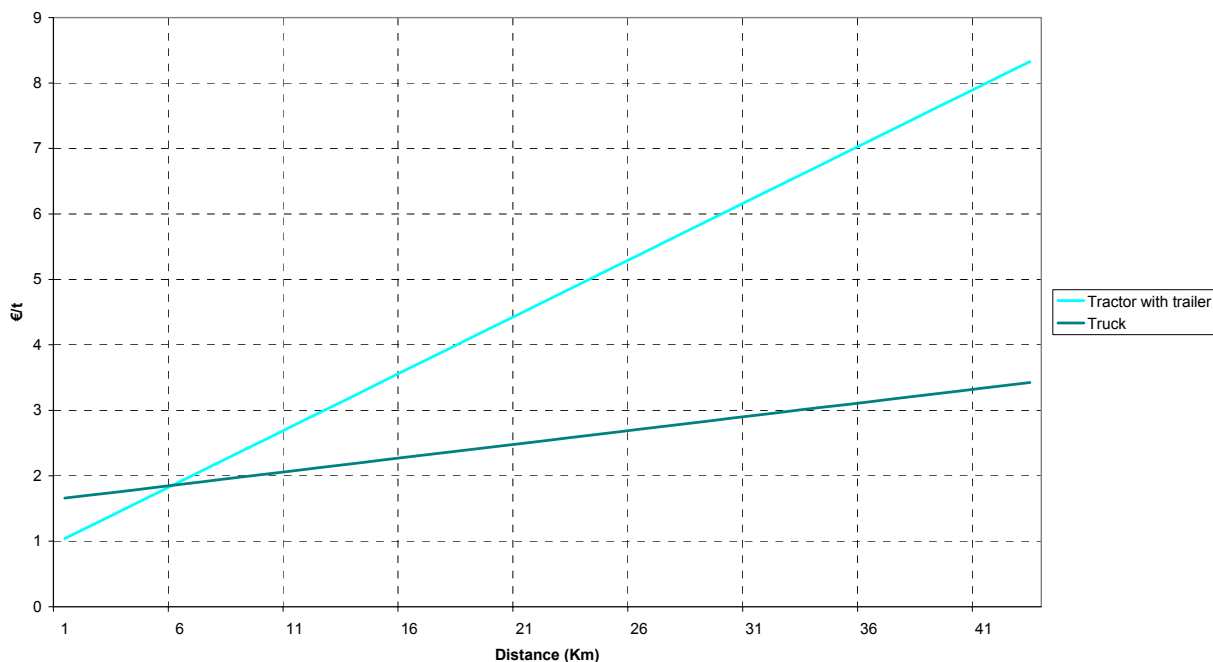


Figura 1 - Costo di trasporto per tonnellata in funzione della distanza.

Combinando costo, portata e tempi di lavoro con le caratteristiche tecniche dei diversi veicoli si possono dare le seguenti indicazioni di massima.

Trattore agricolo con rimorchio: E' il mezzo che presenta la portata minore ed i tempi di lavoro più alti, ma è anche quello senz'altro più economico. E' inoltre il mezzo meno esigente per quanto riguarda le caratteristiche geometriche delle strade (pendenze, larghezza e raggi di curva) e quindi più adattabile nel caso di viabilità non ottimale. E' infine un mezzo facilmente reperibile nelle zone rurali.

Autocarro: E' preferibile in caso di distanze di trasporto più elevate, se la viabilità lo permette. Rispetto al trattore il carico trasportato e la velocità di percorrenza è maggiore. I tempi di carico e scarico sono invece simili al caso precedente.

Autocarro portacontainers. Il principale vantaggio di questo sistema è la velocità di scarico, dal momento che ciascun containers è staccabile dalla motrice. Tuttavia i containers hanno una portata limitata e questo influisce negativamente sui costi di trasporto.

Autotreno. Su lunghe distanze è senz'altro il mezzo più conveniente. E' però molto raro che le strade forestali regionali nonché molte strade rurali abbiano caratteristiche geometriche adatte alla percorrenza con questo mezzo. Nell'area di studio, non è stato possibile ipotizzare l'impiego di questo mezzo a causa delle limitate distanze di trasporto<sup>3</sup> di ciascun bacino di approvvigionamento, ma soprattutto a causa delle caratteristiche

<sup>3</sup> Che raggiungono al massimo gli 85 Km nel bacino di Abbadia S. Salvatore.

morfologiche del territorio che non permettono la realizzazione di impianti (piazze di carico situati in bosco) di dimensioni idonee al transito con autoarticolati.

Di conseguenza, nel presente studio, la funzione di costo di trasporto totale deriva da una modellizzazione dei costi basata sull'impiego di sistemi quali: trattore con rimorchio ed autocarro (Figura 1). In particolare, il modello ha minimizzato i costi di trasporto di ciascun pixel, utilizzato o il sistema di trasporto con trattore o il sistema con autocarro in relazione ai rispettivi costi (eq. 1, 2 e Figura 1).

$$\begin{aligned} C_{Tt,i} &= C_{Ft} + C_{Vt} \cdot D_i \\ C_{Ta,i} &= C_{Fa} + C_{Va} \cdot D_i \end{aligned} \quad (1)$$

dove:

- $C_{Tt,i}$  = Costo totale di trasporto con trattore con rimorchio (€/t) del pixel  $i$ -esimo;
- $C_{Ta,i}$  = Costo totale di trasporto con autocarro (€/t) del pixel  $i$ -esimo;
- $C_{Ft}$  = Costi fissi di trasporto (€/t) con trattore con rimorchio;
- $C_{Vt}$  = Costi variabili di trasporto (€/t) con trattore con rimorchio;
- $C_{Fa}$  = Costi fissi di trasporto (€/t) con autocarro;
- $C_{Va}$  = Costi variabili di trasporto (€/t) con autocarro;
- $D_i$  = Distanza (Km) fra il pixel  $i$ -esimo al più vicino centro di stoccaggio.

Dall'esame delle funzioni di costo (Figura 1) si deduce che è conveniente utilizzare il sistema trattore con rimorchio (portata 16 m<sup>3</sup>) per tutte le aree situate entro un raggio di circa 6 Km rispetto ai centri di stoccaggio, mentre conviene utilizzare l'autocarro (capacità di 50 m<sup>3</sup>) per tutte le superfici situate a distanze superiori.

Per il calcolo dei costi unitari (€/t), sono stati presi in considerazione dei costi medi giornalieri di circa 270 € per il trattore e 400 € per l'autocarro. In relazione ai tempi di carico e scarico ed ai tempi di trasporto ed accessori, è stato quindi definito il costo unitario del prodotto.

La formalizzazione del modello di costo è quindi la seguente:

$$C_{Ti} = \min \{ C_{Tt,i}, C_{Ta,i} \} \quad (2)$$

dove  $C_{Ti}$  è il costo di trasporto totale (€/t) del pixel  $i$ -esimo.

In figura 2 è rappresentata la funzione di costo totale in relazione alla distanza di trasporto della biomassa.

### *Perimetrazione dei bacini di approvvigionamento*

L'applicazione del modello dei costi di trasporto al contesto territoriale toscano, ha portato alla definizione di una base dati raster che individua, per ciascun pixel (di maglia quadrata con 400 m di lato<sup>4</sup>), il costo di trasporto per unità di massa (€/t). Il risultato, illustrato

---

<sup>4</sup> Perfettamente sovrapponibile alla base dati dell'Inventario Forestale della Regione Toscana.

nell'allegato H 2, definisce i costi di trasporto dei soli pixel nei quali il recupero dei residui di lavorazione origina un reddito positivo.

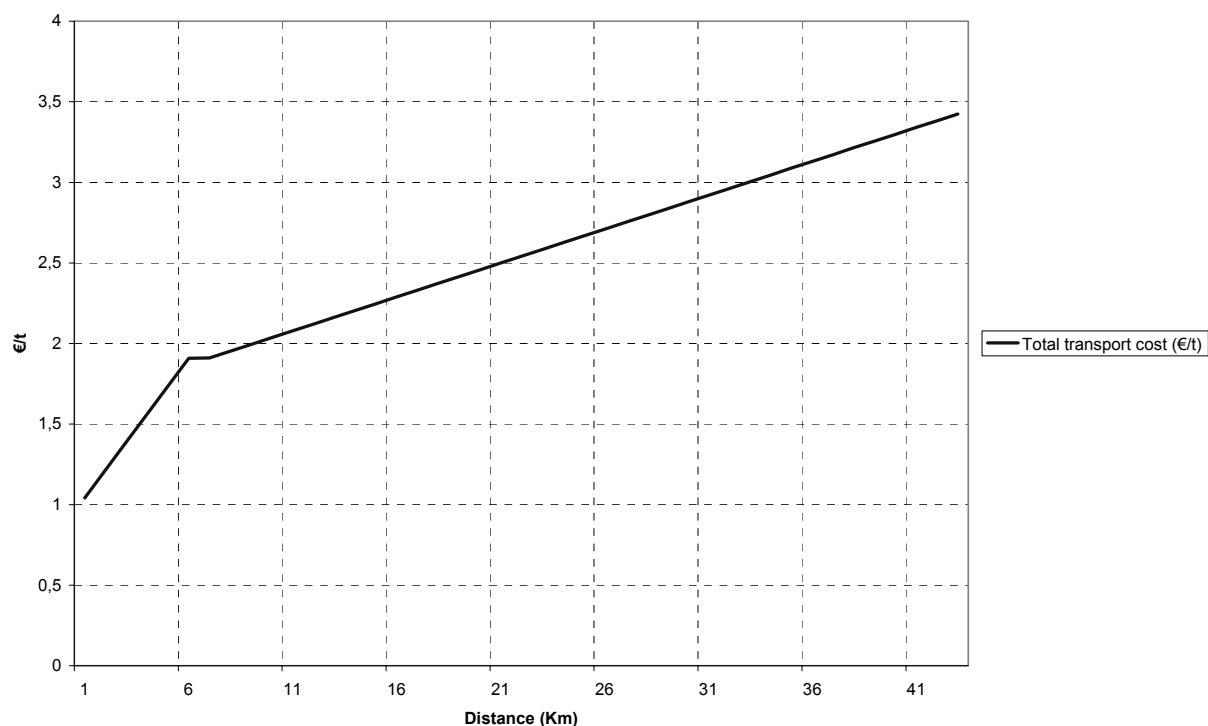


Figura 2 - Costo totale di trasporto per tonnellata di biomassa in relazione alla distanza

La variabile “distanza percorsa” dagli automezzi, considerata per il calcolo del costo di trasporto, è stata definita attraverso un modello di analisi spaziale. Il modello, appositamente sviluppato per la perimetrazione dei *bacini di approvvigionamento*, ha definito i costi di trasporto delle biomasse presenti in ogni pixel in relazione ai *centri locali di valorizzazione delle biomasse*, precedentemente individuati, nei quali si ipotizza che operino imprese di trasformazione che usufruiscono di risorse fornite da aziende specializzate nella raccolta. In relazione ai 19 *Centri di Valorizzazione delle Biomasse* il modello di analisi è stato in grado di definire i percorsi minimi, e conseguentemente i costi minimi, che debbono essere sostenuti per raggiungere ciascun *pixel*. Per fare ciò sono stati preventivamente definiti per ciascun *pixel* dei “pesi di transito”, ossia dei coefficienti che identificano, in ragione della pendenza, la lunghezza del percorso che è necessario compiere per attraversare il *pixel*<sup>5</sup> (Figura 2).

<sup>5</sup> Nel caso che il pixel sia attraversato da una strada il peso di transito assume sempre valore unitario.

