



Regione Siciliana
**Assessorato Regionale dell'Agricoltura, dello Sviluppo
Rurale e della Pesca Mediterranea**

Piano Forestale Regionale

2021-2025

**“Distretti energetici” basati
sull’impiego di biomassa**

Studio a corredo n° 6



Dipartimento Foreste

Assessorato Agricoltura e Foreste

Regione Siciliana



UNIONE EUROPEA
Fondo sociale europeo



*Accademia Italiana di Scienze
Forestali*



Università degli Studi di Palermo

Regione Siciliana

Assistenza Tecnica al Dipartimento Foreste della Regione Siciliana

per la definizione del Piano Forestale Regionale

(Misura 7.01 del POR Sicilia 2000-2006 – Cod. Id. 1999.IT16.IPO.0.11/7.01/2.49/0003)

Linea di ricerca 2/2: – “Distretti energetici“ basati sull’impiego di biomassa

-----*-----

Studi Specifici di Corredo al Piano n. 6:

Il Responsabile della Ricerca

Prof. Marco Marchetti

Palermo 30 settembre 2008

ATTIVITÀ PREVISTE DA PROGETTO ESECUTIVO

Analisi quadro normativo vigente	10
Stima della disponibilità di biomassa	22
Analisi iniziative in atto	43
Analisi degli aspetti tecnologici nella filiera legno-energia	47
Analisi degli aspetti organizzativi nella filiera legno-energia	47
Individuazione del sito e ottimizzazione della taglia dell'impianto	61
Analisi e formalizzazione dei risultati delle analisi precedenti in procedure standardizzate e applicabili nel contesto regionale	71
Organizzazione di stages dimostrativi e percorsi formativi per la diffusione dei protocolli e l'applicazione delle procedure in ambienti operativi	

Sommario

1	Introduzione.....	5
2	analisi quadro normativo vigente	10
2.1	Politiche energetiche per lo sviluppo delle biomasse.....	10
2.2	Le misure di sostegno	18
3	Stima della disponibilità di biomassa	22
3.1	Stima della produttività reale e potenziale delle risorse forestali esistenti.....	22
	Risoluzione dell'analisi	23
3.2	Stima della domanda di combustibili legnosi.....	23
3.2.1	Fonte per i consumi domestici.....	23
3.2.2	Strato informativo dei consumi domestici.....	24
3.3	Stima dell'offerta di combustibili legnosi	26
3.3.1	Copertura del suolo.....	26
3.3.2	Stima della produttività potenziale.....	30
3.3.3	Stima della produttività potenziale di combustibili legnosi al lordo delle possibili limitazioni	32
3.3.4	Stima delle limitazioni.....	37
3.3.5	Stima della produttività potenziale al netto delle limitazioni.....	37
3.3.6	produttività potenziale accessibile.....	40
3.3.7	Individuazione di distretti energetici	41
4	analisi iniziative in atto.....	43
5	Analisi degli aspetti tecnologici e organizzativi nella filiera legno-energia	47
5.1	Recupero di biomassa da uliveti,vigneti e frutteti	48
5.2	Recupero di biomassa da boschi di querce (caducifoglie e sempreverdi).....	55
6	Individuazione del sito e ottimizzazione della taglia dell'impianto	61

6.1	Scenari distrettuali	61
6.2	Filiere bioenergetiche	62
6.3	Il caso studio: Analisi della convenienza economica per un impianto di cippattutra e pellettatura nella Sicilia occidentale	63
7	Analisi e formalizzazione dei risultati delle analisi precedenti in procedure standardizzate e applicabili nel contesto regionale	71
7.1	Analisi e proposte d'intervento sul comparto forestale ed agricolo in Regione Sicilia	71
7.2	Analisi e proposte per l'utilizzo delle biomasse forestali ed agricole per la produzione di energia	72
8	<i>Conclusione</i>	76
9	Bibliografia:	77

1 INTRODUZIONE

Il presente elaborato è stato redatto dall'Accademia Italiana di Scienze Forestali nell'ambito delle "Attività di assistenza specialistica in materia forestale da fornire per la stesura delle Linee Guida del Piano Forestale Regionale" e riguarda la quantificazione delle biomasse di interesse forestale e agricole a fini energetici in Regione Sicilia.

Il contesto socioeconomico

Il ruolo attuale dell'energia derivante dalle biomasse e in particolare della dendroenergia nel soddisfacimento della domanda complessiva di energia è un tema entrato nel dibattito politico ed economico internazionale investendo questioni ambientali e sociali, oltre che economiche. Le politiche energetiche tendono a stimolare l'impiego di risorse rinnovabili decentrate e con impatti ambientali non negativi (AA.VV., 1997a; 1997b). Le biomasse legnose rispondono a tali requisiti. La localizzazione di queste risorse in aree rurali svantaggiate comporta infatti uno stretto legame tra la valorizzazione delle biomasse legnose e le politiche di sviluppo delle aree marginali.

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

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

In Italia, nonostante il raggiungimento di qualche risultato lusinghiero e incoraggiante a 25 anni di distanza dalla crisi energetica, la bioenergia (sia essa di natura agricola o

forestale) stenta comunque ad affermarsi a scala industriale. Nonostante una considerevole serie di affermazioni programmatiche, qualche (limitato) investimento pubblico in attività di ricerca e un'adeguata politica tariffaria e fiscale, gran parte delle esperienze volte a favorire l'uso della legna a fini energetici sono ancora frammentate sperimentazioni locali. A questo parziale insuccesso ha senz'altro contribuito la riduzione dei prezzi dei combustibili convenzionali verificatasi negli anni '80 e '90.

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

La biomassa utilizzabile a fini energetici può quindi essere reperita in vari comparti agroforestali quali: i boschi, le piantagioni fuori foresta, le aree verdi ornamentali, le pertinenze idrauliche (vegetazione ripariale), le industrie del legno, l'agricoltura, le industrie agroalimentari ed i rifiuti urbani ed industriali (Mezzalana, 2003).

A livello locale la crescita del settore energetico favorisce il nascere di nuove figure professionali, nuova occupazione e nuove attività imprenditoriali. Ad esempio l'utilizzazione del legno di origine nazionale a fini energetici, porterebbe ad un miglioramento della bilancia dei pagamenti, riducendo la dipendenza dall'estero un maggiore utilizzo di risorse locali, con conseguente diminuzione dei costi, in particolare quelli legati ai trasporti, ed infine la creazione di nuovi posti di lavoro a livello locale. Infatti a differenza del petrolio e del gas, in larghissima parte importati dai lontani paesi produttori, il legno è reperibile su scala locale e utilizzabile direttamente in loco, inoltre il suo utilizzo stimola la cura ed il miglioramento dei boschi con due importanti conseguenze: si crea una fonte di reddito alternativa per gli agricoltori e nello stesso tempo, si riduce il rischio di dissesti idrogeologici legati all'abbandono. Attraverso una buona gestione territoriale, ispirata ai principi della sostenibilità, si può rendere disponibile una rilevante quantità di legno energia e allo

stesso tempo produrre vantaggi ambientali, sociali ed economici, senza intaccare l'attuale patrimonio forestale, ma anzi valorizzando le sue funzioni.

Il contesto energetico

Il legno per secoli è stato utilizzato come fonte energetica principale; attualmente l'energia prodotta da biomassa, nel mondo, costituisce il 15% del totale dei consumi energetici; con un forte grado di disomogeneità tra i vari Paesi: nei paesi industrializzati le biomasse costituiscono appena il 3%, mentre nei paesi in via di sviluppo tale risorsa soddisfa in alcuni casi addirittura il 90% del fabbisogno energetico. Nel contesto europeo (3% energia prodotta da biomassa), l'Italia, secondo i dati del Ministro dell'ambiente, al 2001 produce appena il 2% del fabbisogno energetico attraverso l'utilizzo della biomassa, e la maggior parte degli impianti sono concentrati nelle regioni centro-settentrionali. L'Enel stima che ogni anno, in Italia, si producono circa 17 Mtep di legno e residui agroforestali non utilizzati, che equivalgono ad un pozzo di petrolio non sfruttato (Enel, 2001).

Le politiche energetiche nazionali non solo hanno recepito le direttive comunitarie a partire dal Libro Bianco per la valorizzazione energetica delle Fonti Rinnovabili (1997), ma hanno attraverso la legge 10/1991 previsto norme per l'attuazione del Piano Energetico Nazionale in materia di uso razionale dell'energia, del risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili di energia.

Il sostegno alla diffusione di impianti per la produzione di energia che utilizzano le energie rinnovabili è dato mediante il sistema dei Certificati, superando il sistema delle agevolazioni tariffarie. Infatti, secondo quanto disposto dalla UE la produzione di energia da fonti rinnovabili in impianti entrati in servizio o ripotenziati a partire dal 1° aprile 1999, ha diritto alla certificazione di produzione da fonti rinnovabili (certificato verde) per i primi otto anni di esercizio.

Con questo sistema l'incentivazione per le fonti di energia rinnovabili avviene secondo tre meccanismi fondamentali:

- certificati verdi, rilasciati per produzioni superiori ai 50 MWh/anno;
- contributi comunitari, nazionali e regionali, emessi prevalentemente a favore di applicazioni innovative e con varie modalità;
- RECS (Renewable Energy Certificate System) e marchi di qualità, ossia certificazioni volontarie della "efficienza energetica".

Dato che i produttori e gli importatori di energia elettrica prodotta da fonti non rinnovabili hanno l'obbligo di immettere ogni anno in rete una quota determinata di energia prodotta da impianti alimentati da fonti rinnovabili, tale obbligo può essere anche soddisfatto mediante l'acquisto di Certificati Verdi relativi alla produzione di energia da fonti rinnovabili effettuata da altri soggetti.

La situazione regionale

Per quanto riguarda la politica energetica regionale nello studio preliminare per la redazione del PFR Sicilia sono state evidenziate le opportunità di utilizzo delle biomasse a fini energetici; in una seconda fase si è effettuata una stima della consistenza quantitativa delle risorse energetiche rinnovabili in Sicilia con particolare riferimento alle biomasse. Tali potenziali sono stati individuati al netto dei vincoli normativi ed economici, e considerando l'uso del territorio e la natura sociale.

Il principale strumento per incentivare la produzione di biomasse è la Misura 1.17 del POR 2000-2006 per il finanziamento di interventi finalizzati alla produzione di energia elettrica e/o termica attraverso l'utilizzo di residui agricoli, forestali e industriali di cui la Sicilia presenta una elevata disponibilità, mediante trattamenti termici (combustione, gassificazione) o processi biologici-chimici (fermentazione, digestione).

Metodologia

Dal punto di vista metodologico la redazione del documento è stata impostata sulla conoscenza dei risultati di progetti speciali in essere o di esperienze di ricerca pregresse.

Una prima parte delle informazioni utilizzate in questo documento ha fatto riferimento alla classificazione del territorio nazionale derivata dal Corine Land Cover di IV Livello (Clc_IV) con dati relativi al 2000. Un'altra fonte informativa riguardo alla copertura del suolo è stata la Carta della Natura fornita dalla Regione Sicilia. I dati dell'IFNC (2007) sono stati utilizzati per l'analisi della disponibilità al prelievo legnoso delle diverse categorie dell'inventario. Tuttavia, mancando dati di dettaglio è stato possibile fornire un quadro informativo che, seppur non aggiornato, è da considerarsi rappresentativo degli aspetti produttivi delle risorse forestali regionali. La stima della produttività di biomassa legnosa per diversi usi, in particolare

energetici, è stata basata, infatti, sui valori di volume ed incrementi legnosi per tipi forestali, gruppi di specie e per regione prodotti dall'Inventario Forestale Nazionale Italiano (1985). Sono stati utilizzati, inoltre, le fonti informative ricavabili dalle tavole alsometriche dei cedui di Ciancio e Nocentini (2004).

Per gli aspetti relativi alla domanda e ai costi delle produzioni sono state prese in considerazione le diverse filiere che caratterizzano la produzione/utilizzazione delle biomasse a fini energetici, individuando anche gli eventuali flussi di mercato in essere o di prossima attivazione. Su tali aspetti sono state formulate alcune considerazioni di carattere generale che hanno concorso alla stima complessiva. L'analisi della domanda dei prodotti legnosi è stata elaborata (con riferimento ai dati ISTAT, ENEA) in termini di destinazione d'uso, ed in particolare per la biomassa a scopo energetico in termini di consumi domestici (assortimenti classici) tramite sviluppo di database georeferenziati integrati in un contesto GIS.