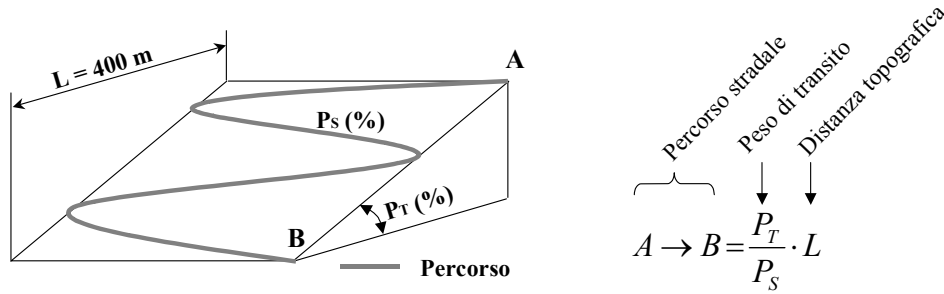


Figura 3 - Identificazione dei Pesi di transito

La funzione di analisi spaziale può essere formalizzata secondo il seguente algoritmo:

$$A_{\Gamma} = \sum_{i \in I} P_i \quad (3)$$

s.a.  $I \mid CT_i^{\gamma} \leq CT_i^l \quad \forall l \in \Gamma, l \neq i$

$$CT_i^{\gamma} = \min C_K = \min_{i \in K} \sum C_i \quad (4)$$

s.a.

$$C_i = \begin{cases} Co_i & \left\{ \begin{array}{l} \text{se } \exists \text{ strada} \\ \text{or} \\ \text{se non } \exists \text{ strada and } P_{Ty} \leq 5\% \end{array} \right. \\ \frac{P_{Ti}}{P_S} \cdot Co_i & \text{se non } \exists \text{ strada and } P_{Ty} > 5\% \end{cases}$$

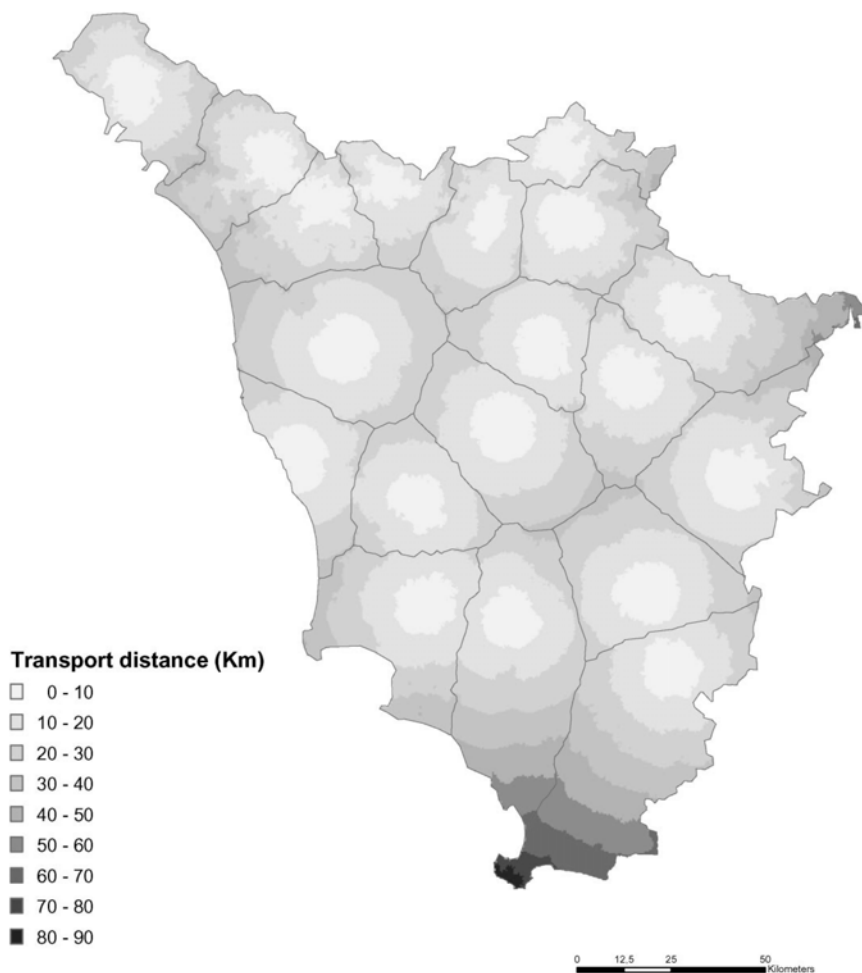
dove:

- $A_{\Gamma}$  = Bacino di raccolta relativo al  $\gamma$ -esimo centro di stoccaggio;
- $P_i$  = Pixel  $i$ -esimo dell'area di studio;
- $I$  = Insieme dei *pixel* presenti nell'area di studio;
- $CT_i^{\gamma}$  = Costo totale di trasporto del pixel  $i$ -esimo rispetto al centro di stoccaggio  $\gamma$ -esimo;
- $CT_i^l$  = Costo totale di trasporto del pixel  $i$ -esimo rispetto al  $l$ -esimo centro di stoccaggio;
- $\Gamma$  = Insieme dei centri di stoccaggio;
- $C_K$  = Costo del  $k$ -esimo percorso per giungere dal pixel  $i$ -esimo al centro di stoccaggio  $\gamma$ -esimo;
- $K$  = Insieme dei pixel  $i$  che costituiscono il percorso  $k$ -esimo;
- $C_i$  = Costi di transito del pixel  $i$ -esimo;



$Co_i$  = Costo di transito dei *pixels* serviti da strada o con pendenza  $\leq 5\%$  ;  
 $P_{Ti}$  = Pendenza dell'*i*-esimo *pixel* ;  
 $P_S$  = Pendenza standard della strada (5%).

Il modello consente perciò di stimare il costo di trasporto necessario per giungere dal centro di stoccaggio (centro di valorizzazione delle biomasse) fino al centro di ciascun *pixel*, tenendo conto della presenza/assenza di viabilità. I bacini di raccolta della biomassa sono stati poi definiti tramite una procedura di minimizzazione dei costi di trasporto (Figura 3).



**Figura 4 - Identificazione dei bacini di approvvigionamento e delle distanze di trasporto**

Una volta definiti i perimetri dei *bacini raccolta* sono state calcolate le quantità di residui realmente ottenibili da ciascuna area (distinte per tipologia e stagione) e sono state dimensionate e strutturate<sup>6</sup> le *reti locali di imprese* potenzialmente inseribili in ciascun *bacino*.

## I costi di trasporto dei distretti

L'applicazione del modello nel contesto toscano, ha portato alla definizione dei costi di trasporto minimi e massimi individuabili in ciascun bacino ed alla corrispondente distribuzione di frequenza (Figura 4). In dettaglio, i costi di trasporto dei residui derivati dalle colture arboree agrarie presentano, nel contesto territoriale toscano, un costo medio di 0,77 €/t ed una deviazione standard di 0,41 €/t (Tabella 1).

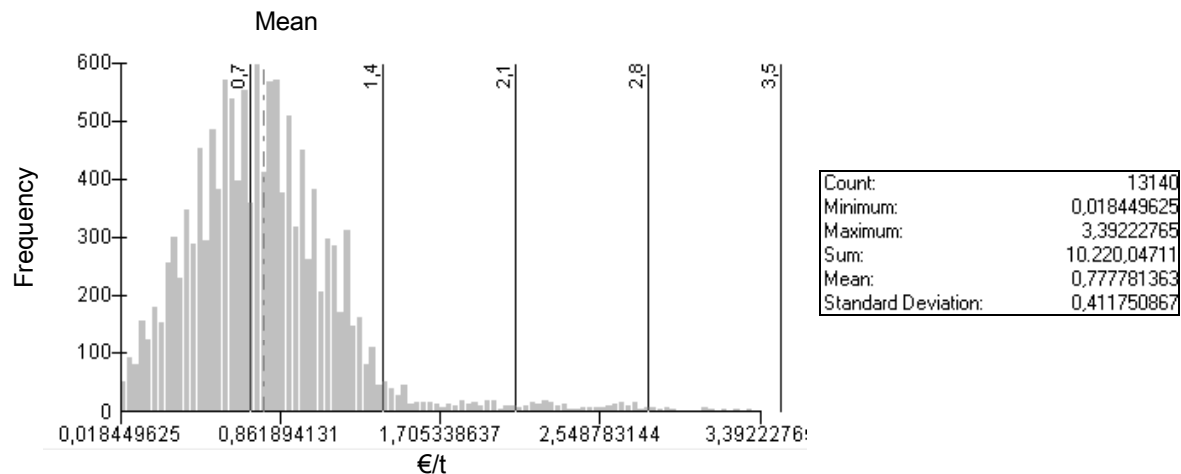


Figura 5 - Distribuzione di frequenza dei costi di trasporto per residui da colture arboree agrarie

I risultati, valutati rispetto ai diversi bacini di approvvigionamento, evidenziano la presenza di un costo medio di trasporto più elevato in corrispondenza dei bacini di Abbadia S. Salvatore (1,43 €/t); Roccastrada (1,16 €/t) e Ponte a Poppi (0,94 €/t), mentre risulta ridotto per i bacini di Strada in Chianti (0,61 €/t), V. Lunigiana (0,62 €/t), Pomarance (0,63 €/t), S.G. Valdarno (0,66€/t) e Poggibonsi-Castelfiorentino (0,67 €/t).

I costi di trasporto delle biomasse prodotte dalle colture SRF pur presentando un valore medio pressoché analogo a quello delle colture agrarie (0,71 €/t) assumono una distribuzione di frequenza più ampia, come dimostrato dalla deviazione standard che in questo caso assume un valore di quasi 0,48 €/t .

<sup>6</sup> Sulla base delle capacità produttive di ciascun modello di impresa.

Bacino di approvvigionamento	Area con colture arboree agrarie (ha)	Costi (€/t)				
		Min	Max	Range	Media	Dev. Standard
Villafranca Lunigiana	6.336	0,04	1,51	1,47	0,62	0,30
Firenzuola	1.936	0,10	1,56	1,46	0,68	0,36
Castelnuovo Garfagnana	7.024	0,03	1,52	1,49	0,83	0,40
S. Marcello Pistoiese	5.120	0,14	1,27	1,14	0,83	0,22
Bagni di Lucca	10.768	0,09	1,49	1,40	0,86	0,28
Borgo S. Lorenzo	8.368	0,04	1,47	1,44	0,74	0,24
Vaiano	11.712	0,03	1,35	1,33	0,85	0,31
Ponte a Poppi	3.152	0,09	2,51	2,42	0,94	0,33
Strada in Chianti	30.976	0,02	1,29	1,27	0,61	0,25
Pontedera	24.992	0,02	1,40	1,38	0,75	0,30
S.G. Valdarno	14.656	0,10	1,40	1,30	0,66	0,31
Poggibonsi	22.528	0,02	1,38	1,36	0,67	0,30
Pomarance	1.280	0,06	1,00	0,94	0,63	0,23
Castiglion Fiorentino	14.512	0,02	1,57	1,56	0,67	0,29
Rosignano	6.656	0,02	1,44	1,42	0,77	0,31
S. Quirico D'orcia	10.288	0,04	1,43	1,39	0,75	0,25
Massa Marittima	8.768	0,02	1,61	1,59	0,89	0,37
Roccastrada	10.000	0,04	2,70	2,66	1,16	0,62
Abbadia S. Salvatore	11.504	0,08	3,39	3,31	1,43	0,78

Tabella 1 - Costi di trasporto dei residui derivati da colture arboree agrarie

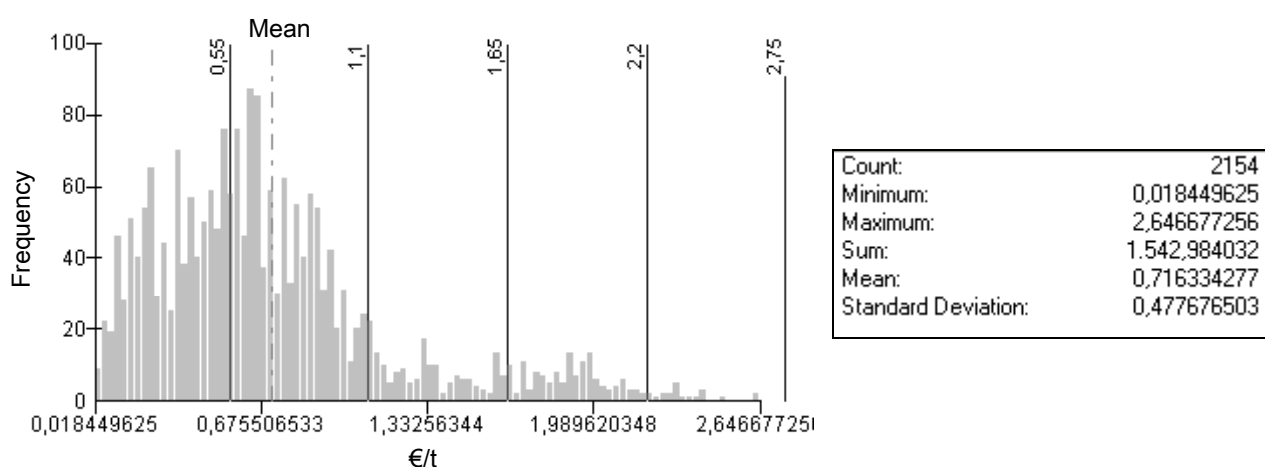


Figura 6 - Distribuzione di frequenza dei costi di trasporto per colture SRF

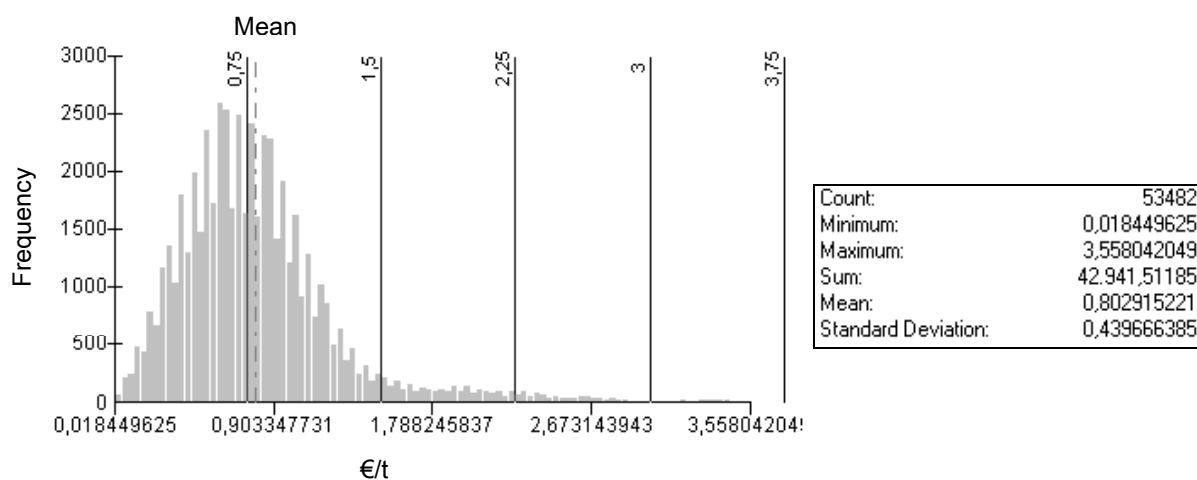
In questo caso i costi di trasporto, valutati rispetto ai diversi bacini di approvvigionamento, assumono un significato solo per quei distretti in cui l'entità di superficie dedicabile a colture SRF ha una consistenza sufficiente a garantire l'approvvigionamento di almeno una impresa di raccolta (Tabella 2).

Infatti, dall'esame della tabella 2, emerge che ben 7 bacini presentano una superficie inferiore ai 300 ettari, insufficiente a garantire l'approvvigionamento di una impresa di raccolta specializzata in tale settore. Le restanti aree, prevalentemente collocate in zone pedemontane dell'appennino, presentano dei costi medi che oscillano dai 2,58 €/t di Ponte a Poppi agli 0,85 €/t di Vaiano, e delle deviazioni standard variabili da 0,62 €/t a 0,20 €/t.

Bacini di raccolta	Area con potenziali colture SRF (ha)	Costi (€/t)				
		Min	Max	Range	Media	Dev. Standard
Villafranca Lunigiana	3.952	0,04	1,52	1,48	0,61	0,28
Firenzuola	6.128	0,02	1,60	1,58	0,42	0,30
Castelnuovo Garfagnana	2.016	0,07	1,22	1,15	0,59	0,29
S. Marcello Pistoiese	1.280	0,02	1,12	1,10	0,53	0,32
Bagni di Lucca	1.712	0,07	1,41	1,34	0,79	0,30
Borgo S. Lorenzo	2.048	0,23	1,58	1,35	0,61	0,25
Vaiano	1.264	0,06	0,91	0,85	0,52	0,20
Ponte a Poppi	8.784	0,07	2,65	2,58	1,14	0,62
Strada in Chianti	16	0,63	0,63	0,00	0,63	0,00
Pontedera	16	0,80	0,80	0,00	0,80	0,00
S.G. Valdarno	224	0,45	0,83	0,38	0,66	0,11
Poggibonsi	16	0,79	0,79	0,00	0,79	0,00
Pomarance	48	0,45	0,67	0,23	0,53	0,10
Castiglion Fiorentino	528	0,39	1,77	1,38	0,92	0,39
S. Quirico D'orcia	272	0,49	0,78	0,29	0,64	0,07
Massa Marittima	32	0,67	0,73	0,06	0,70	0,03
Abbadia S. Salvatore	6.144	0,06	1,45	1,39	0,62	0,27

**Tabella 2 - Costi di trasporto dei residui derivati da colture SRF**

Passando ad esaminare i costi di trasporto delle biomasse prodotte dalle colture forestali, possiamo osservare che il costo medio complessivo è in questo caso molto più elevato (0,80 €/t). Ciò è imputabile alla prevalente distribuzione di queste colture in zone montane particolarmente acclivi, che sono raggiungibili solo attraverso percorsi molto articolati.



**Figura 7 - Distribuzione di frequenza dei costi di trasporto per colture forestali**

<i>Bacini di raccolta</i>	<i>AREA (ha)</i>	<i>Costi (€/t)</i>				
		<i>Min</i>	<i>Max</i>	<i>Range</i>	<i>Media</i>	<i>Dev. Standard</i>
<i>Villafranca Lunigiana</i>	61.712	0,02	1,82	1,81	0,74	0,30
<i>Firenzuola</i>	32.272	0,03	2,07	2,04	0,75	0,44
<i>Castelnuovo Garfagnana</i>	54.368	0,02	1,73	1,71	0,73	0,33
<i>S. Marcello Pistoiese</i>	42.480	0,03	1,36	1,33	0,60	0,24
<i>Bagni di Lucca</i>	43.840	0,02	1,53	1,51	0,63	0,31
<i>Borgo S. Lorenzo</i>	54.720	0,07	1,81	1,74	0,78	0,31
<i>Vaiano</i>	31.376	0,05	1,35	1,29	0,67	0,27
<i>Ponte a Poppi</i>	82.576	0,06	2,88	2,82	0,93	0,48
<i>Strada in Chianti</i>	21.680	0,05	1,29	1,24	0,61	0,23
<i>Pontedera</i>	18.208	0,10	1,45	1,35	0,79	0,28
<i>S.G. Valdarno</i>	49.440	0,04	1,42	1,39	0,77	0,26
<i>Poggibonsi</i>	44.880	0,07	1,44	1,37	0,75	0,26
<i>Pomarance</i>	37.888	0,04	1,33	1,29	0,70	0,24
<i>Castiglion Fiorentino</i>	46.656	0,10	2,14	2,03	0,88	0,34
<i>Rosignano</i>	21.200	0,05	1,51	1,45	0,73	0,27
<i>S. Quirico D'orcia</i>	32.944	0,05	1,44	1,39	0,77	0,27
<i>Massa Marittima</i>	53.360	0,04	1,74	1,69	0,75	0,38
<i>Roccastrada</i>	52.976	0,04	2,48	2,43	0,94	0,53
<i>Abbadia S. Salvatore</i>	74.032	0,04	3,56	3,51	1,27	0,80

**Tabella 3 - Costi di trasporto dei residui derivati da aree forestali**

## Le risorse dei distretti

### *I Residui prodotti dall'industria del legno*

A differenza dei residui derivati dal settore agricolo e forestale, la stima dei residui prodotti dall'industria del legno all'interno di ogni bacino di approvvigionamento ha richiesto una serie di elaborazioni. Nel caso del settore della prima trasformazione del legno infatti le fonti statistiche ufficiali fanno riferimento ai Comuni, mentre nel presente studio abbiamo l'esigenza di stimare tali residui in relazione ai bacini di approvvigionamento definiti attraverso analisi geografiche specifiche. Ora, poiché i bacini di approvvigionamento, definiti in precedenza, sono stati strutturati attraverso un procedimento analitico che si svincola dai classici criteri di aggregazione di municipalità, ci troviamo di fronte al problema di come imputare i residui, stimati a livello Comunale, a ciascun bacino di approvvigionamento.

Tale problema è stato risolto sviluppando un procedimento analitico strutturato secondo le seguenti fasi:

- stima dei residui medi regionale pro-addetto di ogni settore (segherie, semifiniti, falegnamerie e mobilifici);
- stima, per ogni Comune, del residuo medio di ogni settore (segherie, semifiniti, falegnamerie e mobilifici);
- disaggregazione dei residui comunali settoriali in relazione alle superfici urbanizzate di ogni comune;

- attribuzione dei residui urbani settoriali rispetto ad ogni bacino di approvvigionamento;
- stima dei residui settoriali di ogni bacino di approvvigionamento.

Per sviluppare le suddette fasi è stato necessario applicare un approccio che sottende ad una serie di assunzioni; innanzitutto è stato ipotizzato che esista una relazione diretta fra produttività aziendale, addetti del settore e produzione di residui; secondariamente che le imprese siano localizzate solo in aree urbanizzate e che esista una relazione diretta fra numero di imprese del settore legno e superficie urbanizzata comunale. In relazione a tali assunti, i residui dell'industria del legno sono stati stimati prendendo in considerazione quattro diversi settori: quello delle segherie, dei semifiniti, delle falegnamerie e dei mobilifici.

Nella prima fase sono stati definiti i residui medi regionali pro-capite degli addetti operanti nei diversi settori (tonnellate di residui per addetto del settore). In particolare, la stima dei residui pro-addetto dei primi due settori è stata eseguita sulla base del censimento ISTAT dell'industria del 1997 e dei risultati conseguiti con lo sviluppo del Progetto UE, *Saving Optimising Renewable Traditional Energy (SORTE)*, realizzato dall'ARSIA nel 1997. La valutazione dei residui prodotti dai settori della falegnameria e dei mobilifici sono stati invece calcolati attraverso i dati del "Censimento intermedio dell'industria e dei servizi" (1996) e dati presenti in letteratura (Bernetti et.al. 1993).