Sulla base delle informazioni appena descritte è stata elaborata per la Regione Sicilia, la stima del potenziale di biomassa attuale. È stata stimata, inoltre, l'accessibilità delle risorse mediante correlazione tra mappe della produttività e fattori di accessibilità legati agli aspetti fisici del territorio, quali la distanza dalle infrastrutture viarie, presenza/assenza di centri abitati, pendenze del terreno al fine di ottenere una mappatura della produttività sostenibile potenziale.

Tramite un incrocio delle mappe della produttività sostenibile potenziale e delle domanda sono state prodotte le mappe di bilancio domanda/offerta. Totalizzati per zone altimetriche e di urbanizzazione, i bilanci comunali e regionali hanno consentito una prima caratterizzazione del bilancio domanda/offerta in Regione Sicilia.

2 ANALISI QUADRO NORMATIVO VIGENTE

2.1 Politiche energetiche per lo sviluppo delle biomasse

Il contesto comunitario

I crescenti problemi di carattere ambientale come lo sfruttamento non sostenibile delle risorse naturali, l'inquinamento dell'ecosistema ed i cambiamenti climatici provocati dall'utilizzo delle tradizionali fonti di energia hanno indotto la Comunità internazionale a promuovere l'utilizzo di fonti alternative e rinnovabili ed a favorire l'utilizzo di tecnologie a maggiore efficienza energetica. Il ruolo delle fonti rinnovabili e, tra queste, delle biomasse, è ancora piuttosto contenuto nel mix energetico complessivo, pari rispettivamente a 6,4 e 4,2% (Fonte: Eurostat), ma la [Commissione europea](#) è sempre più convinta che le biomasse agro-forestali, tra le fonti "verdi", possano svolgere un ruolo importante sia per la sicurezza dell'approvvigionamento energetico, sia nella lotta contro il cambiamento climatico. Per questi motivi, negli ultimi anni, è andato crescendo l'interesse dell'UE per lo sviluppo di nuove filiere a partire da materie prime rinnovabili agricole e silvicole locali dal momento che un ulteriore beneficio è quello di creare innovazione, nuovi settori di attività e occupazione nelle zone rurali.

A partire dal 2000, l'Unione Europea ha proposto un considerevole numero di strumenti legali per promuovere le fonti rinnovabili e l'efficienza energetica. Fra i provvedimenti di diretto interesse per il settore delle biomasse svolge un ruolo fondamentale la direttiva 2001/77/CE. La direttiva mira a promuovere un maggior contributo delle fonti energetiche rinnovabili alla produzione di elettricità nel relativo mercato interno e a creare le basi per un futuro quadro comunitario in materia.

Considerato che il potenziale di sfruttamento delle fonti energetiche rinnovabili è sottoutilizzato nella Comunità, si riconosce la necessità di promuovere in via prioritaria le fonti energetiche rinnovabili, poiché queste contribuiscono alla protezione dell'ambiente e allo sviluppo sostenibile. Esse possono inoltre creare occupazione locale, avere un impatto positivo sulla coesione sociale, contribuire alla sicurezza degli approvvigionamenti e permettere di conseguire più rapidamente gli obiettivi di Kyoto.

Le principali misure cui si accenna nella direttiva sono:

- Adozione di regimi di sostegno per i produttori di elettricità da fonti rinnovabili (art. 4);
- Semplificazione delle procedure amministrative (art. 6);
- Agevolazione dell'accesso alla rete (art. 7).

La direttiva si pone come obiettivo quello di rendere la produzione di elettricità da fonti rinnovabili competitiva rispetto a quella ottenuta da fonti tradizionali, nonché a promuovere misure idonee a favorire l'aumento del consumo di elettricità da fonti rinnovabili e favorire lo sviluppo di impianti di microgenerazione elettrica alimentati sempre dalle suddette fonti, soprattutto in relazione alle aree montane e agricole. Tutti gli Stati membri sono invitati a stabilire obiettivi indicativi nazionali di consumo di elettricità prodotta da fonti energetiche rinnovabili, compatibili con gli impegni assunti in materia di cambiamenti climatici (art. 3); inoltre ogni cinque anni, gli Stati membri adottano e pubblicano una relazione che stabilisce per i dieci anni successivi le misure adottate per aumentare la percentuale di energia elettrica prodotta da fonti rinnovabili. L'Unione Europea indica come obiettivo da conseguirsi entro il 2010 quello di portare la quota di energia prodotta da FER al 12% del consumo energetico nazionale lordo e la quota di elettricità prodotta da FER (E-FER) al 22% (per l'Italia il 22%). Gli Stati membri sono invitati a valutare l'attuale quadro legislativo e regolamentare esistente delle procedure di autorizzazione o delle altre procedure di cui all'articolo 4 della direttiva 96/92/CE applicabili agli impianti per la produzione di elettricità da fonti energetiche rinnovabili allo scopo di ridurre gli ostacoli normativi e di altro tipo all'aumento della produzione di elettricità da fonti energetiche rinnovabili e razionalizzare e accelerare le procedure all'opportuno livello amministrativo (art. 6). Gli Stati membri si sono impegnati a pubblicare, per la prima volta entro il 27 ottobre 2003, e successivamente ogni due anni, una relazione contenente un'analisi sul raggiungimento degli obiettivi indicati a livello nazionale.

Oltre a tale direttiva si possono ritenere di una certa influenza:

- la direttiva 2002/91/CE, che ha l'obiettivo di promuovere il miglioramento del rendimento energetico degli edifici nella Comunità, tenendo conto delle condizioni locali e climatiche esterne, nonché delle prescrizioni per quanto riguarda il clima degli ambienti interni e l'efficacia sotto il profilo dei costi (art. 1). La direttiva fissa una serie di linee-guida cui i diversi Paesi membri dovranno adeguarsi promulgando un'apposita legislazione o adeguando quella esistente.

- La direttiva 2003/30/CE relativa alla promozione dell'uso dei biocarburanti o di altri carburanti rinnovabili nei trasporti, al fine di contribuire al raggiungimento degli obiettivi nazionali in materia di riduzione delle emissioni di gas a effetto serra e di sicurezza dell'approvvigionamento di fonti di energia rispettando l'ambiente, e di promozione delle fonti di energia rinnovabili.
- La direttiva 2004/8/CE sulla promozione della cogenerazione basata su una domanda di calore utile nel mercato interno dell'energia e che modifica la direttiva 92/42/CEE.
- La direttiva 2006/32/CE concernente l'efficienza degli usi finali dell'energia e i servizi energetici che si applica sia ai distributori di energia, ai gestori dei sistemi di distribuzione e alle società di vendita di energia, che agli utenti finali. L'obiettivo nazionale di risparmio energetico è fissato dalla UE al 9% entro il 2015.

Negli ultimi anni, si sta assistendo ad una svolta strategica della politica energetica europea. Il pacchetto "Energia" che la Commissione europea ha presentato il 10 gennaio 2007 (*"Una politica energetica per l'Europa"* [COM 2007/1](#)) s'inserisce nella dinamica avviata nel marzo 2006 dal [Libro verde su una strategia europea per un'energia sostenibile, competitiva e sicura](#). Il *"Piano d'azione per la biomassa"*, COM 628/2005; e il *"Piano d'azione per le foreste"*, COM 302/2006) dimostrano l'interesse dell'UE per lo sviluppo di nuove filiere a partire da materie prime rinnovabili agricole e silvicole locali dal momento che un ulteriore beneficio è quello di creare innovazione, nuovi settori di attività e occupazione nelle zone rurali. Le principali biomasse da promuovere, individuate nel Piano del 2005 sono: i biocarburanti per i trasporti (oleaginose, cereali, bietole, oli usati); il teleriscaldamento domestico alimentato dal legno; la combustione del legno e di residui della lavorazione nelle centrali che producono energia elettrica e termica. In particolare per il biocarburante da trasporto è stata introdotta una percentuale minima di biocarburanti da incorporare nei carburanti convenzionali da immettere sul mercato. Per l'energia elettrica e termica il Piano si propone di incoraggiare l'utilizzo di biomasse per l'elettricità ed il riscaldamento; promuovere investimenti a favore della ricerca per favorire in particolare la produzione di combustibili liquidi a partire dal legno e dai residui; promuovere una campagna d'informazione per gli imprenditori agricoli e forestali sull'interesse allo sviluppo delle colture energetiche; per l'energia elettrica migliorare il sostegno all'energia verde attraverso l'introduzione

da parte di ciascun Stato Membro di un regime nazionale che dia orientamenti chiari, servizi di autorizzazione unici, meccanismi di pianificazione preliminari per garantire un accesso ai certificati trasparente e non discriminatorio; per l'energia termica adottare una strategia comunitaria volta a promuovere l'utilizzazione di energie rinnovabili per il riscaldamento (non vi è attualmente una Direttiva Europea per l'energia termica).

In occasione del Consiglio europeo di primavera è stato approvato un piano d'azione globale nel settore dell'energia per il periodo 2007-2009. Le problematiche energetiche sempre più pressanti sia sotto il profilo della sostenibilità e delle emissioni dei gas serra che dal punto di vista della sicurezza dell'approvvigionamento e della dipendenza dalle importazioni, inducono l'UE ad essere l'artefice di una nuova rivoluzione industriale e creare un'economia ad elevata efficienza energetica e a basse emissioni di CO₂. Per poterlo fare, si è fissata vari obiettivi energetici:

- limitare la dipendenza dell'UE nei confronti delle importazioni, garantire l'approvvigionamento attraverso una diversificazione del mix energetico (Fonti Energetiche Rinnovabili).
- Garantire il corretto funzionamento del mercato interno dell'energia e disponibilità di energia a prezzi accessibili.
- La riduzione delle emissioni di gas serra dovute alla produzione o al consumo di energia.

Tale piano, secondo un approccio integrato tra politiche (mercato interno, ambiente, clima, trasporti, grandi reti, agricoltura, ricerca scientifica e tecnologica, relazioni esterne) fissa ambiziosi obiettivi: l'UE si impegna a ridurre le emissioni di gas serra del 20%, ad aumentare l'efficienza del 20% entro il 2020; inoltre, in meno di 15 anni, deve contare su un mix energetico proveniente per il 20% da fonti rinnovabili, e tra queste l'8% dovrà essere generato proprio da biomasse e biocarburanti.

Le biomasse agro-forestali nella politica nazionale

A partire degli anni novanta una serie di avvenimenti internazionali segnano l'inizio di una nuova politica energetica nel panorama italiano. Nel dicembre del 1997 i rappresentanti di circa 160 paesi si sono incontrati a Kyoto (Giappone) per cercare di far convergere le diverse politiche sviluppatesi in attuazione degli accordi presi nel

1992 nella Convenzione quadro sui cambiamenti climatici. Il protocollo d'intesa, sottoscritto da parte dei 38 paesi più industrializzati, prevede una limitazione e una riduzione delle emissioni dei gas ad effetto serra ed un miglioramento dell'efficienza energetica. L'Unione Europea, che proponeva una riduzione media del 15%, si è impegnata a ridurre dell'8% (rispetto ai livelli del 1990) le emissioni di gas ad effetto serra, con quote diverse nei singoli paesi. Con il Libro bianco "energia per il futuro: le fonti energetiche rinnovabili", la Commissione Europea propone per il 2010 un obiettivo indicativo globale del 12% per il contributo delle fonti energetiche rinnovabili al consumo interno lordo di energia dell'Unione Europea. Al fine di promuovere il decollo delle fonti rinnovabili di energia la Commissione propone una campagna d'azione basata su quattro azioni chiave.

Con la delibera CIPE n° 137 del 19 novembre 1998 vengono approvati a livello nazionale il Protocollo di Kyoto e le misure nazionali di riduzione delle emissioni di CO₂ dell'Italia. All'interno della delibera CIPE n° 253 del 27 gennaio 1999, viene predisposto anche il Libro bianco per la valorizzazione energetica delle fonti rinnovabili che segue le indicazioni del Libro verde nazionale e del Libro Bianco europeo, definisce a livello nazionale gli obiettivi, le strategie, ed i progetti di sviluppo delle fonti rinnovabili ai fini di una riduzione di CO₂ come definiti nella delibera 137/98. Gli obiettivi corrispondono ad una riduzione complessiva pari a 95/112 Mt di CO₂ da raggiungere entro il periodo 2008/2012.