Per calcolare i residui medi regionali pro-capite degli addetti di ogni settore si è proceduto al calcolo del rapporto fra i residui totali settoriali (al 1996) ed il numero totale degli addetti impiegati nei settori dell'industria del legno (al 1996)<sup>7</sup> (Tabella 4).

Settore	residui totali (tonn/anno)	Addetti regionali	Residui medio per addetto (ton/add./anno)
<i>Segherie (**)</i>	30.649	1.085	28,25
<i>Semifiniti (**)</i>	128.392	3.348	38,35
<i>Falegnamerie (*)</i>	14.887	8.268	1,80
<i>Mobilifici (*)</i>	2.547	18.429	0,14
<b>Totale</b>	<b>176.476</b>	<b>31.130</b>	

**Tabella 4 – Residui totali e per addetto del settore**

Fonte: (\*) ns. elaborazione su dati annali ISTAT 1997 e progetto SORTE – ARSIA 1997

(\*\*) ns. elaborazione su dati censimento industria 1996 e MARONE E., ROMANO S., CATENI A., SAVIGNANO A., (1996)

Una volta definiti i residui medi regionali per addetto di ciascun settore, è stata stimata la quantità di residui prodotti ogni anno dall'industria del legno (per comune) attraverso il prodotto delle produttività pro-capite e del numero di addetti presenti in ciascuna amministrazione. A questo punto è stato possibile effettuare la disaggregazione dei residui

---

<sup>7</sup> Fonte dati Istat: censimento intermedio dell'industria e dei servizi (1996)

prodotti a livello Comunale in relazione alle aree urbanizzate incluse in ogni municipalità. Per procedere in tal senso è stato necessario sviluppare una analisi territoriale su piattaforma GIS in grado di esaminare congiuntamente il dato quantitativo “residui settoriali di ogni comune” con il dato geografico “superfici dei poligoni relativi alle aree urbanizzate comunali”. La formalizzazione di tale procedura è la seguente:

$$Ril_i = Ril_j \frac{A_i^j}{\sum_{i \in I} A_i^j} \quad (5)$$

Dove:

$Ril_i$  = Residui prodotti dalle industrie del legno collocate nella  $i$ -esima area urbanizzata;

$Ril_j$  = Residui medi annui prodotti dalle industrie del legno situate nel comune  $j$ -esimo

$A_i^j$  = Superficie della  $i$ -esima area urbanizzata appartenente al comune  $j$ -esimo

I = Insieme delle  $i$ -aree appartenenti al comune  $j$ -esimo.

La definizione della quantità di residui per ettaro di superficie urbanizzata comunale ha infatti permesso il calcolo dei residui pertinenti ad ogni poligono, individuato dal layer “località abitate”, attraverso il semplice prodotto fra tale coefficiente e la superficie di ogni poligono. Il risultato di questa fase è costituito da un database geografico in cui il layer “località abitate” presenta un vettore di informazioni aggiuntive rappresentate da:

- residui annui del settore segherie;
- residui annui del settore semifiniti;
- residui annui del settore falegnamerie;
- residui annui del settore mobilifici.

La stima della quantità di residui annui dell’industria del legno prodotti all’interno di ogni bacino di approvvigionamento è stata eseguita attraverso una procedura di disaggregazione, con applicativo GIS, delle aree urbanizzate e delle corrispondenti tabelle attributi<sup>8</sup> rispetto ai perimetri dei bacini di approvvigionamento. Questo tipo di elaborazione ha incontrato alcuni problemi legati all’ubicazione delle superfici urbanizzate. Infatti, molteplici poligoni risultavano situati a cavallo di più bacini con conseguente problema di attribuzione a bacini contigui. Per ovviare a questo problema è stato scelto di procedere alla suddivisione delle aree urbanizzate in più poligoni in ragione dei perimetri dei bacini di raccolta predefiniti. Tale frammentazione ha riguardato soprattutto le aree con elevato livello di urbanizzazione, ossia le province di Firenze, Prato, Pistoia, Pisa e Lucca. Per contro, nella parte sud-ovest e sud-est della Toscana, dove il grado di urbanizzazione è ridotto (province di Siena Grosseto ed Arezzo), tale problema è risultato scarsamente consistente.

---

<sup>8</sup> Attraverso l’unione (“*join*”), o la relazione (“*link*”) di un database descrittivo con la **tabella degli attributi**, è possibile associare agli elementi geografici ulteriori attributi per mezzo di un campo (colonna) che viene condiviso (Poletti, 1998).

L'ultima fase del procedimento analitico è stata diretta alla stima dei residui settoriali prodotti ogni anno in ciascun bacino di approvvigionamento. Per fare ciò si è proceduto alla sommatoria, per settore, dei residui attribuiti ad ogni area urbanizzata inclusa nei singoli bacini di approvvigionamento.

Dall'esame dei risultati illustrati in Figura 3 e della Tabella 5, si nota che il bacino di Pontedera costituisce l'area con le maggiori produzioni di residui industriali con oltre 23.000 tonnellate annue di biomasse. Seguono quindi i bacini di Poggibonsi e di Bagni di Lucca con rispettivamente 21.000 e 19.000 tonnellate.

Di scarsa entità risultano invece le produzioni del bacino di Firenzuola (che supera di poco le 300 tonnellate annue) e di Pomarance, con quasi 800 tonnellate l'anno, a dimostrazione del fatto che si tratta di contesti territoriali in cui il settore della prima e seconda trasformazione del legno risulta di limitata entità.

N°	Centro del bacino	Province di appartenenza	Residui dell'industria del legno (t/anno)
1	Villafranca Lunigiana	Massa Carrara	4.498
2	Firenzuola	Firenze	320
3	Castelnuovo Garfagnana	Lucca-Massa Carrara	11.678
4	S.Marcello Pistoiese	Pistoia	3.002
5	Bagni di Lucca	Pistoia-Lucca	19.021
6	Borgo San Lorenzo	Firenze	3.990
7	Vaiano	Prato-Firenze-Pistoia	13.381
8	Ponte a Poppi	Arezzo-Firenze	10.037
9	Strada in Chianti	Siena-Firenze	18.380
10	Pontedera	Pisa-Siena	23.312
11	S.Giovanni Valdarno	Arezzo-Firenze	6.020
12	Poggibonsi	Pisa-Livorno	21.146
13	Pomarance	Siena-Grosseto	785
14	Castiglion Fiorentino	Arezzo-Siena	8.390
15	Rosignano	Pisa-Livorno	7.274
16	San Quirico d'Orcia	Siena-Grosseto	4.324
17	Massa Marittima	Grosseto-Livorno	3.111
18	Roccastrada	Grosseto-Siena	3.823
19	Abbadia San Salvatore	Grosseto-Siena	13.986
		<b>Totale</b>	<b>176.478</b>

**Tabella 5 - Potenzialità produttive dei residui legnosi all'interno dei bacini di raccolta nel territorio toscano**



### *I Residui complessivamente disponibili nel contesto toscano*

I risultati emersi attraverso l'analisi territoriale, hanno portato alla definizione di 19 bacini di approvvigionamento. In Figura 7 ed in Tabella 6 sono riportate le entità di residui ligneo-cellulosici ottenibili per ciascun bacino distinte per tipologia.

Dai risultati riportati risulta che i bacini situati in corrispondenza della dorsale appenninica sono prevalentemente caratterizzati da residui prodotti dal settore forestale. E' questo il caso dei bacini che hanno come centro di raccolta le seguenti località : Abbadia S. Salvatore (25.734 t/anno), Villafranca Lunigiana (23.085 t/anno) San Giovanni Valdarno (21.909 t/anno) e Bagni di Lucca (21.863 t/anno).

Al contrario invece, ritroviamo le maggiori entità di residui derivati dalle colture a vite e ad olivo in corrispondenza dei bacini collinari del Chianti e della pianura della Val d'Era, dove Strada in Chianti, Pontedera e Poggibonsi raggiungono rispettivamente quantità di 51.980 t/anno, 39.024 t/anno e 35.421 t/anno.

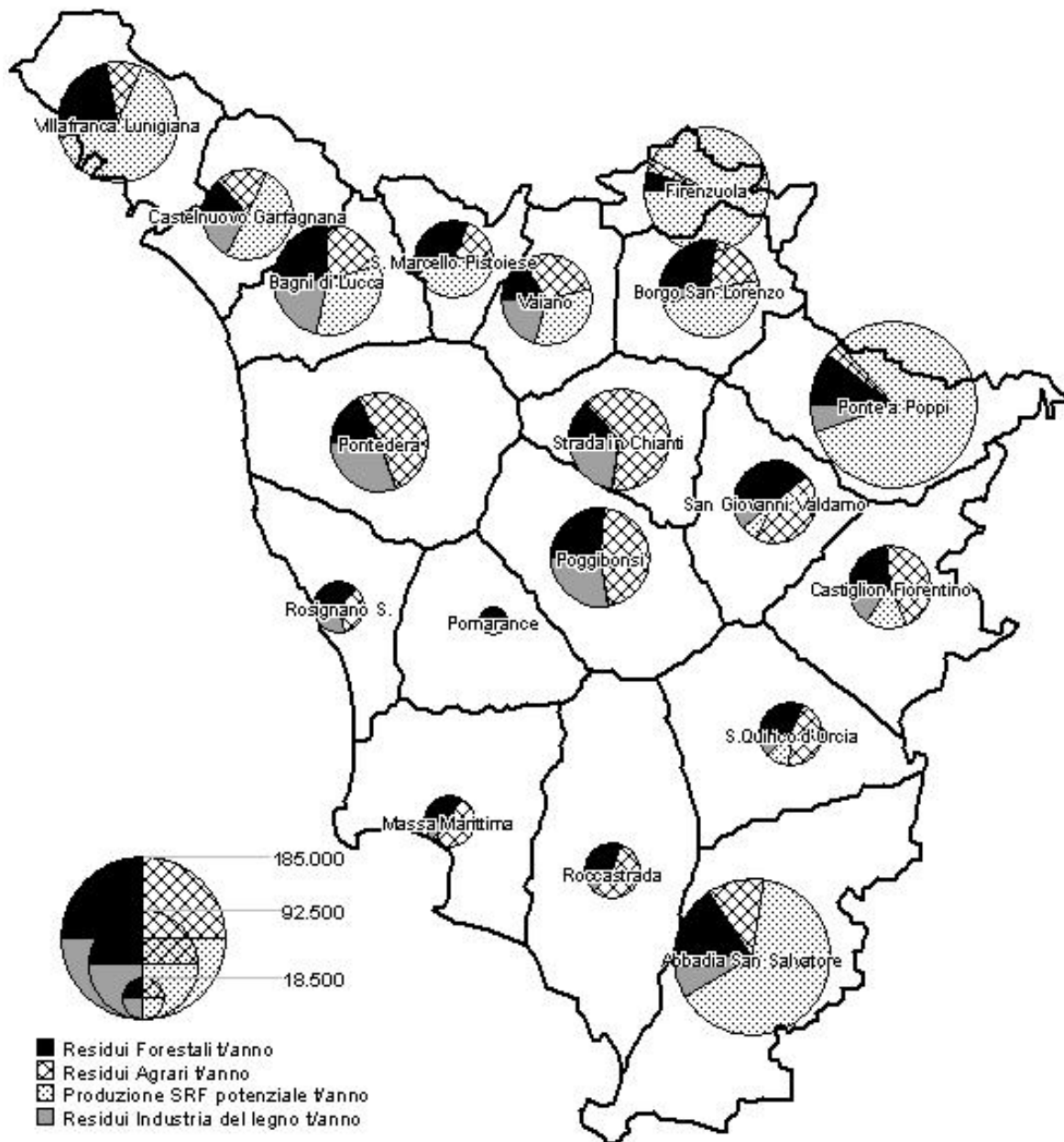
Le superfici con maggiori vocazioni per l'impianto di colture *Short Rotation Forestry* si collocano anch'esse in prossimità delle aree pedemontane della dorsale appenninica. Nello specifico le aree di raccolta con le maggiori superfici potenzialmente utilizzabili a fini SRF si trovano in corrispondenza di Ponte a Poppi con 8.864 ettari a cui seguono quelle di Firenzuola e Abbadia S. Salvatore con rispettivamente 6.272 ettari e 6.144 ettari (Tabella 6).

Per quanto riguarda i residui legnosi generati dall'industria del legno, che rappresentano circa il 22 % della produzione regionale, si può notare che le produzioni più elevate non si collocano in prossimità delle aree forestali (zone montane e pedemontane dell'appennino toscano), ma bensì in corrispondenza di aree collinari periurbane dove è presente un elevato concentrazione di infrastrutture viarie. L'industria del legno toscana è infatti caratterizzata da un basso indice di autoapprovvigionamento<sup>9</sup>, e da un elevato livello di importazione della materia prima. Ciò è da mettere in relazione al fatto che il tipo di bosco che prevale in toscana è costituito da ceduo di latifoglie, ossia da un bosco storicamente vocato alla produzione di legna da ardere.

Se esaminiamo in dettaglio i risultati della Tabella 6 possiamo constatare che l'area con le produzioni più elevate di residui industriali è rappresentata da Pontedera con oltre 23.000 tonnellate annue di biomasse. Seguono quindi i bacini di Poggibonsi e di Bagni di Lucca con rispettivamente 21.000 e 19.000 tonnellate.

---

<sup>9</sup> Basso consumo di fattori produttivi legnosi provenienti dal contesto regionale toscano



**Figura 8 - Distribuzione dei residui ligneo-cellulosici nei bacini di approvvigionamento**

Bacino di approvvigionamento	Settore Forestale			Settore coltivazioni Arboree agrarie		Short rotation forestry		Residui Industria del legno <b>D</b> (t/anno*)	Totale residui attualmente disponibili <b>A+B+D</b> (t/anno)	Totale residui potenzialmente disponibili <b>A+B+C+D</b> (t/anno)
	Produzione Legnosa economicamente Utilizzabile (t/anno)	Residuo economicamente utilizzabile <b>A</b> (t/anno)	Superficie totale (ha)	Residui agrari totali <b>B</b> (t/anno)	Superficie totale (ha)	Produzione potenziale <b>C</b> (t/anno)	Superficie Potenziale (ha)			
Villafranca Lunigiana	96.060	23.085	56.032	10.225	6.256	67.456	3.968	4.498	37.808	105.264
Firenzuola	21.967	5.558	32.688	3.774	1.968	106.624	6.272	320	9.652	116.276
Castelnuovo Garfagnana	41.686	9.272	27.408	12.379	7.024	34.272	2.016	11.678	33.329	67.601
S. Marcello Pistoiese	63.416	15.605	41.696	8.893	5.120	22.576	1.328	3.002	27.500	50.076
Bagni di Lucca	87.988	21.863	38.944	18.471	10.752	29.104	1.712	19.021	59.355	88.459
Borgo San Lorenzo	78.675	19.981	52.656	14.738	8.224	34.816	2.048	3.990	38.709	73.525
Vaiano	42.176	10.319	31.360	19.388	11.712	21.488	1.264	13.381	43.088	64.576
Ponte a Poppi	81.669	19.302	69.072	5.555	3.120	150.688	8.864	10.037	34.894	185.582
Strada in Chianti	40.441	10.741	21.456	51.980	30.976	272	16	18.380	81.101	81.373
Pontedera	49.764	13.818	17.120	39.024	24.976	272	16	23.312	76.154	76.426
San Giovanni Valdarno	85.710	21.909	48.784	24.123	14.656	3.808	224	6.020	52.052	55.860
Poggibonsi	71.859	20.210	43.744	35.421	22.512	272	16	21.146	76.777	77.049
Pomarance	22.622	6.155	32.224	1.661	1.280	816	48	785	8.601	9.417
Castiglion Fiorentino	50.007	12.978	47.152	24.383	14.576	8.976	528	8.390	45.751	54.727
Rosignano S.	30.285	9.238	21.024	8.874	6.688	-	-	7.274	25.386	25.386
S. Quirico d'Orcia	42.049	11.601	32.016	16.268	10.304	4.624	272	4.324	32.193	36.817
Massa Marittima	28.441	8.251	52.448	13.813	8.768	544	32	3.111	25.175	25.719
Roccastrada	31.311	8.429	45.808	15.861	10.000	-	-	3.823	28.113	28.113
Abbadia San Salvatore	106.745	25.734	72.576	19.126	11.536	104.448	6.144	13.986	58.846	163.294
<b>Totale</b>	<b>1.072.871</b>	<b>274.049</b>	<b>784.208</b>	<b>343.957</b>	<b>210.448</b>	<b>591.056</b>	<b>34.768</b>	<b>176.478</b>	<b>794.484</b>	<b>1.385.540</b>

(\*) Sostanza secca

**Tabella 6 - Potenzialità di risorse agro-forestali dei bacini di raccolta (biomassa fresca)**

Fonte: ns. elaborazioni su dati Inventario Forestale Regione Toscana; Castellani et al. 1982; Progetto SORTE, ARSIA, 1997; Censimento Intermedio dell'Industria 1996

## **L'organizzazione della filiera regionale**

Il presente studio, è stato finalizzato alla definizione delle reali potenzialità di sviluppo di una filiera “biomassa-energia” fondata sull’impiego di residui di lavorazione delle attività agro-forestali. L’analisi si è articolata su due linee di ricerca: da un lato la valutazione della disponibilità di risorse, secondo approcci di sostenibilità ambientale e di efficienza economica dei prelievi, dall’altro lato, l’analisi delle strutture aziendali inseribili nella filiera e dei corrispondenti bacini di approvvigionamento. Relativamente al secondo aspetto, sono state definite le dimensioni aziendali efficienti di ciascuna impresa presente nella filiera, attraverso parametri economici come il *break even point* dei prezzi e delle quantità, le capacità produttive, ecc.. E’ stato così possibile evidenziare non solo i modelli aziendali attuabili nell’ambito della filiera biomassa-energia ma anche alcuni indicatori macroeconomici di rilievo quali gli effetti sull’occupazione e le esigenze di investimento finanziario a seconda che siano escluse o no le produzioni legnose provenienti dalle coltivazioni RF.

### *Le imprese*

Per l’individuazione dei modelli aziendali dimensionalmente efficienti è stato fatto riferimento alle dimensioni aziendali che minimizzano il costo medio di lungo periodo<sup>10</sup> (approccio economico neoclassico per valutazione di lungo periodo). Per questo tipo di valutazione si è proceduto attraverso una analisi d’impresa basata sull’approccio *full costing* (Liberatore, 1995; Bernetti, 2001).

E’ stato scelto questo tipo di approccio, poiché fra le tipologie di imprese individuate nella precedente fase analitica, le aziende multiprodotto sono risultate prevalenti. Le biomasse destinabili ad impieghi energetici sono infatti prodotte nel corso di operazioni colturali come potature, estirpature, tagli e stramature legate alla produzione di altri beni come: olive, frutta, uva, legna da ardere e tondame da sega. Si tratta quindi di aziende multiprodotto, per le quali l’impiego della contabilità analitica basata sull’approccio *full costing* rappresenta un utile strumento per poter attribuire tutti gli elementi di costi a ciascun prodotto. Lo studio dei *costi pieni* si basa infatti sulla classificazione dei costi in diretti ed indiretti. I costi diretti ed indiretti sono poi suddivisi in ragione della loro destinazione, ovvero dell’area funzionale in cui trovano impiego i fattori produttivi a cui si si riferiscono.

L’obiettivo di questo approccio è infatti quello di definire il costo unitario di ciascun prodotto (tavolate, residui, ecc.) realizzato dall’impresa, allo scopo di confrontare tale costo con il prezzo di vendita.

---

<sup>10</sup> All’interno del *range* dei costi medi minimi si sono considerati parametri di efficienza che non si riflettono sul costo medio, è questo il caso di:  
fattori strutturali (viabilità, imposti, morfologia)  
quantità di biomassa lavorabile in relazione al raggio di azione dell’impresa  
Questi fattori hanno costituito dei vincoli in sede di dimensionamento aziendale.

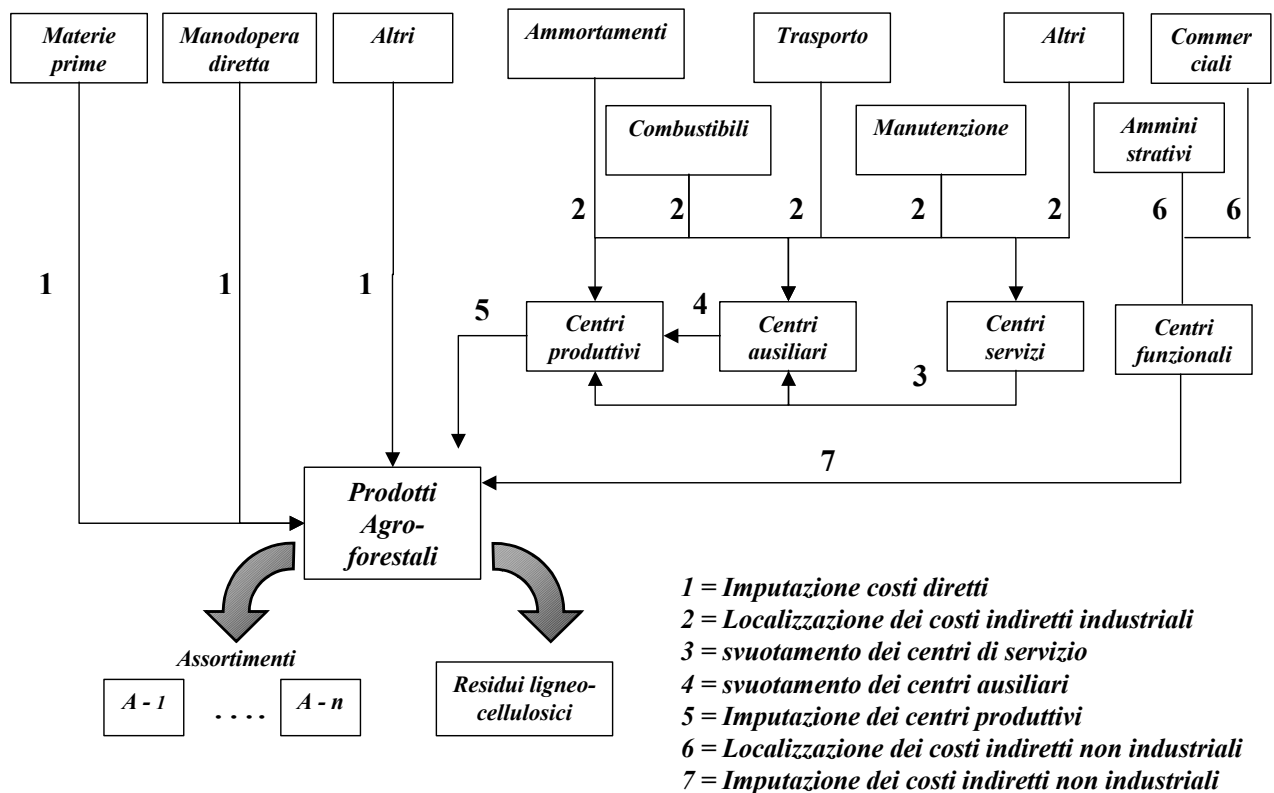
La prima fase è consistita nella definizione del cosiddetto *costo primo* dato dall'aggregazione dei costi diretti di natura industriale (materie prime, manodopera, forza motrice, ecc.).