Gli obiettivi delineati all'interno del Libro Bianco trovano un approfondimento nell'ambito del "Programma nazionale per la valorizzazione delle biomasse agricole e forestali" predisposto con delibera CIPE n° 137 del novembre 1998 ed approvato con delibera n° 217 del 21 dicembre 1999, individua le linee guida per lo sviluppo del settore delle coltivazioni energetiche quali fonti rinnovabili. Tale programma fissa gli obiettivi e gli strumenti volti a favorire l'aumento della produzione energetica da biomasse agricole e forestali in linea con quanto previsto dal "Programma nazionale per l'energia rinnovabile da biomasse" (PNERB) e nel "Libro Bianco per la valorizzazione energetica delle fonti rinnovabili". E' fissato a 1 Mtep/anno l'obiettivo a breve termine di incremento delle produzioni agricole e forestali dedicate alla produzione di energia al 2002-2003, al quale corrisponderebbe un aumento della superficie dedicata a coltivazioni energetiche fino a 200.000 ha/anno. Gli investimenti previsti comprenderanno l'utilizzazione di biomasse in processi termochimici per la produzione di energia termica, elettrica o da cogenerazione

riguardando impianti di tipo diverso: dai piccoli impianti da pochi kW alle grandi utenze di 5 MW per usi di processo o di teleriscaldamento. Per gli impianti di cogenerazione la dimensione sarà variabile tra 2-3 e 40-50 MW.

In accordo con il “Programma Nazionale Energia Rinnovabile da Biomasse” – PNERB del 1998, promulgato in anticipo rispetto al Protocollo di Kyoto, che mira a stimolare tre filiere agro-energetiche (biocarburanti, energia da biomasse agroforestali e zootecniche), sono stati varati il “Programma Nazionale Valorizzazione Biomasse Agricole e Forestali” - PNVBAF del 1999 ed il “Programma nazionale biocombustibili” - PROBIO del 2000. Il primo prevedeva lo sviluppo di coltivazioni destinate alla produzione di energia, il recupero di residui e sottoprodotti agricoli, forestali, zootecnici e agro-industriali per la produzione di energia, la produzioni di biocombustibili e di energia termica e/o elettrica da biomasse e l’applicazione di misure di agevolazione e incentivi per le produzioni agricole non alimentari. Il programma PROBIO, tuttora attivo, si focalizza sullo [sviluppo sostenibile](#) dei biocombustibili solidi destinati ad usi elettrici e termici e biocarburanti liquidi per autotrazione e riscaldamento e prevede in particolare l’attivazione di azioni divulgative e dimostrative con la funzione di stimolare amministrazioni locali, agricoltori ed industriali ad intraprendere attività in grado di sviluppare l’uso di “biocombustibili”, ovvero biomasse che possano essere utilizzate in processi di combustione o altra trasformazione termochimica. Assume maggiore consistenza l’approccio integrato alle questioni energetiche, preservare l’ambiente, migliorare il rendimento delle fonti energetiche, evitare gli sprechi e razionalizzare l’uso delle risorse.

Le politiche energetiche nazionali non solo hanno recepito le direttive comunitarie a partire dal Libro Bianco per la valorizzazione energetica delle Fonti Rinnovabili (1997), ma hanno attraverso la legge 10/1991 previsto norme per l’attuazione del Piano Energetico Nazionale in materia di uso razionale dell’energia, del risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili di energia.

Attualmente il settore è disciplinato dal D.Lgs. 387/2003 con il quale il Legislatore italiano ha finalmente recepito e dato efficacia alla sopra menzionata Direttiva 2001/77/CE. Le disposizioni contenute nel predetto decreto sono dirette ad incrementare l’impiego delle fonti energetiche rinnovabili nella produzione di elettricità, nonché a promuovere misure idonee a favorire l’aumento del consumo di

elettricità da fonti rinnovabili e favorire lo sviluppo di impianti di microgenerazione elettrica alimentati sempre dalle suddette fonti, soprattutto in relazione alle aree montane e agricole. All'art. 2 sono previste importanti definizioni: sono considerate fonti energetiche rinnovabili "...le fonti energetiche rinnovabili non fossili (eolica, solare, geotermica, del moto ondoso, maremotrice, idraulica, biomasse, gas di discarica, gas residuati dai processi di depurazione e biogas). In particolare, per biomasse si intende: la parte biodegradabile dei prodotti, rifiuti e residui provenienti dall'agricoltura, dalla silvicoltura e dalle industrie connesse, nonché la parte biodegradabile dei rifiuti industriali e urbani". Nell'ambito di questo articolo risulta poi importante la definizione di impianti di microgenerazione che rappresentano quegli impianti con capacità di generazione non superiori a 1 MW elettrico.

Per ciò che concerne in modo specifico gli impianti, la legge si pone in un'ottica di semplificazione dell'iter burocratico che regola la costituzione di nuovi impianti al fine di incrementarne lo sviluppo. All'art. 12 "*Razionalizzazione e semplificazione delle procedure autorizzative*" è previsto che la realizzazione degli impianti alimentati da fonti rinnovabili, devono essere considerate di pubblica utilità, urgenti ed indifferibili; inoltre la costruzione e l'esercizio degli impianti di produzione di energia elettrica alimentati da fonti rinnovabili, gli interventi di modifica, potenziamento, nonché tutte le opere connesse e le infrastrutture indispensabili alla costruzione e all'esercizio, sono soggetti ad un'unica autorizzazione, la quale viene rilasciata a seguito di un procedimento unico, al quale partecipano tutte le amministrazioni interessate e svolto sulla base dei principi di semplificazione e con le modalità stabilite dalla L. 241/1990.

Altre misure nazionali volte a favorire il consumo di elettricità derivante da fonti rinnovabili sono rappresentate dal D.Lgs. 79/1999 e dai provvedimenti assunti al fine dall'attivazione della Legge 120/2000 di ratifica del Protocollo di Kyoto. In particolare il sopra citato D.Lgs. 79/1999 introduce l'obbligo a carico dei grandi produttori e importatori di energia elettrica prodotta da fonti non rinnovabili, di immettere nella rete elettrica a decorrere dal 2002 una quota minima, pari al 2%, di elettricità prodotta da impianti alimentati a fonti rinnovabili entrati in esercizio dopo il 1 aprile 1999. A tal fine, riprendendo il D.Lgs. 387/2003 e precisamente l'art. 4, è previsto a decorrere dall'anno 2004 e fino al 2006 che questa quota minima di elettricità prodotta da impianti alimentati da fonti rinnovabili sia incrementata annualmente di 0,35 punti percentuali.

La nuova legge finanziaria 2007 dello Stato ha previsto una serie di novità rilevanti nel settore agrienergetico. Il decreto legislativo n. 26/2007, che ha completato la liberalizzazione del mercato energetico, il decreto legislativo n. 20/2007 di attuazione della [direttiva](#) 2004/8/CE sulla promozione della cogenerazione e il “*Piano nazionale sull’efficienza energetica, sulle energie rinnovabili e sull’eco-industria*” che il Governo ha presentato il 19 febbraio 2007 ad integrazione e completamento delle misure in materia previste dalla finanziaria, offrono possibilità di interazione tra settore agricolo ed energetico per la valorizzazione delle biomasse. Le principali novità nel settore delle biomasse riguardano la riduzione di accise per i biocarburanti, l’aliquota iva agevolata per le reti di teleriscaldamento, i contratti servizio energia, l’esenzione dell’accisa di un primo contingente defiscalizzato di olio vegetale puro, ma anche l’impegno ad istituire uno speciale regime di certificati verdi di tipo “agricolo”. Inoltre con la legge finanziaria 2007, il governo ha di fatto rimosso tutte le incertezze legate al sistema incentivante. Infatti, qualsiasi azienda o cittadino che intende realizzare un impianto di produzione di energia alimentato da fonti rinnovabili, ottenute le opportune autorizzazioni ha diritto a beneficiare del conto energia o dei certificati verdi. Il sistema incentivante, era dapprima basato sulla concessione di contributi in conto capitale sugli investimenti e, successivamente, a partire dagli anni ‘90, su incentivi legati alla tariffa di cessione dell’energia prodotta (CIP- 6 e certificati verdi - CV). Entrambi i sistemi, centrati sul costante ricorso a bandi nazionali senza alcuna garanzia sulla realizzabilità dell’impianto proposto, hanno generato un mercato costituito da società di consulenza che si accaparravano un gran numero di incentivi che poi cercavano di rivendere alle aziende interessate alla realizzazione degli impianti. Con il risultato finale che solo una piccolissima parte degli impianti a cui erano stati riconosciuti gli incentivi venivano effettivamente realizzati. I Certificati verdi sono dei titoli annuali che vengono attribuiti all’energia elettrica prodotta da fonti rinnovabili utilizzando impianti entrati in esercizio dopo il 1 aprile 1999, sono emessi dal Gestore dei Servizi elettrici (GSE) e concessi ai produttori che hanno ottenuto la qualifica di Impianto Alimentato da Fonti Rinnovabili (IAFR). Dato che i produttori e gli importatori di energia elettrica prodotta da fonti non rinnovabili hanno l’obbligo di immettere ogni anno in rete una quota determinata di energia prodotta da impianti alimentati da fonti rinnovabili, tale obbligo può essere anche soddisfatto mediante l’acquisto di Certificati Verdi relativi alla produzione di energia da fonti rinnovabili effettuata da altri soggetti. L’attuale

disciplina dei Certificati Verdi è finalizzata a incentivare l'impiego a fini energetici di materie prime provenienti da contratti di coltivazione, di prodotti e residui provenienti dall'agricoltura, dalla zootecnia, delle attività forestali e di trasformazione alimentari nell'ambito dei progetti rivolti a favorire la formazione di distretti locali agrienergetici, da materie prime provenienti da pratiche di coltivazione a basso consumo energetico e in grado di conservare o integrare il contenuto di carbonio nel suolo. Per i Certificati Verdi di tipo "Agricolo", la nuova finanziaria prevede l'abolizione della soglia minima di 50.000 kW elettrici prodotti; quindi tutta l'energia elettrica prodotta anche per quantità inferiori a questo tetto potrà beneficiare dei CV.

2.2 Le misure di sostegno

Negli ultimi anni, gli strumenti nazionali per valorizzare a fini energetici le biomasse sono andati aumentando: utilizzo di Certificati Verdi scambiabili che attestano l'avvenuta produzione di una certa quantità di elettricità tramite l'impiego di fonti energetiche rinnovabili; sovvenzioni per la produzione di bioetanolo; esenzioni fiscali per la produzione di biodiesel; accesso prioritario al sistema di distribuzione dell'energia elettrica concesso all'elettricità fornita da impianti che utilizzano biomasse solide e [biogas](#) che hanno ottenuto dal Gestore dei servizi elettrici (GSE) la qualifica di Impianti Alimentati da Fonti Rinnovabili (IAFR); finanziamenti a bando per lo sviluppo e la valorizzazione a fini energetici di biomasse, concessi a imprese agricole, ditte boschive e operatori forestali nell'ambito dei Piani energetici ambientali regionali, dei Piani forestali regionali, dei [piani di sviluppo rurale \(PSR\)](#) e di programmi nazionali per la ricerca, programmi pilota e iniziative di filiera (Tab. 1).

I Fondi strutturali istituiti a suo tempo dal Regolamento CEE 2052/88 sono gli strumenti di cui si avvale la Comunità Europea per ridurre il divario tra i livelli di sviluppo delle diverse Regioni e tra i diversi Stati Membri dell'Unione Europea. Nell'ambito di questi fondi, rivestono importanza il Fondo Europeo di Sviluppo Regionale – FESR – gestito dalla Direzione Generale per la Politica Regionale e il Fondo Europeo Agricolo di Orientamento e Garanzia – FEOGA – gestito dalla Direzione Generale per l'Agricoltura.

L'organizzazione dei Fondi Strutturali si basa sui Regolamenti CE 1260/99 (Disposizioni generali sui Fondi Strutturali) e 1257/99 (Sostegno allo sviluppo rurale da parte del FEOGA). I principali elementi sono:

- la definizione di tre aree obiettivo;
- la definizione di PSR (Piani di sviluppo rurale) in tutte Regioni.
- la definizione di POR (Piani operativi regionali)
- la definizione di DocUP (Documenti unici di programmazione).