Nella seconda fase sono stati quindi individuati i costi indiretti di natura industriale; ovvero gli ammortamenti degli immobili e dei mezzi e delle attrezzature nonché i materiali di consumo. Poiché i costi indiretti non presentano una relazione specifica con il prodotto, si è proceduto alla loro attribuzione attraverso i cosiddetti *centri di costo* per i quali il costo indiretto diventa diretto.

I centri individuati sono stati di tipo *produttivo, ausiliario, servizio e funzionale*.

Una volta individuati e classificati i *centri di costo*, sono stati ripartiti i costi relativi ai centri di servizio sui centri ausiliari e produttivi. Questa ripartizione è sempre stata eseguita proporzionalmente all'*output* reso dai centri di *servizio* ai centri *ausiliari* e *produttivi*. Una volta "svuotati" i centri di servizio si è proceduto ad attribuire i costi dei centri *ausiliari* sui centri *produttivi* (sempre in proporzione all'*output* reso ai centri di *produzione*).

Infine, sono stati imputati i costi dei centri di produzione ai diversi prodotti (tavolame, residui, ecc.) che, fino ad ora avevano ricevuto soltanto i costi diretti ( Figura 8).



**Figura 9 - Approccio full costing con centri di costo (Fonte: elaborazione da Liberatore 1995)**

Nella terza ed ultima fase sono stati definiti i costi indiretti di natura non industriale, ossia quelli legati alla amministrazione e direzione dell'impresa e dei corrispondenti cantieri. La soluzione impiegata nel caso in oggetto per l'attribuzione di questi costi ai diversi prodotti si è basata sulla ripartizione dei costi in funzione del valore di vendita dei prodotti realizzati,

stante l'ipotesi che i prodotti di valore maggiore necessitino di maggiore attenzione e quindi di maggior carico amministrativo. Sommando quest'ultimo tipo di costo ai costi diretti ed indiretti industriali siamo giunti alla definizione del *costo pieno (Full costing)*.

Ciò ha consentito l'individuazione del:

- costo di ciascuna linea di produzione;
- costo unitario ed il prezzo unitario di ciascun prodotto;
- Investimenti per linea di produzione.

Le tipologie di imprese testate attraverso l'analisi *full costing* sono state le seguenti:

- Imprese integrate per l'utilizzazione legnosa e per la raccolta dei residui forestali;
- Imprese integrate per l'utilizzazione boschiva e la raccolta di residui forestali e agricoli;
- Imprese specializzate per la raccolta di residui agricoli;
- Imprese specializzate nella raccolta di SRF;
- Imprese specializzate nella produzione di Pellets.

L'analisi tramite il metodo *full costing* ha consentito l'individuazione di un *set* di indicatori finanziari utili a stimare l'efficienza economica della struttura produttiva proposta. La valutazione ha interessato le risorse fisiche delle imprese, ovvero le dimensioni, il livello tecnico e la flessibilità delle attrezzature. Per poter analizzare i fattori di rischio d'impresa sono stati calcolati i *break even point*<sup>11</sup> ed i margini di sicurezza relativamente alla quantità venduta e al prezzo.

I risultati relativi alle tipologie aziendali realizzabili nell'ambito della filiera biomassa-energia sono riportati nelle Tabelle 7, 8 e 9.

#### Impresa forestale integrata che opera nell'ambito delle utilizzazioni boschive e dei residui forestali

Si tratta di un'impresa integrata che prevede due indirizzi produttivi: le utilizzazioni boschive con produzione di assortimenti da lavoro e la raccolta dei residui legnosi con successiva cippatura del materiale. L'impresa opera con 7 unità di manodopera fissa e con 12 unità di manodopera avventizia su 160 giornate annue.

La dimensione aziendale che emerge presenta le seguenti caratteristiche (Tabella 7):

- 19 addetti che lavorano un quantitativo di 8.864 tonnellate annue di materiale legnoso e 2.500 tonnellate di residui provenienti dalle utilizzazioni forestali, con un capitale macchine pari a 321.000 euro circa.
- L'impresa opera nel campo delle utilizzazioni forestali, utilizzando sia boschi cedui che alto fusto, ma attua anche interventi di diradamento e recupero residui, attraverso cippatura dello stesso. Il legno trasformato in microscaglie è trasportato mediante

---

<sup>11</sup> Il punto in cui le curve dei costi si intersecano con quelle dei ricavi è detto *break even point (BEP)*. Si trova in corrispondenza del livello di produzione in cui i costi sono uguali ai ricavi. Il margine di sicurezza rappresenta un indice di efficienza aziendale che indica quanto, in percentuale, si possono ridurre le vendite (o il prezzo) del prodotto prima che l'azienda entri perdita (BERNETTI, 2001; pp. 31-36).

camion ai centri di stoccaggio, in genere collocati nell'ambito dei capoluoghi di comune.

- Con un prezzo di mercato della materia prima di € 50 a tonnellata il risultato operativo dell'attività relativa ai residui legnosi è pari a 31.000 euro circa; il *break even point* del prezzo è invece di 37,6 euro, con un investimento per addetto, considerando anche l'attività primaria di utilizzazione boschiva, di € 16.932. Il margine di sicurezza relativo al prezzo è sufficientemente buono: 25% rispetto al 21% dell'attività di utilizzazione legnosa.

Vi è da aggiungere che la positività dei risultati è dovuta essenzialmente alla strutturazione dell'impresa che conta su una maggiore organizzazione e specializzazione rispetto all'impresa tradizionale, sia per quanto riguarda il parco macchine che la manodopera.

*Impresa agro-forestale integrata che opera nell'ambito delle utilizzazioni boschive ma che recupera anche residui forestali e residui agricoli di piccole e grandi dimensioni*

Si tratta di una tipologia che risulta caratterizzata da una organizzazione aziendale più elevata soprattutto a livello di mezzi meccanici (SPINELLI e KOFMAN, 1995) poiché interessa tre diverse linee produttive integrate fra loro.

Le attività di lavorazione sono:

- utilizzazione legnosa con produzione di legna da ardere per il mercato;
- raccolta dei residui legnosi;
- raccolta dei residui agricoli e formazione di rotoballe;
- caricamento e trasporto del materiale legnoso.

I risultati delle simulazioni da noi operate evidenziano una dimensione ottimale di impresa in corrispondenza di 20 addetti (13 avventizie su 160 giornate annue e 7 fissi) ed un quantitativo di massa legnosa lavorato pari 8.864 tonnellate di assortimenti legnosi, di 2.500 tonnellate di residui legnosi e di 1.575 tonnellate di residui agricoli.

I risultati operativi ottenuti (Tabella 7), adottando un prezzo di vendita dei residui pari a 50 euro/tonnellata, sono leggermente superiori all'impresa descritta al punto a) sia per quanto concerne i residui forestali che l'attività primaria di utilizzazione boschiva. Le economie di scala precedentemente evidenziati assumono un rilievo significativo anche in questa tipologia di impresa integrata.

Un aspetto da sottolineare per quanto concerne l'attività di recupero dei residui agricoli è il vincolo temporale. Osservando infatti il periodo in cui possono essere effettuate le operazioni di raccolta questo risulta non superiore alle 90 giornate. Le operazioni di raccolta delle potature di olivo, vite e frutteti presentano infatti una cadenza stagionale ben precisa e non sono in nessun modo rinviabili nel tempo. Con l'adozione di un prezzo di mercato delle rotoballe di 50 euro a tonnellata (prezzo che appare sufficientemente remunerativo rispetto prezzo di acquisto stimato in 5 euro/tonnellata), si ottiene un risultato operativo pari a 34.000

euro circa con un prezzo BEP<sup>12</sup> di 28 euro/tonnellata, mentre la quantità di *Break even Point* è di poco inferiore alle 900 tonnellate annue.

	Impresa integrata con tre prodotti			Impresa integrata con due prodotti	
	Assortimenti legnosi	Residui forestali	Residui agricoli	Assortimenti legnosi	Residui forestali
<i>Quantità massima lavorata ogni anno t/anno</i>	8.864	2.500	1.575	8.864	2.500
<i>Totale costi €/annui</i>	559.550	96.642	44.477	563.296	93.942
<i>prezzo vendita materia fresca €/t</i>	80	50	50	80	50
<i>Fatturato €</i>	709.120	125.000	78.750	709.120	125.000
<i>Risultato operativo lordo €</i>	<b>149.570</b>	<b>28.358</b>	<b>34.273</b>	<b>145.824</b>	<b>31.058</b>
<i>Costi variabili unitari €/t</i>	16,3	14,7	10,7	16,6	14,7
<i>prezzo BEP €/t</i>	64,00	39,00	28,00	63,60	37,60
<i>Margine di sicurezza (prezzo)</i>	20%	22%	44%	21%	25%
<i>Investimento per addetto €/ADD</i>		20.335		16.932	
<i>Quantità BEP (t) rispetto al prezzo di vendita €/t</i>	7.000	1.935	890	7.042	1.880
<i>N. di addetti</i>		20		19	

**Tabella 7 - Risultati finanziari delle imprese integrate agro-forestali**

Fonte: ns. elaborazioni

### Impresa specializzata nella raccolta di biomasse SRF

Si tratta di un'impresa specializzata che opera nell'ambito delle coltivazioni *Short Rotation Forestry*. In genere questa impresa interviene nel processo produttivo acquistando le piante in piedi ed occupandosi dell'utilizzazione e trasporto della biomassa legnosa.

Il sistema di raccolta è basato su di una macchina complessa (ad esempio il sistema Bender) che permette di utilizzare la pianta intera e di ridurre in scaglie il materiale legnoso, convogliandolo successivamente in un carrello o rimorchio agganciato ad un trattore.

Una struttura aziendale efficiente (Tipo 1 in Tabella 8) si compone di un capitale macchine costituito da sei mezzi meccanici, per un valore pari a 151.000 euro circa e di 3 addetti a tempo indeterminato (circa 50.000 euro per addetto). Si tratta di un'impresa che oltre all'utilizzo del materiale legnoso, effettua anche la sminuzzatura ed il trasporto dello stesso. L'impresa opera per 250 giornate annue con una capacità massima di lavorazione pari a 10.080 tonnellate per anno. Questa impresa acquista la materia prima ad un prezzo di 25 €/t e conferisce il prodotto ad un centro di stoccaggio con prezzo di vendita di 50 €/t, il risultato operativo è pari a 5.254 euro circa; il prezzo BEP è pari a 49,5 euro (Tabella 7). Una seconda tipologia di impresa (tipo 2), con un quantitativo superiore di materiale lavorato (15.120 tonnellate annue) e con un dimensionamento maggiore del parco macchine (196.000 euro circa), adottando un prezzo di mercato di 50 euro della sostanza secca, ottiene un risultato operativo di 50.000 euro circa, con un prezzo BEP di 46,7 €/t (Tabella 8).

<sup>12</sup> Prezzo a tonnellata che determina il break even point (cfr. nota 12).



E' interessante osservare come rispetto all'impresa integrata che opera nel recupero di residui legnosi, l'impresa SRF anche se dotata di una struttura operativa meno complessa, goda di margini di operatività più ridotti (margine di sicurezza variabile tra l'1 e il 6,6 %).