A questi elementi si affianca l'Iniziativa Comunitaria LEADER+ valida per tutte le regioni. Maggiore sostegno è riservato per le cosiddette aree Obiettivo 1 e 2 e, cioè quelle aree europee che necessitano di una riconversione economica e sociale presentando ritardi nello sviluppo e difficoltà strutturali, nelle quali rientra la Sicilia.

A livello regionale, la politica agricola è regolamentata con il Piano di Sviluppo Rurale (PSR). Esso si configura come un documento programmatico, emesso in attuazione del Regolamento 1257/1999/CE nell'ambito di Agenda 2000, e rappresenta uno strumento per l'attivazione di misure, atte a sostenere la competitività delle imprese, lo sviluppo del territorio rurale, la salvaguardia e la valorizzazione delle risorse ambientali. Su indicazione del Regolamento 1698/2005/CE per la concessione del Fondo europeo agricolo per lo sviluppo rurale (FEASR) è stato approvato il Piano di Sviluppo Rurale per il periodo 2007-2013. Questo documento promuove il completamento delle filiere agro-energetiche nel contesto regionale attraverso delle misure dirette all'incremento del valore aggiunto dei prodotti agricoli ed al potenziamento della cooperazione tra gli imprenditori agricoli ed i trasformatori industriali.

Per la Sicilia sono state evidenziate interessanti opportunità di utilizzo delle biomasse ai fini energetici, soprattutto di quelle forestali ed agricole residue (potatura, sansa, vinacce, gusci di frutta secca, ecc). I documenti programmatici regionali (POR Sicilia 2000-2006, Intesa Stato - Regione) contengono diversi stimoli per il miglioramento dell'efficienza e l'efficacia del settore delle energie rinnovabili tra cui le biomasse. Dall'analisi sono emerse le grandi potenzialità esistenti per il sistema agricolo e

Attività agricole connesse e assoggettate al reddito agrario

- produzione e cessione di energia elettrica e termica ottenuta da fonti rinnovabili agro-forestali (finanziaria 2006);
- produzione e cessione di carburanti ottenuti da produzioni vegetali e prodotti chimici derivanti da prodotti agricoli (finanziaria 2007).

<p>Aiuti PAC per la produzione e cessione di biomasse o per l'autoconsumo</p> <p>qualsiasi materia prima agricola coltivata su superfici abbinata a titoli da riposo (set-aside) e su superfici per le quali è stato richiesto l'aiuto per le coltivazioni energetiche, oggetto di un contratto tra produttore e primo trasformatore o di un contratto tra produttore e collettore (reg. CE 1782/03 e reg. CE 319/06); in deroga gli agricoltori possono trasformare direttamente le colture (cedui a rotazione breve, cereali, semioleosi) - reg. CE 1973/04, D.M. 15/3/05 e 8/11/06 per: 1) riscaldare la propria azienda agricola; 2) produrre nell'azienda energia o biocombustibili; 3) trasformare le materie prime in biogas nell'azienda stessa.</p>
<p>Esenzione delle accise (imposta di fabbricazione) per la produzione di:</p> <ul style="list-style-type: none"> • biogas destinato all'autoconsumo per riscaldamento da impianti che utilizzano liquami, frazioni vegetali e animali (l. 81/06); • olio vegetale puro impiegato per autoconsumo a fini energetici (finanziaria 2007); • prodotti provenienti dalle filiere agro-energetiche - contratti quadro o intese di filiera (finanziaria 2007).
<p>Finanziamenti tramite bandi pubblici</p> <ul style="list-style-type: none"> • nell'ambito dei Piani forestali regionali e dei Piani di Sviluppo Rurale (PSR); • <input type="checkbox"/> nell'ambito di programmi per la ricerca, programmi pilota e iniziative di filiera (PROBIO, Piani energetici amb. regionali). <p>Criteria di preferenzialità nei bandi pubblici (PSR) – per gli agricoltori che stipulano un contratto di coltivazione nell'ambito del Contratto quadro nazionale sul biodiesel (ai sensi del d. lgs. 102/05 e della legge 81/06).</p>
<p>Finanziamenti a tasso agevolato:</p> <ul style="list-style-type: none"> • installazione di impianti di microgenerazione diffusa ad alto rendimento elettrico e termico - d. lgs. 20/07 (dir. 2004/8/CE); • installazione di impianti di piccola taglia che utilizzano fonti rinnovabili per generare elettricità e calore.
<p>Detrazioni d'imposta (cumulabili con altri incentivi erogati da Regioni, Province e Comuni per efficienza energetica/biomasse):</p> <ul style="list-style-type: none"> • fino al 20% per sostituzione motori elettrici industriali superiori a 45 Kw con motori ad alta efficienza - d.m. 19/2/07; • fino al 55% per spese riqualificazione energetica del patrimonio edilizio anche rurale d.m. 19/2/07.
<p>Incentivi statali per la produzione e cessione di energia elettrica (da biomasse e fonti rinnovabili):</p> <ul style="list-style-type: none"> • prodotta da impianti che utilizzano biomasse e biogas che hanno ottenuto la qualifica di IAFR (Certificati Verdi) - d. lgs. 26/07; • mediante conversione fotovoltaica della fonte solare (d.m. 19/2/07, attuazione "Conto Energia", d.lgs 387/03); • Iva del 10% per forniture di energia prodotta da fonti rinnovabili o da impianti di cogenerazione ad alto rendimento (fin. 07).

Tabella 1: Le misure di sostegno per le imprese agro-forestali (Giuca, 2007) .

forestale nell'espansione della produzione regionale di biomasse e di biocombustibili. Tuttavia, si ritiene che la gran parte del potenziale siciliano di bioenergia ecocompatibile sia ancora da sviluppare e che, anche in relazione agli impegni derivanti dal rispetto del Protocollo di Kyoto, sarebbe opportuno incentivare l'introduzione di sistemi colturali finalizzati oltre a ridurre l'impatto delle attività dell'agricola sull'agroecosistema e al miglioramento della struttura del suolo anche all'adozione di colture *no food* a scopi energetici.

Nel Programma, lo sfruttamento energetico delle biomasse è incentivato attraverso varie misure presenti in tutti e tre gli Assi (Tab. 2). Nell'Asse 1 lo sfruttamento energetico delle biomasse è incentivato attraverso la misura 1.2.2. La misura intende

aumentare, a lungo termine, il valore economico dei boschi attraverso una migliore gestione delle risorse forestali da attuare secondo criteri di sostenibilità; diversificare la produzione (ad es. l'uso del legno quale fonte energetica sostitutiva dei combustibili fossili, la commercializzazione dei prodotti non legnosi del bosco); mentre la misura 1.2.1 prevede l'ammodernamento delle aziende agricole con interventi volti a incentivare la diversificazione aziendale, anche verso settori non alimentari ed a ridurre i costi di produzione, anche con riferimento all'utilizzo di fonti energetiche rinnovabili o a basso impatto.

Uno degli obiettivi fissati nell'Asse 2 è l'aumento della produzione di biomassa e la diffusione di pratiche/attività per la riduzione dei gas serra. In particolare l'obiettivo n. 2.1.1 prevede interventi per la costituzione di filiere produttive nel campo delle fonti rinnovabili anche attraverso progetti pilota a carattere innovativo da attuare in sinergia con l'azione di incentivazione alla trasformazione e commercializzazione sulle colture energetiche *no food*, ed azioni di sostegno alla produzione di energia da fonti rinnovabili, da parte di enti locali ed altri soggetti nonché in favore di aree rurali, produttive ed industriali da attuare, laddove necessario, in sinergia con le azioni del PRSR Sicilia. Il PSR contribuirà ad incentivare gli interventi aziendali rivolti all'efficienza energetica, nonché quelli finalizzati alla produzione di energia da fonti rinnovabili sia per l'approvvigionamento delle aziende agricole che per fabbisogni esterni alle aziende nell'ambito di filiere corte, e a condizione che si utilizzi prevalentemente biomassa di produzione interna. La misura 2.2.1 prevede l'imboschimento di terreni agricoli attraverso il sostegno ad impianti di arboricoltura da legno destinati alla produzione di materiale legnoso e ad impianti a rapido accrescimento per la produzione di biomassa.

Nell'Asse 3, la misura 3.1.1 è finalizzata alla diversificazione verso attività non agricole e vengono sostenuti gli investimenti finalizzati alla generazione di energia degli impianti con una capacità produttiva fino a 1 MW.

ASSE 1	Miglioramento della competitività del settore agricolo e forestale
Misura 1.2.1	<i>Ammodernamento delle aziende agricole</i>
Misura 1.2.2	<i>Accrescimento del valore economico delle foreste</i>
ASSE 2	Miglioramento dell'ambiente e dello spazio rurale

Misura 2.1.1	<i>Indennità per svantaggi naturali a favore di agricoltori delle zone montane</i>
Misura 2.2.1	<i>Primo imboscimento di terreni agricoli</i>
Misura 2.2.2	<i>Primo impianto di sistemi agroforestali su terreni agricoli</i>
ASSE 3	Qualità della vita nelle zone rurali e diversificazione dell'economia rurale
Misura 3.1.1	<i>Diversificazione in attività non agricole</i>

Tabella 2: Misure che incentivano lo sviluppo delle biomasse nel PSR Sicilia 2007-2013.

3 STIMA DELLA DISPONIBILITÀ DI BIOMASSA

3.1 Stima della produttività reale e potenziale delle risorse forestali esistenti

La metodologia utilizzata in questa fase dello studio ha avuto lo scopo di analizzare il territorio geografico della Regione Sicilia quantificandone: (i) il consumo e (ii) la produzione di combustibili legnosi. Il territorio in esame è stato caratterizzato sulla base dell'analisi in ambiente GIS (*Geographic Information System*) delle due informazioni producendo una stima localizzata su base geografica del bilancio netto tra domanda e offerta.

In linea generale la metodologia di analisi si basa su:

- uso e/o lo sviluppo di database georeferenziati di dati socio-demografici delle risorse del territorio integrati in un contesto GIS;
- unità minime di analisi a livello di unità amministrative di dettaglio e a livello raster (indipendente dalla struttura amministrativa territoriale);
- una struttura di analisi modulare, aperta e adattabile capace di integrare informazioni rilevanti per la dendroenergia da fonti multiple;
- una copertura più completa possibile delle fonti, forestali e non, di biomassa legnosa usata a fini energetici, e dei diversi settori di consumo.

Nella sua attuale implementazione sul territorio indagato, la metodologia si è sviluppata in 5 fasi:

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

Risoluzione dell'analisi

A livello di unità amministrative l'unità di riferimento selezionata per l'analisi e per la struttura del geodatabase è il Comune. Lo strato informativo dei limiti amministrativi comunali utilizzato in questo studio fa riferimento alla struttura territoriale valida fino al 2006 per la quale esiste un'ampia gamma di parametri censiti e stimati. Per alcune variabili è stato invece necessario utilizzare un approccio raster basato su una griglia con celle (*pixel*) di 75 x 75 m.

3.2 Stima della domanda di combustibili legnosi

Una stima è stata effettuata in riferimento alla domanda di combustibili legnosi ad uso domestico per ciascuno dei Comuni della regione oggetto di studio utilizzando diverse fonti informative quali censimenti ISTAT e dati ENEA. L'informazione che ne deriva consente di delineare un primo bilancio tra potenzialità produttive delle risorse forestali ed effettivo loro utilizzo.

3.2.1 Fonte per i consumi domestici

La fonte statistica ufficiale, l'ISTAT, pubblica nel contesto delle Statistiche Forestali dati relativi ai prelievi di materiale legnoso ad usi energetici che talvolta vengono erroneamente equiparati a valori di consumo. È infatti probabile che tali statistiche

sottostimino i consumi reali in quanto limitate alle produzioni forestali rilevate attraverso le dichiarazioni di taglio fornite al Corpo Forestale dello Stato (Corona *et al.*, in stampa).

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

Le fonti informative stimano consumi nazionali di combustibili legnosi assai diverse:

- al 1997 i dati ISTAT (1997) riportano circa 4,4 Mm³ (3.26Mt, considerando una umidità media del 20% e una densità basale media di 600 kg/m³)
- l'ENEA invece riporta 21,6 Mt al 1997 e 14,7 Mt al 1999.

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

In mancanza di dati più certi, nella stima dei consumi domestici di combustibili legnosi, avendo ben chiaro la loro grande dinamicità, si è fatto riferimento ad una stima intermedia desunta dalla media dei precedenti valori.

Al fine di stimare il consumo annuo per famiglia utilizzatrice a livello di Comune si sono calcolati i valori medi regionali di consumo da Gerardi e Perella (2001) per zone altimetriche e per diversi gradi di urbanizzazione. Per ogni Comune è stato quindi derivato il grado di urbanizzazione e la zona altimetrica dall'Atlante Statistico dei Comuni dell'ISTAT al 2003 (ISTAT, 2006). Per ogni Comune in base al grado di urbanizzazione e alla zona altimetrica è stato quindi stimata la frazione di famiglie utilizzatrici di combustibili legnosi e il consumo medio annuo per famiglia.

3.2.2 Strato informativo dei consumi domestici

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

Dalla figura 1, si nota che i consumi sono principalmente concentrati nelle zone montuose e collinare per la regione oggetto di studio. I valori di consumo di biomassa legnosa a fini energetici per famiglie si rivelano particolarmente bassi, rimanendo sempre inferiori a 1.5 t/famiglia/anno qualsiasi sia la zona territoriale indagata. La grande maggioranza dei territori comunali mostra valori inferiori a 1 t/famiglia/anno

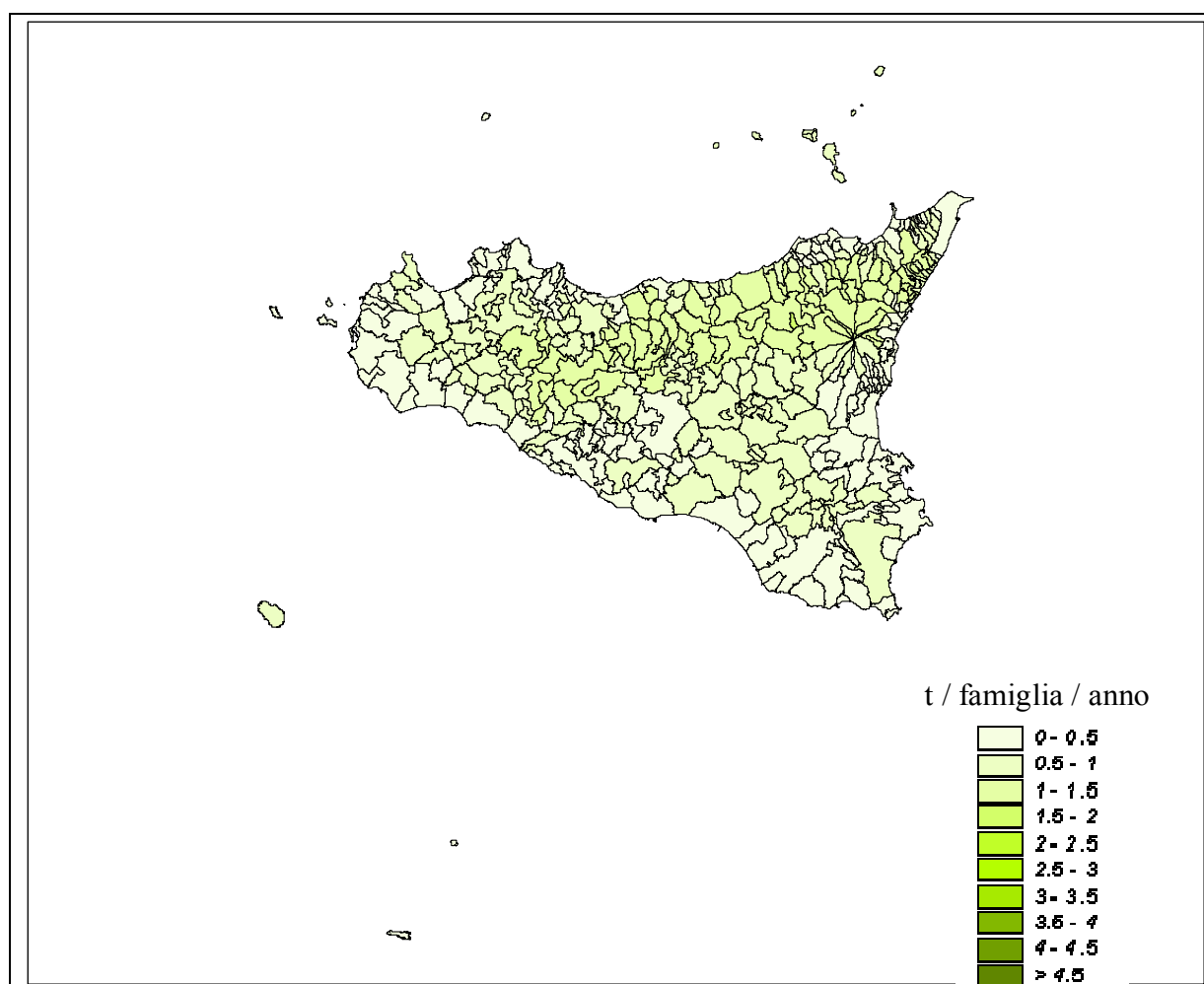


Figura 1 Consumo di biomassa legnosa a fini energetici per famiglia (utilizzatrice e non) nei comuni (t/famiglia/anno).

Nella tabella 3, sono riportati i valori del consumo totale regionale, del consumo riportato alla superficie regionale e del consumo medio per famiglia.

Consumo medio (Mt)	Consumo medio regionale (t/ha)	Consumo medio per famiglia (t/fam)
0.78	0,30	0,42

Tabella 3: Valori per la regione Sicilia del consumo totale regionale, del consumo medio regionale e del consumo medio per famiglia.

I valori riportati portano la Regione Sicilia ad essere una delle regione italiane con i consumi di biomassa legnosa per usi energetici i più bassi.

3.3 Stima dell'offerta di combustibili legnosi

La stima dell'offerta di combustibili legnosi per la Regione indagata deriva dalla somma della produttività potenziale di combustibili legnosi per categorie di copertura del suolo pesata sulla base del grado di accessibilità del territorio in analisi.

3.3.1 Copertura del suolo

L'informazione di riferimento per le classi di copertura del territorio è stata derivata da due fonti informative:

- la cartografia *Corine Land Cover* di IV Livello rilevata al 2000 (CLC2000) che rappresenta il riferimento cartografico nazionale più dettagliato e recente (APAT, 2005).
- la Carta Natura della Regione Sicilia caratterizzato da un livello di dettaglio molto più elevato

Si ricorda per potere realizzare i confronti delle superficie forestali presentate di seguito che la superficie della Regione Sicilia è pari a 2.7 Milioni di ettari.

Analisi della copertura forestale sulla base dello strato informativo Corine Land Cover 2000

Sulla figura 2, sono rappresentate le distribuzioni delle classi forestali di CLC di interesse per produzione di energia.

La superficie regionale totale di bosco è pari 193500 ha e rappresenta una copertura forestale di 7.5 %; la Regione Sicilia è una delle regioni italiane con la copertura forestale la più bassa.

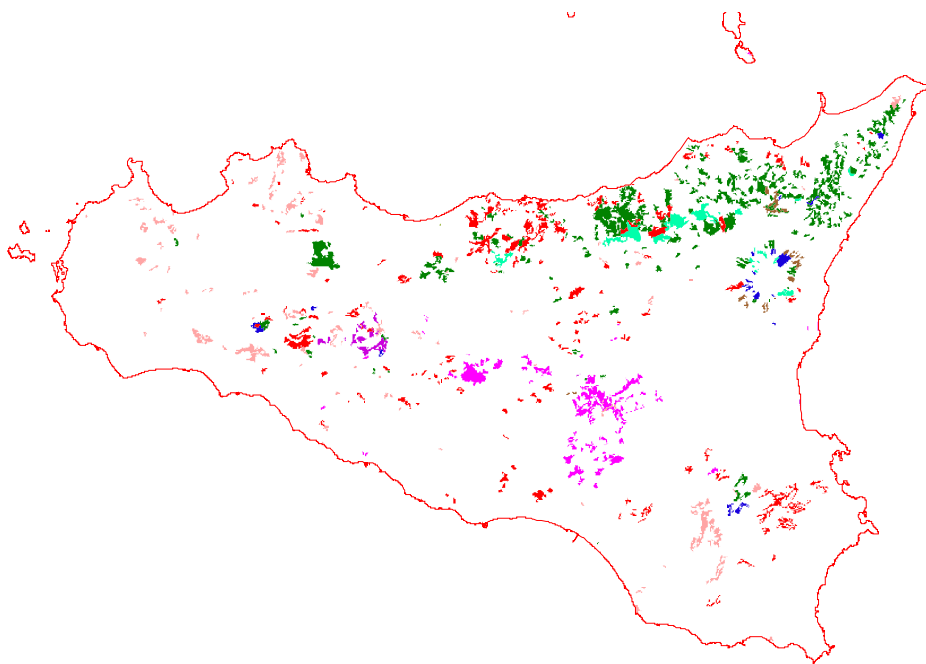
Di seguito vengono elencate le principali categorie forestali che compongono la superficie regionale boscata con la corrispondente percentuale:

32% Boschi di querce caducifoglie

21% Boschi di leccio e/o sughera

12% Boschi di pini mediterranei e cipressete

10% Boschi/piantagioni di latifoglie non native



Superficie (ha)	Nome Classe CLC 2000
41516	Boschi di leccio e/o sughera
62066	Boschi di querce caducifoglie
	Boschi di latifoglie mesofile e mesotermofile
3669	Boschi di castagno
11132	Boschi di faggio
30	Boschi di specie igrofile
20284	Boschi/piantagioni di latifoglie non native
23064	Boschi di pini mediterranei e cipressete
4820	Boschi di pini montani e oromediterranei
	Boschi di abete bianco e/o abete rosso
	Boschi di larice e/o pino cembro
3844	Boschi/piantagioni di conifere non native
4516	Boschi misti (prev. leccio e/o sughera)
7426	Boschi misti (prev. querce caducifoglie)
	Boschi misti (prev. latifoglie mesofile e mesotermofile)
1483	Boschi misti (prev. castagno)
2400	Boschi misti (prev. faggio)
	Boschi misti (prev. specie igrofile)
	Boschi misti (prev. Spp. esotiche)
5245	Boschi misti (prev. pini mediterranei)
2075	Boschi misti (prev. pini montani e oromediterranei)
	Boschi misti (prev. abete bianco e/o abete rosso)
	Boschi misti (prev. larice e/o pino cembro)
	Boschi misti (prev. conifere non native)

Figura 2 distribuzione e legenda delle classi forestali Corine Land Cover 2000 di interesse per la produzione di energia

Analisi della copertura agricola sulla base dello strato informativo Corine Land Cover 2000

Sulla figura 3, sono rappresentate le distribuzioni delle classi agricole di CLC di interesse per produzione di energia.