	<i>Impresa raccolta SRF tipo 1</i>	<i>Impresa raccolta SRF tipo 2</i>	<i>Impresa Residui agricoli Tipo 1</i>	<i>Impresa Residui agricoli Tipo 2</i>
<i>Quantità massima lavorata ogni anno t/anno</i>	10.080	15.120	1.426	3.247
<i>Totale costi €/annui</i>	498.746	705.968	65.860	134.969
<i>Prezzo acquisto materia prima €/t</i>	25	25	5	5
<i>Prezzo vendita materia fresca €/t</i>	50	50	50	50
<i>Fatturato €</i>	504.000	756.000	71.300	162.350
<i>Risultato operativo lordo €</i>	<b>5.254</b>	<b>50.032</b>	<b>5.440</b>	<b>27.381</b>
<i>Costi variabili unitari €/t</i>	35,6	33,0	8,2	6,0
<i>Margine unitario di contribuzione €/t</i>	14,4	17,0	41,8	44,0
<i>prezzo BEP €/t</i>	49,50	46,70	46,20	41,65
<i>Margine di sicurezza (prezzo)</i>	1%	6,6%	8%	16,7
<i>Investimento per addetto €/ADD</i>	50.463	39.278	52.937	41.317
<i>Quantità BEP (t) rispetto al prezzo di vendita €/t</i>	9.975,0	14.120	1.210	2.640
<i>N. di addetti</i>	3	5	2	4

**Tabella 8 - Risultati finanziari delle imprese di raccolta SRF e residui agricoli**

*Fonte: ns. elaborazione*

### Impresa agricola specializzata nella raccolta dei residui agricoli

Questa impresa (Tabella 8) opera in ambito prettamente agricolo realizzando la raccolta di residui delle potature di olivo, vite e frutteti la cui offerta di materiale legnoso è distribuita in un arco temporale di circa 90 giorni. L'impresa tipo 1 è costituita da un'azienda che opera con un "trincia sarmenti", a cui si accoppia l'impiego di un trattore convenzionale ed un carrello carica balle, con due unità lavorative. L'operazione di raccolta prevede anche il trasporto del materiale al centro di stoccaggio con camion o autocarro. Il quantitativo lavorato, secondo la scheda tecnica fornita dalla ditta utilizzatrice, è di circa 16 tonnellate al giorno che esteso per un periodo medio di 90 giorni corrisponde a 1.426 tonnellate annue. Con l'adozione di un prezzo di mercato di 50 €/t il risultato operativo lordo risulta pari a 5.440 euro/anno; il prezzo BEP è di 46,2 €/t con un margine di sicurezza dell'8% (Tabella 7). Una soluzione alternativa è offerta dall'impresa tipo 2 (Tabella 7) dimensionata su 4 addetti fissi e con un capitale macchine pari a 165.000 euro circa. In relazione al quantitativo lavorato, pari a 3.247 tonnellate/annue, il prezzo BEP utile a garantire la copertura dei costi di lavorazione è pari a 41,6 euro/tonnellata. Il risultato operativo aziendale risulta di 27.381 e presenta un margine di sicurezza del 17% circa.

### Impresa specializzata nella produzione di pellets

Una tipologia di impresa particolare è quella che si occupa della trasformazione dello scarto in pellets, un combustibile idoneo per la combustione in impianti termici di edifici di piccole e medie dimensioni. L'impresa di pellets si avvarrà di tecnologie tali da permettere la produzione di un combustibile facilmente stoccabile e trasportabile. Il dimensionamento da noi individuato prevede un quantitativo lavorabile compreso tra le 1.800 tonnellate annue (tipo 1) e 5.400 tonnellate (tipo 2). Il capitale macchine relativo alle due capacità di lavorazione della materia prima è differente: 123.430 euro con 4 addetti nel primo caso, 408.000 euro con l'impiego di 8 addetti nel secondo caso (Tabella 9). L'investimento per addetto varia tra i 31.000 ed i 50.000 euro circa. In base al dimensionamento evidenziato, con un prezzo di 200 euro a tonnellata, i risultati operativi variano tra i 100.198 euro e i 365.346 euro. Il prezzo BEP è compreso tra 145 e 133 euro a tonnellata. Il margine di sicurezza rispetto al prezzo è compreso tra il 27,5% per la tipologia 1 ed il 33,75% della tipologia 2 (Tabella 9). Sostanzialmente si può osservare che i maggiori quantitativi utilizzati favoriscono le economie di scala garantendo un più alto rendimento degli impianti.

Va ricordato che si tratta di aziende che si collocano a valle della filiera in quanto operano sui materiali raccolti e trasportati direttamente alla stabilimento dalle imprese precedentemente esaminate.

	<b>Impresa tipo 1</b>	<b>Impresa tipo 2</b>
<i>Potenzialità massima produttiva t/anno</i>	1.800	5.400
<i>Prezzo di acquisto materia prima (chips) €/t</i>	50	50
<i>Prezzo di vendita €/t</i>	200	200
<i>Costi fissi annui €</i>	122.822	303.713
<i>Costi variabili annui €</i>	136.980	410.941
<i>Fatturato €</i>	360.000	1.080.000
<b><i>Risultato operativo lordo €</i></b>	<b>100.198</b>	<b>365.346</b>
<i>Costi Variabili unitari €/t</i>	76	76
<i>Margine unitario di contribuzione €/t</i>	124	124
<i>prezzo BEP €/t</i>	145	133
<i>quantità BEP €/t</i>	1.300	3.575
<i>Investimento/addetto €/add</i>	30.858	51.000
<i>Margine di sicurezza prezzo</i>	27,5%	33,75%
<i>Margine di sicurezza prezzo quantità</i>	27,8%	33,80%
<i>Numero. di addetti</i>	4	8

**Tabella 9 – Risultati finanziari delle imprese di pellettizzazione**

*Fonte: ns. elaborazione*

### *Gli effetti occupazionali e finanziari indotti dall'attivazione della filiera*

Per quanto riguarda la stima delle potenzialità occupazionali, si sono considerate sia le imprese di raccolta dei residui legnosi che quelle di produzione di *pellets*. Per queste ultime si sono ipotizzati due differenti scenari: un primo in cui la materia prima proviene esclusivamente dall'industria del legno, dai residui forestali e dall'agricoltura, ed un secondo in cui vengono introdotte anche le produzioni provenienti dalle colture dedicate SRF.

Come evidenziato dalla Tabella 10 il numero di addetti attivabili, con l'utilizzo del 50% delle risorse esistenti, raggiunge le 1.171 unità<sup>13</sup> se non si considerano gli addetti potenzialmente inseribili nelle imprese SRF. La distribuzione territoriale degli addetti presenta le concentrazioni più elevati in corrispondenza dei bacini di Abbadia San Salvatore, Poggibonsi e Bagni di Lucca. Se consideriamo anche gli addetti afferenti alle imprese SRF, il numero di unità sale a 1.715 ed i bacini che presentano un rilevante incremento occupazionale risultano essere quelli di Ponte a Poppi e di Abbadia San Salvatore con 211 e 203 unità. Tra le tipologie di imprese quelle che presentano maggiori prospettive di sviluppo sono le imprese agro-forestali integrate con 820 addetti. Queste imprese presentano un'elevata potenzialità, in termini di addetti, soprattutto nelle aree di Abbadia San Salvatore (100 addetti), Bagni di Lucca, San Giovanni Valdarno e Poggibonsi (80 addetti ciascuno).

Le imprese che producono *pellets* hanno, sulla base delle colture attualmente praticate (senza SRF), potenzialità di sviluppo elevate, infatti il totale di nuovi addetti raggiunge le 160 unità, con il valore più alto nell'area di Poggibonsi (24 unità), mentre nell'ipotesi di introduzione delle colture SRF e quindi di un più consistente afflusso di materia prima, le potenzialità di attivazione sono maggiori, tanto da superare le 500 unità lavorative, con il valore massimo nel bacino di Ponte e Poppi (128 nuovi addetti).

Le imprese specializzate nella raccolta dei residui agricoli riescono ad attivare 96 addetti in gran parte concentrati nei distretti di Strada in Chianti e Pontedera con rispettivamente il 29% ed il 21% del totale.

Dall'esame della tabella 11 emerge che le esigenze complessive di investimento per l'area toscana sono pari a oltre 30 milioni di euro, se non includiamo le colture SRF, mentre arrivano a quasi 56 milioni di euro se tali produzioni sono incluse. Il valore medio dell'investimento nell'ambito della prima ipotesi è pari a 1.600.509 euro, con picchi di investimento in corrispondenza dei bacini di Poggibonsi (11% del totale) e Abbadia S. Salvatore (9%). Se consideriamo invece gli investimenti connessi all'introduzione di colture dedicate SRF il valore medio dell'investimento è risultato di 2.942.907 euro con valori massimi in corrispondenza delle aree di Ponte a Poppi e Abbadia S. Salvatore, rispettivamente con circa il 15% ed il 13% del totale.

Gli investimenti meno rilevanti si hanno invece nell'area meridionale in coincidenza dei bacini di Pomarance, Rosignano, Massa Marittima e Roccastrada con percentuali prossime all'1% dell'investimento totale.

Se consideriamo l'investimento medio per addetto si osserva che i tassi di investimento risultano in genere più rilevanti nelle aree dove si ha una maggiore concentrazione di imprese di trasformazione (pellettizzatrici); è questo il caso ad esempio del bacino di Ponte a Poppi

---

<sup>13</sup> Inclusi gli addetti già presenti nel settore delle sole utilizzazioni forestali.

dove l'investimento per addetto raggiunge i 40.569 euro nel caso di impiego delle colture SRF.

Complessivamente l'analisi ha messo in luce l'esistenza di interessanti potenzialità di sviluppo della filiera biomassa-energia nel contesto territoriale toscano, la cui promozione potrebbe essere favorita da un'attenta opera di indirizzo degli enti locali al fine di valorizzare tutte le possibili sinergie di queste produzioni senza alterare, ma anzi migliorando, gli attuali equilibri socio-economico territoriali.

Bacino di approvvigionamento	Imprese forestali integrate (2 prodotti)	Imprese agro-forestali integrate (3 prodotti)	Imprese specializzate in residui agrari	Imprese di raccolta SRF Tipo 1	Imprese di raccolta SRF Tipo 2	Imprese pellets Tipo 1 senza colture SRF	Imprese pellets Tipo 2 senza colture SRF	Addetti totali senza SRF	Imprese pellets Tipo 1 con colture SRF	Imprese pellets Tipo 2 con colture SRF	Addetti totali con SRF
Villafranca Lunigiana	19	60	0	0	10	0	8	87	0	56	145
Firenzuola	0	20	0	0	15	0	0	20	4	64	103
Castelnuovo Garfagnana	0	20	4	0	5	0	8	32	0	32	61
S.Marcello Piastoiense	19	40	0	3	0	0	8	67	0	24	86
Bagni di Lucca	0	80	0	3	0	0	16	96	8	32	123
Borgo San Lorenzo	0	60	0	0	5	0	8	68	0	32	97
Vaiano	0	40	8	3	0	0	8	56	8	24	83
Ponte a Poppi	38	20	0	0	25	0	16	74	0	128	211
Strada in Chianti	0	40	28	0	0	0	16	84	0	16	84
Pontedera	0	40	20	0	0	0	16	76	8	16	84
S.G. Valdarno	0	80	4	0	0	0	8	92	8	8	100
Poggibonsi	0	80	12	0	0	0	24	116	0	24	116
Pomarance	19	0	0	0	0	0	0	19	4	0	23
Castiglion Fiorentino	0	40	8	0	0	0	8	56	4	8	60
Rosignano	0	20	0	0	0	0	0	20	8	0	28
San Quirico d'Orcia	0	40	4	0	0	0	0	44	8	0	52
Massa Marittima	0	20	4	0	0	0	0	24	4	0	28
Roccastrada	0	20	4	0	0	0	0	24	4	0	28
Abbadia San Salvatore	0	100	0	0	15	0	16	116	0	88	203
<b>Totale</b>	<b>95</b>	<b>820</b>	<b>96</b>	<b>9</b>	<b>75</b>	<b>0</b>	<b>160</b>	<b>1.171</b>	<b>68</b>	<b>552</b>	<b>1.715</b>