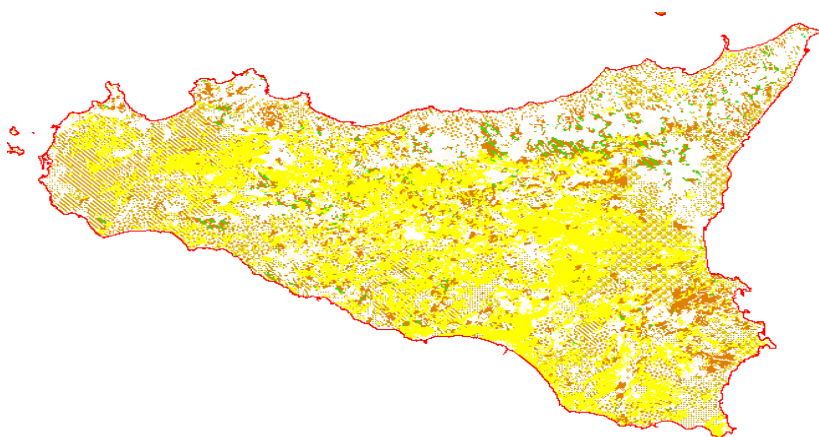
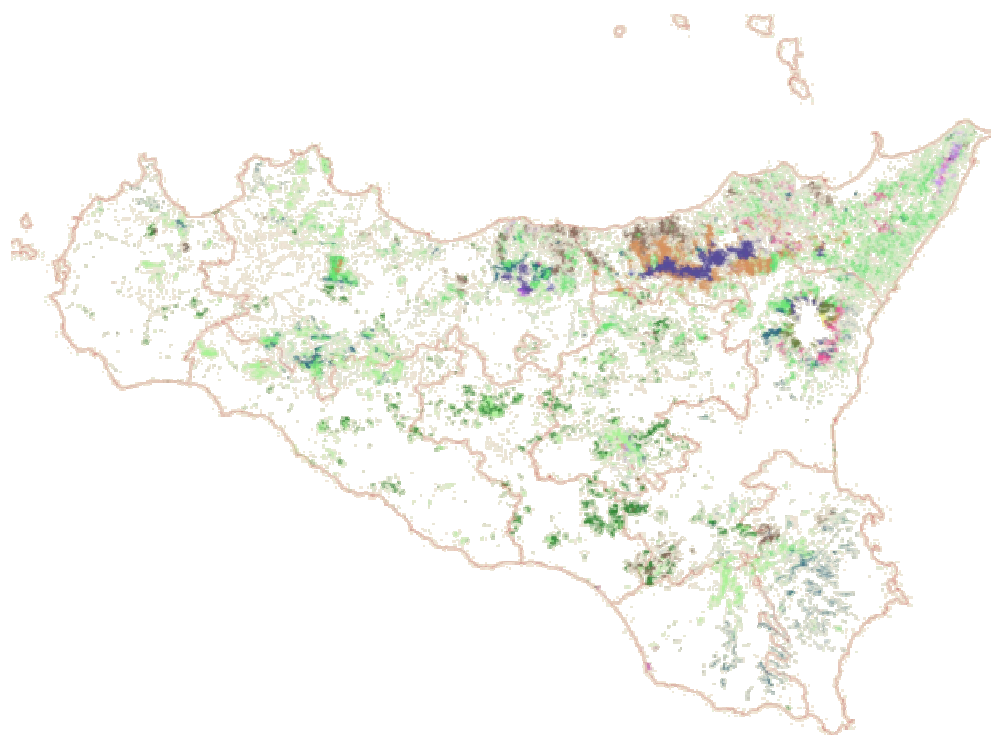


Figura 3 distribuzione e legenda delle classi agricole Corine Land Cover 2000 di interesse per la produzione di energia

Analisi della copertura forestale sulla base dello strato informativo Carta natura Regione Sicilia

La superficie regionale totale di bosco è pari 256000 ha e rappresenta una copertura forestale di 9.5 %. Questa differenza tra i due dati cartografici è da attribuire al livello di dettaglio maggiore che caratterizza la Carta Natura della Regione Sicilia.



Legenda

- 41.16-Faggote dell'Italia Meridionale e Sicilia
- 41.732-Querceti a querce caducifolie (*Q. pubescens*, *Q. villoana* e *Q. daleschampii*) dell'Italia peni
- 41.7511-Cenete sud-italiane
- 41.814-Boscaglie di *Ostrya carpinifolia*
- 41.9-Castagneti
- 41.9-Betuleti
- 42.1A-Abietati a *Abies nebrodensis* relictiche
- 42.65-Pinete a pino di Calabria
- 42.83-Pinete a pino domestico (*Pinus pinea*) naturali e coltivate
- 42.A7-Boschi con tasso
- 44.12-Saliceti collinari pianiziali e mediterraneo montani
- 44.61-Foreste mediterranee ripariali a pioppo
- 44.713-Caryzomi a platani in Sicilia
- 45.21-Sugherete forestiche
- 45.31A-Leccete sud-italiane e siciliane
- 45.42-Boscaglia a quercia spinosa
- 45.8-Boschi di agrotiglio
- 93.31-Plantagioni di conifere
- 93.321-Plantagioni di pioppe canadesi
- 93.322-Plantagioni di eucalipti
- 93.324-Falineti
- 93.325-Altre piantagioni di latifoglie
- Centini provinciali e regionali

Figura 4 distribuzione e legenda delle classi forestali Carta Natura di interesse per la produzione di energia

3.3.2 *Stima della produttività potenziale*

Per ogni poligono di bosco della copertura è stata stimata la produttività di biomassa legnosa per usi energetici sulla base dei valori di volume e di incremento legnoso espressi per tipi forestali, gruppi di specie e per Regioni prodotti dall'Inventario Forestale Nazionale Italiano del 1985 (ISAF 1988), dall'Inventario Nazionale delle Foreste e dei serbatoi di Carbonio (IFNI) e dalle tavole alsometriche dei cedui in Ciancio e Nocentini (2004).

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

Per i cedui la produttività è stata stimata sulla base della componente a polloni dei soprassuoli, considerandola ad uso prevalentemente energetico con l'eccezione di una frazione dei cedui di castagno finalizzata alla produzione di paleria (tentativamente stimata pari al 50% del volume dei polloni). La produttività della componente a polloni, al netto delle matricine ed alberi d'alto fusto, è stata stimata in funzione dei volumi medi nazionali per specie e gruppi di specie e per tipi inventariali (semplici, a sterzo, matricinati, composti) e dei volumi totali regionali (IFNI 1985). Le matricine ed alberi d'alto fusto presenti nei cedui non sono stati considerati nel calcolo della produttività a fini energetici per la permanenza della matricinatura e/o per l'utilizzo ad altri fini dei relativi assortimenti ritraibili.

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

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

I valori medi considerati di produttività potenziale considerati assicurano un livello di provvigione considerato come soglia minima di sicurezza (safe minimum standard) per consentire la resilienza dell'ecosistema. Secondo SAM (2004), la provvigione non deve essere inferiore a quella minimale, corrispondente al valore soglia verificato sperimentalmente secondo il temperamento delle specie presenti.

- popolamenti costituiti prevalentemente da specie a temperamento eliofilo: 100-150 m³/ha
- popolamenti costituiti prevalentemente da specie a temperamento intermedio: 200-250m³/ha
- popolamenti costituiti prevalentemente da specie a temperamento che sopportano l'aduggiamento (sciafile): 300-.350m³/ha:

I valori di produttività potenziale, espressi in t/ha/anno, utilizzati per le diverse classi forestali e agricole di copertura del suolo, sono riportati in tabella 4.

Cle_IV codice	Cle_IV nome	Potenzialità (t/ha/anno)
3121	Boschi di pini mediterranei e cipressete	1.86
3122	Boschi di pini montani e oromediterranei	2.12
3123	Boschi di abete bianco e/o abete rosso	2.45
3124	Boschi di larice e/o pino cembro	1.49
3125	Boschi/piantagioni di conifere non native	3.65
31311	Boschi misti (prev. leccio e/o sughera)	2.35
31312	Boschi misti (prev. querce caducifoglie)	2.12
31313	Boschi misti (prev. latifoglie mesofile e mesotermofile)	2.60
31314	Boschi misti (prev. castagno)	2.30
31315	Boschi misti (prev. faggio)	3.30
31316	Boschi misti (prev. specie igrofile)	2.60
31317	Boschi misti (prev. Spp. esotiche)	2.95

31321	Boschi misti (prev. pini mediterranei)	1.96
31322	Boschi misti (prev. pini montani e oromediterranei)	1.99
31323	Boschi misti (prev. abete bianco e/o abete rosso)	2.23
31324	Boschi misti (prev. larice e/o pino cembro)	1.71
31325	Boschi misti (prev. conifere non native)	2.65
3111	Boschi di leccio e o sughera	2.24
3112	Boschi di querce caducifoglie	2.46
3113	Boschi di latifoglie mesofile e mesotermofile	2.94
3114	Boschi di castagno	2.42
3115	Boschi di faggio	3.45
3116	Boschi di specie igrofile	2.84
3117	Boschi/piantagioni di latifoglie non native	2.81
324	Veg. boschiva/arbustiva in evoluzione	1.30
222	Frutteti e frutti minori	4.00
223	Oliveti	3.00
2241	Pioppicoltura	5.20
2242	Latifoglie pregiate (quali ciliegio e noce)	2.20
2243	Eucalitteti	2.20
2245	Impianti misti di latifoglie e conifere	2.20
244	Aree agroforestali	0.90
243	Colture agrarie con spazi naturali	0.40
141	Aree verdi urbane	0.90
241	Colture temporanee e permanenti	0.40
242	Sistemi colturali complessi	0.40
221	Vigneti	4.40
142	Aree ricreative e sportive	0.50
322	Brughiere e cespuglieti	0.50
3211	Praterie continue	0.20
3212	Praterie discontinue	0.40
231	Prati stabili (foraggiere permanenti)	0.50
3231	Macchia alta	0.00
3232	Macchia bassa e garighe	0.00
112	Residenziale discontinuo	0.30
333	Aree con vegetazione rada	0.20
122	Reti stradali, ferrovie, infrastrutture	0.00
212	Seminativi in aree irrigue	0.05
213	Risaie	0.00
2111	Colture intensive	0.05
2112	Colture estensive	0.10
411	Paludi interne	0.10
412	Torbiera	0.10
111	Residenziale continuo	0.10
121	Industriali	0.10
131	Aree estrattive	0.20
132	Discariche	0.20
133	Cantieri	0.20

Tabella 4: produttività potenziale (t/ha/anno)

3.3.3 *Stima della produttività potenziale di combustibili legnosi al lordo delle possibili limitazioni*

Stima della produttività sulla base dello strato informativo Corine Land Cover 2000

Sono state elaborate due mappe diverse per quanto riguarda la produttività potenziale di combustibili legnosi in Regione Sicilia; la prima considerando solo le classi di copertura del suolo corrispondenti ai boschi (tabella 2, codice CLC iniziando con 3), e la seconda considerando sia le classi di bosco che le classi agricole (tabella 2).

Le mappe di produttività potenziale sostenibile sono presentate nelle Figure 2 e 3 ed evidenziano immediatamente come la situazione è molto variabile a seconda delle classi di copertura del suolo che si considerano. La Sicilia è la regione italiana più estesa ma presenta una copertura forestale molto bassa rispetto alla media del territorio nazionale (tabella 3). La produttività potenziale della Regione Sicilia calcolata considerando solo le classi di copertura del suolo corrispondenti ai boschi appare subito molto bassa effettuando una semplice confronto con il valore di consumo totale regionale riportato in tabella 1. In questo caso il bilancio tra offerta e domanda di biomassa legnosa per usi energetici è fortemente negativo e si evidenzia un deficit di circa 0,35 Mt di biomassa legnosa per soddisfare i consumi totali regionali.

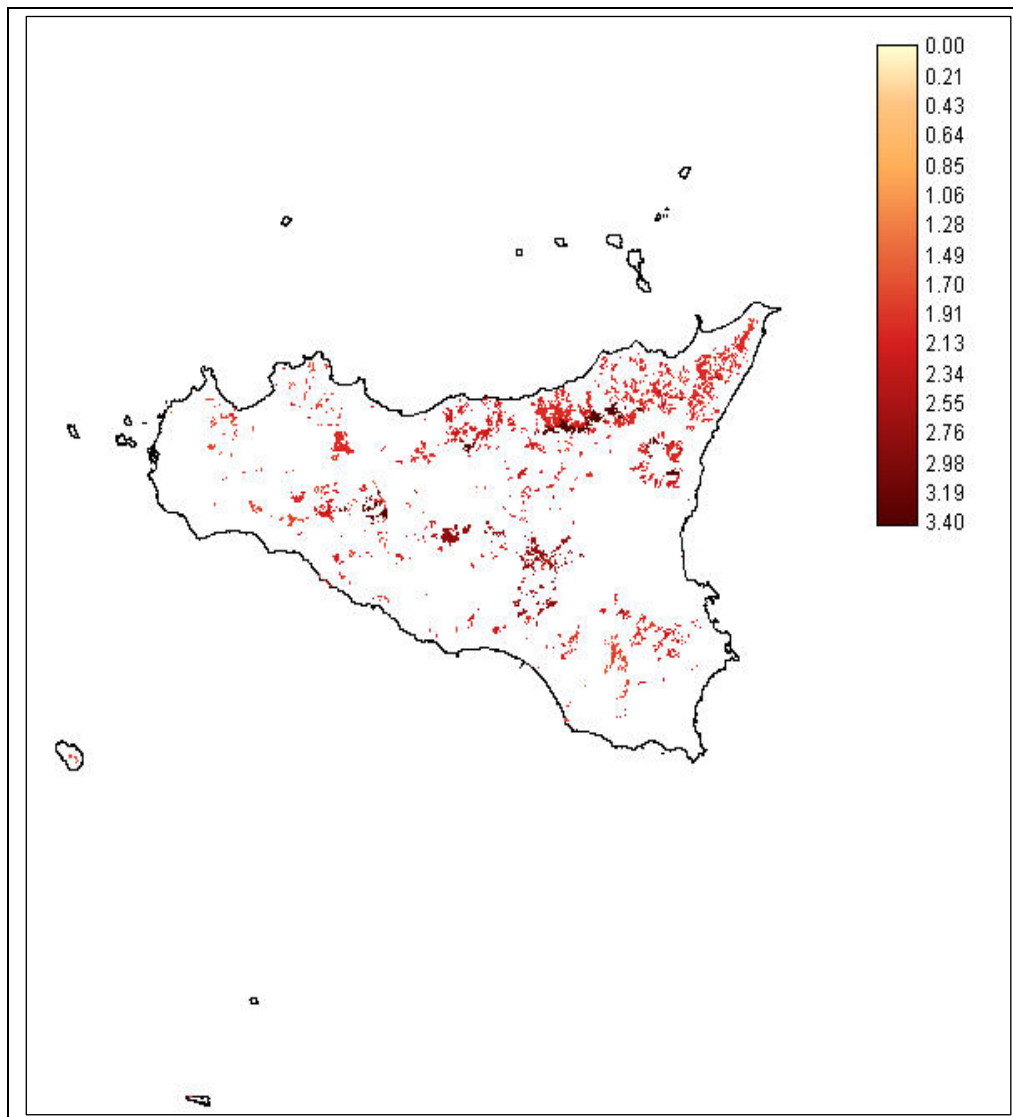


Figura 5 Produttività potenziale sostenibile di biomassa legnosa per usi energetici considerando solo le classi di bosco (t/ha/anno). Valori medi per celle di 1ha.

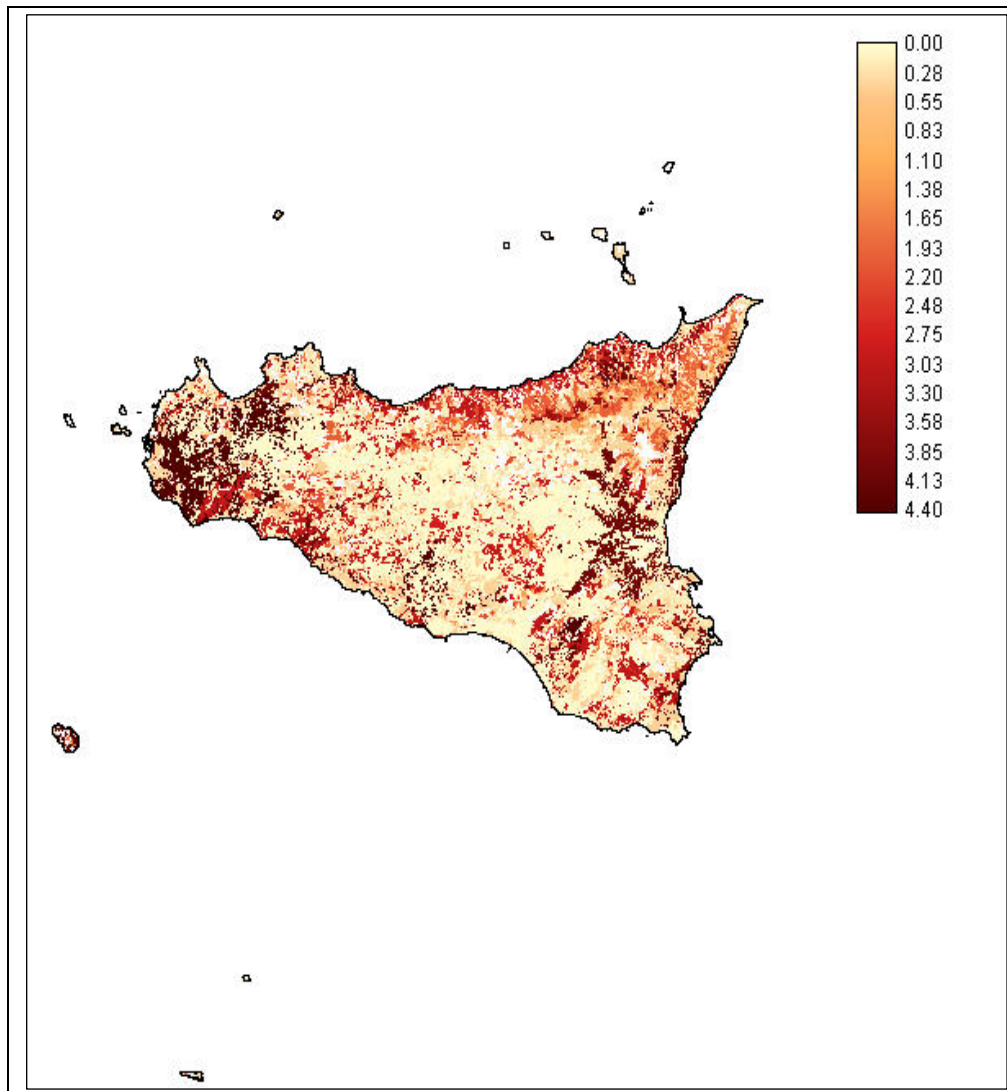


Figura 6 Produttività potenziale sostenibile di biomassa legnosa per usi energetici considerando le classi di bosco e agricole (t/ha/anno). Valori medi per celle di 1ha.

Copertura del suolo considerata	Superficie regionale (Mha)	Copertura forestale (%)	Produttività potenziale (Mt)
Bosco	2,57	7,5	0,43
Bosco e Agricole			2,89

Tabella 5 Valori per la regione indagata della copertura forestale regionale e della produttività potenziale totale (Mt/anno).

Se invece vengono considerate sia le classi di copertura del suolo corrispondenti ai boschi che quelle agricole (tabella 5), il valore di produttività potenziale totale regionale è di circa 7 volte superiore a quello considerando solo le classi di bosco (tabella 4). La Regione Sicilia è caratterizzata da estese superficie di colture frutticole, di vigneti, di oliveti e colture agricole. Il valore della produttività potenziale totale considerando sia le classi di bosco che quelle agricole risulta di gran lunga superiore al valore di consumo totale regionale e in questo caso appare un eccedente di biomassa legnosa pari a 2,11 Mt per l'intera regione.

Stima della produttività sulla base dello strato informativo Carta Natura della Regione Sicilia

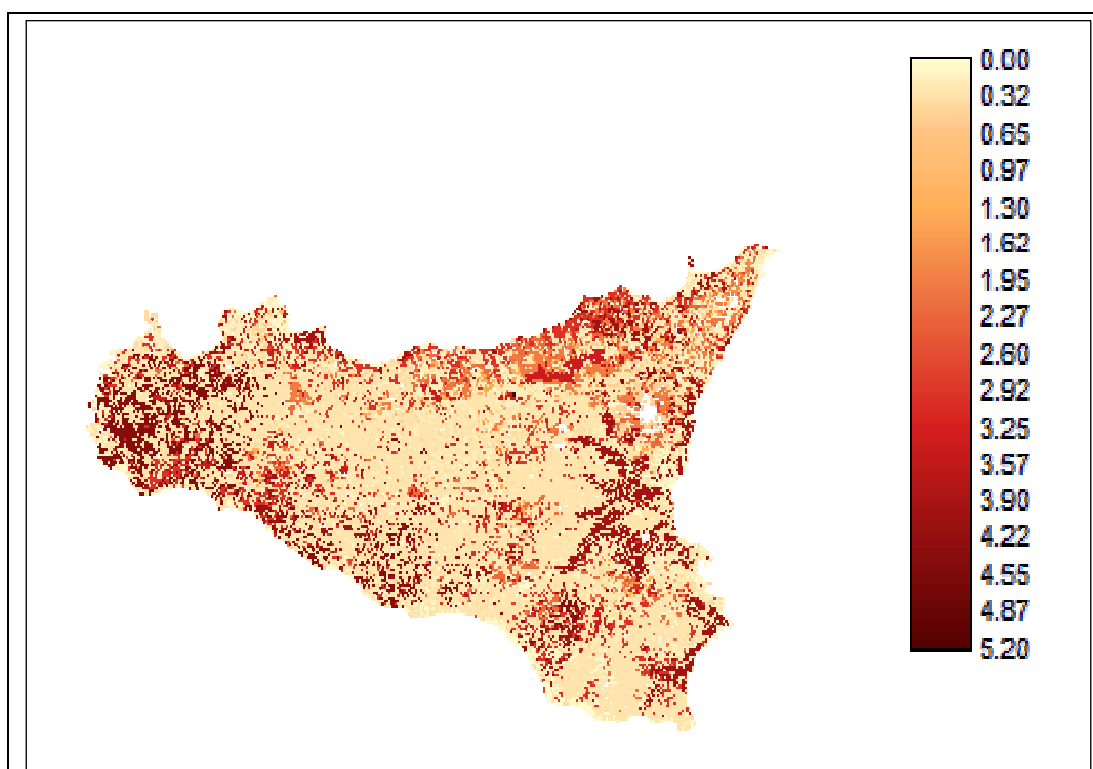


Figura 7 potenziale sostenibile di biomassa legnosa per usi energetici considerando le classi di bosco e agricole (t/ha/anno). Valori medi per celle di 1ha.

Copertura del suolo considerata	Produttività potenziale (Mt)
Bosco e Agricole	3,08

Tabella 6 Valore per la regione indagata della produttività potenziale totale (Mt/anno).

In accordo con la differenza di copertura forestale tra i due dati cartografici considerati in questo studio, anche per quanto riguarda il valore di produttività potenziale l'analisi rivela un valore complessivo maggiore di 0,19 Mt per la Carta Natura della Regione Sicilia.

3.3.4 *Stima delle limitazioni*

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

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

3.3.5 *Stima della produttività potenziale al netto delle limitazioni*

Il dato vettoriale avente la geometria sia della cartografia CLC2000 che della cartografia Carta Natura con i valori di produttività potenziale al lordo delle limitazioni è stato rasterizzato sulla base della matrice di riferimento prescelta con risoluzione di 75 m.

A livello raster la produttività potenziale lorda è stata moltiplicata per la mappa delle limitazioni. Il risultato di questo processo è una mappa raster contenente la stima della produttività potenziale netta.