Tabella 10 - Addetti per settore nei diversi bacini di raccolta - Numero di addetti nell'ipotesi di impiego del 50% delle risorse

Bacino di approvvigionamento	Imprese forestali integrate (2 prodotti) €	Imprese agro-forestali integrate (3 prodotti) €	Imprese specializzate in residui agrari €	Imprese di raccolta SRF Tipo 1 €	Imprese di raccolta SRF Tipo 2 €	Imprese pellets Tipo 1 senza colture SRF €	Imprese pellets Tipo 2 senza colture SRF €	Investimenti totali senza SRF €	Imprese pellets Tipo 1 con colture SRF €	Imprese pellets Tipo 2 con colture SRF €	Investimenti totali con SRF €
Villafranca Lunigiana	321.708	1.220.100	-	-	392.780	-	408.000	1.949.808	-	2.856.000	4.790.588
Firenzuola	-	406.700	-	-	589.170	-	-	406.700	123.432	3.264.000	4.383.302
Castelnuovo Garfagnana	-	406.700	165.268	-	196.390	-	408.000	979.968	-	1.632.000	2.400.358
S.Marcello Piastoiense	321.708	813.400	-	151.389	-	-	408.000	1.543.108	-	1.224.000	2.510.497
Bagni di Lucca	-	1.626.800	-	151.389	-	-	816.000	2.442.800	246.864	1.632.000	3.657.053
Borgo San Lorenzo	-	1.220.100	-	-	196.390	-	408.000	1.628.100	-	1.632.000	3.048.490
Vaiano	-	813.400	330.536	151.389	-	-	408.000	1.551.936	246.864	1.224.000	2.766.189
Ponte a Poppi	643.416	406.700	-	-	981.950	-	816.000	1.866.116	-	6.528.000	8.560.066
Strada in Chianti	-	813.400	1.156.876	-	-	-	816.000	2.786.276	-	816.000	2.786.276
Pontedera	-	813.400	826.340	-	-	-	816.000	2.455.740	246.864	816.000	2.702.604
S.G. Valdarno	-	1.626.800	165.268	-	-	-	408.000	2.200.068	246.864	408.000	2.446.932
Poggibonsi	-	1.626.800	495.804	-	-	-	1.224.000	3.346.604	-	1.224.000	3.346.604
Pomarance	321.708	-	-	-	-	-	-	321.708	123.432	-	445.140
Castiglion Fiorentino	-	813.400	330.536	-	-	-	408.000	1.551.936	123.432	408.000	1.675.368
Rosignano	-	406.700	-	-	-	-	-	406.700	246.864	-	653.564
San Quirico d'Orcia	-	813.400	165.268	-	-	-	-	978.668	246.864	-	1.225.532
Massa Marittima	-	406.700	165.268	-	-	-	-	571.968	123.432	-	695.400
Roccastrada	-	406.700	165.268	-	-	-	-	571.968	123.432	-	695.400
Abbadia San Salvatore	-	2.033.500	-	-	589.170	-	816.000	2.849.500	-	4.488.000	7.110.670
<b>Totale</b>	<b>1.608.540</b>	<b>16.674.700</b>	<b>3.966.432</b>	<b>454.167</b>	<b>2.945.850</b>	<b>-</b>	<b>8.160.000</b>	<b>30.409.672</b>	<b>2.098.344</b>	<b>28.152.000</b>	<b>55.900.033</b>

Tabella 11 - Investimenti totali per ciascun bacino di raccolta - Investimenti necessari nell'ipotesi di impiego del 50% delle risorse (valori espressi in euro)

## **BIBLIOGRAFIA**

- AA.VV, 1997 a)- *Energia per il futuro: le fonti energetiche rinnovabili*. In: Libro bianco per una strategia e un piano d'azione della Comunità, Commissione UE pp. 220.
- AA.VV, 1997 b)- *Utilizzazione energetica di biomassa agro-forestale, Progetto UE, Saving Optimising Renewable Traditional Energy (SORTE)*, ARSIA, Regione Toscana, Firenze.
- ADAMS D. M. e HAYNES R. W., 1980 - *The 1980 softwood timber assessment market model: structure, projections and policy simulations*. Forest Science, Monograph 22, pp. 64.
- BALDINI S., BARBAGALLO A., BRUCCHIONI A., 2000 - *Biomasse forestali per uso energetico*, Quaderni I Georgofili, IV, Valorizzazione energetica delle Biomasse forestali, Firenze, 45-120.
- BALDINI S. e SPINELLI R., 1992 – *La raccolta delle colture forestali a breve rotazione*, Terra e Vita, (26), Bologna.
- BALDINI S., CALVANI P., PICCHIO R., 2002 – *Abbattimento semimeccanico su impianti di robinia a ciclo breve*, Sherwood, n. 81.
- BERNETTI I., 2001 - *La Contabilità Operativa e le Decisioni Economiche*. Dispense del corso di Gestione Aziendale, pp. 31-36, in corso di pubblicazione. Consultabile in <http://www.unifi.it/unifi/deeaf/bernetti/>
- BERNETTI G., 1995 - *Selvicoltura speciale*, Torino, 3-409.
- BERNETTI I., 1998 - *Il mercato delle biomasse forestali per scopi energetici: un modello di offerta*, Rivista di Economia Agraria, anno LIII, n. 3.
- BERNETTI I., FAGARAZZI C., FRATINI R., 2002- “*GIS-based planning tool for greenhouse gases emission reduction through biomass exploitation*” Report realizzato nell’ambito del “Work package Technical Report Life Project”; contract LIFE ENV/IT/000054; E.U. Bruxelles pp. 267.
- BERNETTI I., FAGARAZZI C., ROMANO S., 1998- *La produzione di biomasse per uso energetico nei cedui della provincia di Firenze: alcune considerazioni sugli aspetti economici e occupazionali*. Annali dell’Accademia Italiana di Scienze Forestali, vol. XLVII, pp. 163-200.
- BISOFFI S. e FACCIOOTTO G., 2000- *I cedui a turno breve*, Sherwood, n° 8.
- BONARI E., PAMPANA S. e SILVESTRI N., 2000- *Prime analisi di impatto ambientale della selvicoltura a breve rotazione (SRF) negli ambienti litoranei toscani*, in “Quaderni I Georgofili, IV, Valorizzazione energetica delle Biomasse forestali”, 135-154.
- BOZZINI A., 1999 - *Agricoltura, Biomassa ed Energia*. In “Quaderni I Georgofili, IV “Valorizzazione energetica delle Biomasse forestali”, pp. 147-165..
- BRAZEE R., MENDELSON R 1990- *A dynamic model of timber markets*. Forest Science, anno 36, (2), pp. 255-264.
- BRUZZI I., PETRINI, C. E MALAGOLI C., 1996-*Colture agricole alternative per la produzione di elettricità*. L’Informatore Agrario, (2), pagg. 39-45
- CASINI L., ROMANO D. 1992 - *La scelta del ottimo turno*. In *Tecniche avanzate di gestione delle risorse forestali ed ambientali*” (a cura di Leonardo Casini), INEA, Studi e Ricerche. Il Mulino.

CASTELLANI C. (a cura di), 1982 - *Tavole stereometriche e alsometriche costruite per i boschi italiani*, Annali dell'Istituto Sperimentale per l'Assestamento e per l'Alpicoltura, Voll. VI, VII, VIII, Trento.

CHRISTOPHERSON N.H. 1989 - *Mechanization of fast growing forests: worldwide progress*; Paper no. 89-7604 American Society of agricultural Engineers meeting, St. Joseph, MI, 49085-9659 USA.

CIANCIO O., PORTOGHESI L., 1990- *Il legno come fonte di energia*. In "Valorizzazione energetica di materiali legnosi nel Lazio", ENEA.

CIANCIO O., PORTOGHESI L., 1990- *Modelli gestionali di aziende forestali pilota per la produzione di biomassa per energia*, In "Valorizzazione energetica di materiali legnosi nel Lazio", ENEA.

CONTI S., 1996 - *Geografia economica*, Teorie e metodi, Utet, Torino.

DEL FAVERO R., 2000 - *Gestione forestale e produzione legnosa a fini energetici*, Sherwood, n° 8.

FAGARAZZI C., 1999- *Strumenti di analisi del mercato delle biomasse agro-forestali per uso energetico*, Tesi di dottorato di ricerca in Economia delle Risorse Alimentari e dell'ambiente, Istituto Universitario Navale, Napoli.

FAGARAZZI C., 2001- *Strumenti di Analisi del Mercato delle Biomasse Agro-Forestali per uso energetico*, Italia Forestale e Montana, n.2/2001.

KHAN J. R., 1998 - *The economic approach to environmental and natural resources*, Orlando Dryden Press.

KOTLER P., ARMOSTRONG G., SAUNDERS J. e WONG V., 1996 - *Principles of marketing*, European edition.

LIBERATORE C., 1995- *Contabilita' analitica per le decisioni economiche*, Padova, Edizioni Cedam.

MARONE E., ROMANO S., CATENI A., SAVIGNANO A., (1996) *Le risorse forestali nazionali e la filiera foresta-legno-mobili*, in *Un modello economico-ambientale per la gestione delle risorse forestali*, a cura di Casini L., Marinelli A.,

MERLO M., 1991 - *Elementi di economia ed estimo forestale-ambientale*, pp. 234-241; Patron Editore.

MONDINO G.P., BERNETTI G., 1998. *I tipi forestali. Boschi e macchie di Toscana*. Edizioni Regione Toscana, Firenze, 358 pp.

PERTUU K., 1998 - *Environmental Justification for short rotation forestry in Sweden*. Biomass and energy, vol. 15, n°1.

PETTENELLA D., (2000) - *Costi di produzione e possibilità di marketing del legname cippato*, Sherwood, n° 59.

REGIONE TOSCANA, 1998, *I tipi forestali, Boschi e Macchie di Toscana*. Giunta Regionale Toscana, Edizioni Regione Toscana, Firenze.

REGIONE TOSCANA, 1998 - *L'Inventario Forestale*, Giunta Regionale Toscana, Edizioni Regione Toscana, Firenze

SPINELLI R., KOFMAN P., 1995 *Macchine per la raccolta delle biomasse forestali*. M&MA, (7/8), pp 45-49.

SPINELLI R., MEZZALIRA G., 2001- *La produzione di legno energia nell'arboricoltura da legno lineare*. In "Supplemento Informatore Agrario" (34)



SPINELLI R., 2001- *Short rotation negli USA: le frontiere della meccanizzazione*. In "Supplemento Informatore Agrario" (34).

SPINELLI R. E VERANI S., 2000- *La raccolta del Legno per uso energetico industriale*. Sherwood, (8).

STONE S. W. (1998): Using a geographic information system for applied policy analysis: the case of logging in the Eastern Amazon, *Ecological Economics*, n. 27, pp. 43-61.

WEAR D. N. - PARKS P. (1994): *The economics of timber supply: an analytical synthesis of modelling approaches*, *Natural Resource Modelling*, Vol. 8 n. 3.

ISTAT, (1996) "Censimento intermedio dell'industria e dei servizi"

POLETTI A., ACERBI A., (1998), *Introduzione agli aspetti informatici dei GIS*, In *Metodi e strumenti per un nuovo governo della città e del territorio*, Atti del Convegno GIS-Itinera'98, (2001), Maggioli Editore.