Stima della produttività accessibile sulla base dello strato informativo Corine
Land Cover 2000

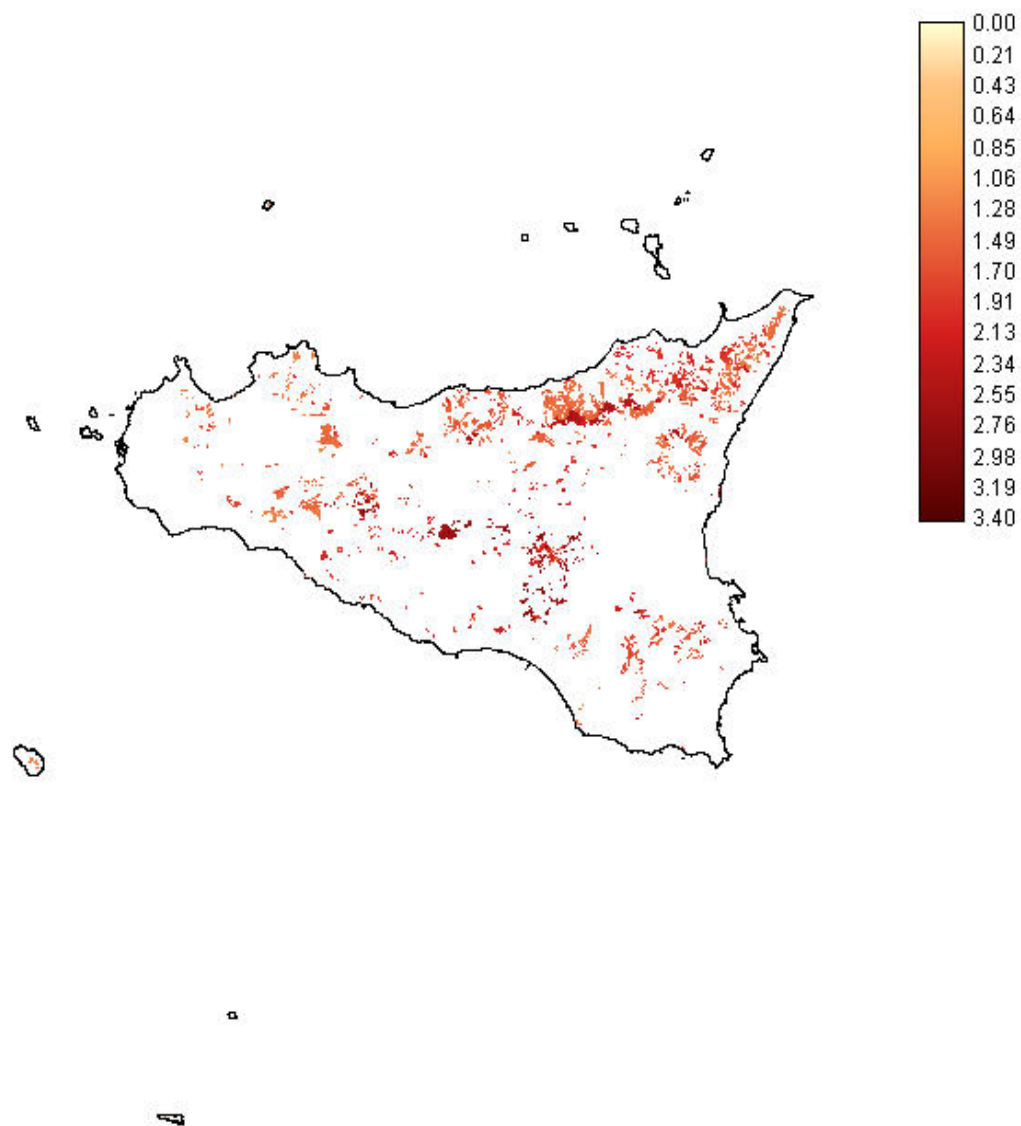


Figura 8 Produttività potenziale sostenibile accessibile di biomassa legnosa per usi energetici considerando solo le classi di bosco (t/ha/anno). Valori medi per celle di 1ha.

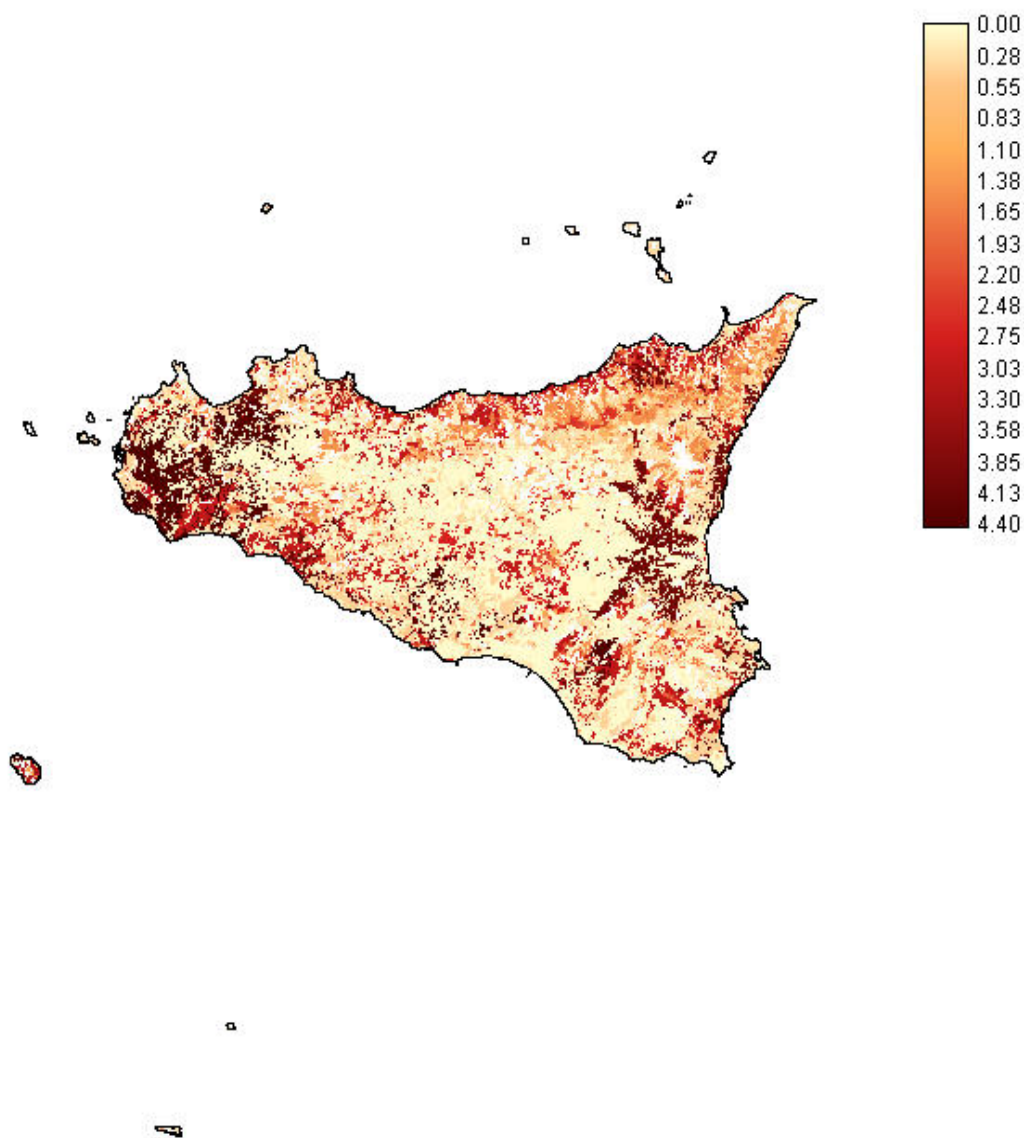


Figura 9 Produttività potenziale sostenibile accessibile di biomassa legnosa per usi energetici considerando le classi di bosco e agricole (t/ha/anno). Valori medi per celle di 1ha.

Nelle figure 8 e 9 sono rappresentati i valori di produttività potenziale sostenibile accessibile di biomassa legnosa per usi energetici considerando solo le classi di copertura del suolo di bosco e successivamente tutte le classi di bosco e agricole.

In questo caso alla variabilità della produttività potenziale lorda si aggiunge una variabilità imputabile ai fattori che limitano l'uso delle biomasse legnose a fini energetici, quali orografia del terreno e viabilità stradale.

Stima della produttività sulla base dello strato informativo Carta Natura della Regione Sicilia

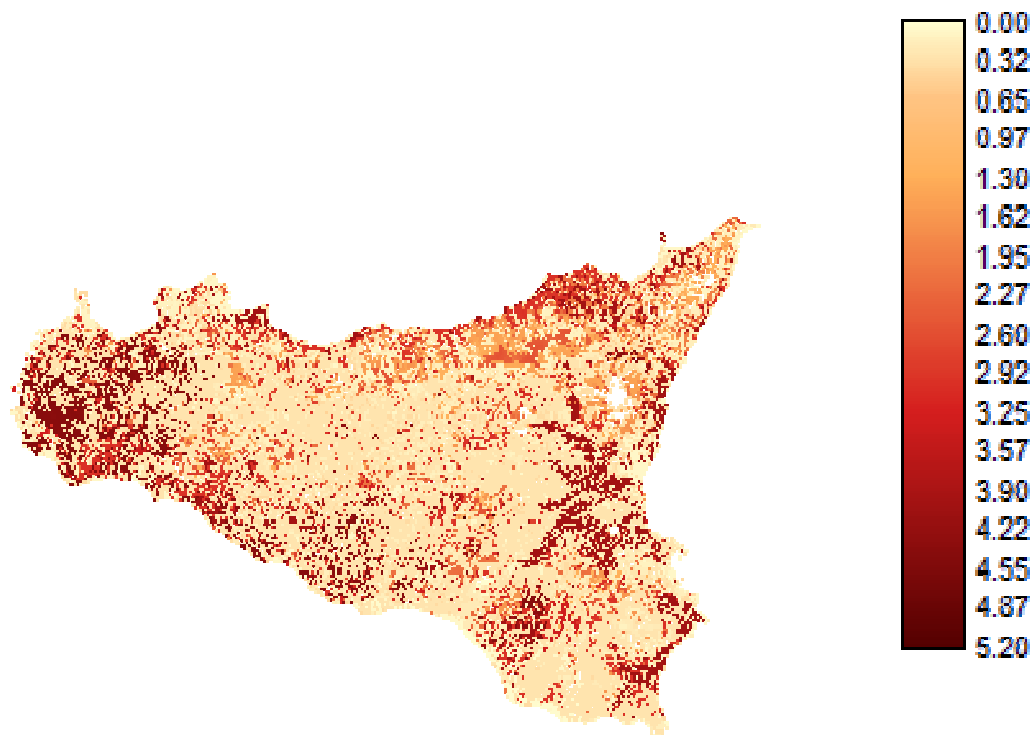


Figura 10 Produttività potenziale sostenibile accessibile di biomassa legnosa per usi energetici considerando le classi di bosco e agricole (t/ha/anno). Valori medi per celle di 1ha.

3.3.6 *produttività potenziale accessibile*

Nella tabella 7 sono riportati i valori aggregati a livello regionale della produttività potenziale totale, della produttività potenziale accessibile e del consumo medio regionale.

	Copertura del suolo considerata	Produttività potenziale (Mt)	Produttività potenziale accessibile (Mt)	Consumo medio (Mt)
CLC	Bosco	0,43	0,35	0,78
CLC	Bosco e Agricole	2,89	2,74	0,78
Carta Natura	Bosco e Agricole	3,08	2,94	0,78

Tabella 7 Valori per la Regione Sicilia della produttività potenziale totale, della produttività potenziale totale accessibile e del consumo medio totale (Mt/anno).

Considerando il dato cartografico Corine Land Cover 2000, il valore di produttività potenziale accessibile considerando solo le classi di copertura del suolo di bosco viene ridotto di circa 0,08 Mt introducendo la variabile accessibilità nell'analisi. Ne segue un aumento del deficit pari a 0,43 Mt tra domanda e offerta di biomassa legnosa per usi energetici.

Invece se vengono considerate le classi di copertura del suolo corrispondenti ai boschi ed agricole, anche se la produttività potenziale viene ridotta di circa 0,15 Mt con l'introduzione della variabile accessibilità, il bilancio tra domanda e offerta rimane di gran lunga positivo con un eccedente di circa 1,96 Mt.

Quando viene considerato il dato cartografico Carta Natura della Regione Sicilia, il bilancio tra domanda e offerta aumenta ancora e rivela un eccedente di circa 2.16 Mt.

3.3.7 Individuazione di distretti energetici

Sulla base della mappa di produttività potenziale accessibile con base CLC 2000 esposta nel paragrafo 2.3.5, sono state elaborate alcune mappe per l'individuazione dei distretti energetici. È stata calcolata la somma dei pixel della mappa originale all'interno di finestre mobili quadrate di lato 2 e 10 chilometri. Si visualizza dunque un valore di disponibilità complessiva di biomassa espresso in tonnellate totali per anno. Le mappe presentate di seguito illustrano la distribuzione delle biomasse di origine forestale e agricola nella Regione all'interno di finestre di 2 e 10 chilometri.

Dalle figura 11 e 12, si evidenziano tre zone con disponibilità di biomassa di notevole importanza:

- distretto occidentale (area di Trapani) caratterizzato dalla presenza di numerosi vigneti con elevata disponibilità di biomasse residuale rappresentati dalle ramaglie che derivano dalle annuali e periodiche attività di manutenzione.
- distretto orientale (area di Catania) caratterizzato dalla presenza di aree forestali e di numerosi frutteti/agrumeti con elevata disponibilità di biomasse residuale rappresentati dalle ramaglie che derivano dalle annuali e periodiche attività di manutenzione.

- distretto settentrionale (area di Messina- Palermo) caratterizzato dalla presenza di frutteti con un'elevata disponibilità di biomasse residuale rappresentati dalle ramaglie che derivano dalle annuali e periodiche attività di manutenzione e dalla presenza di una significativa copertura forestale (leccio, sughera, querce caducifoglie, castagno, faggio).

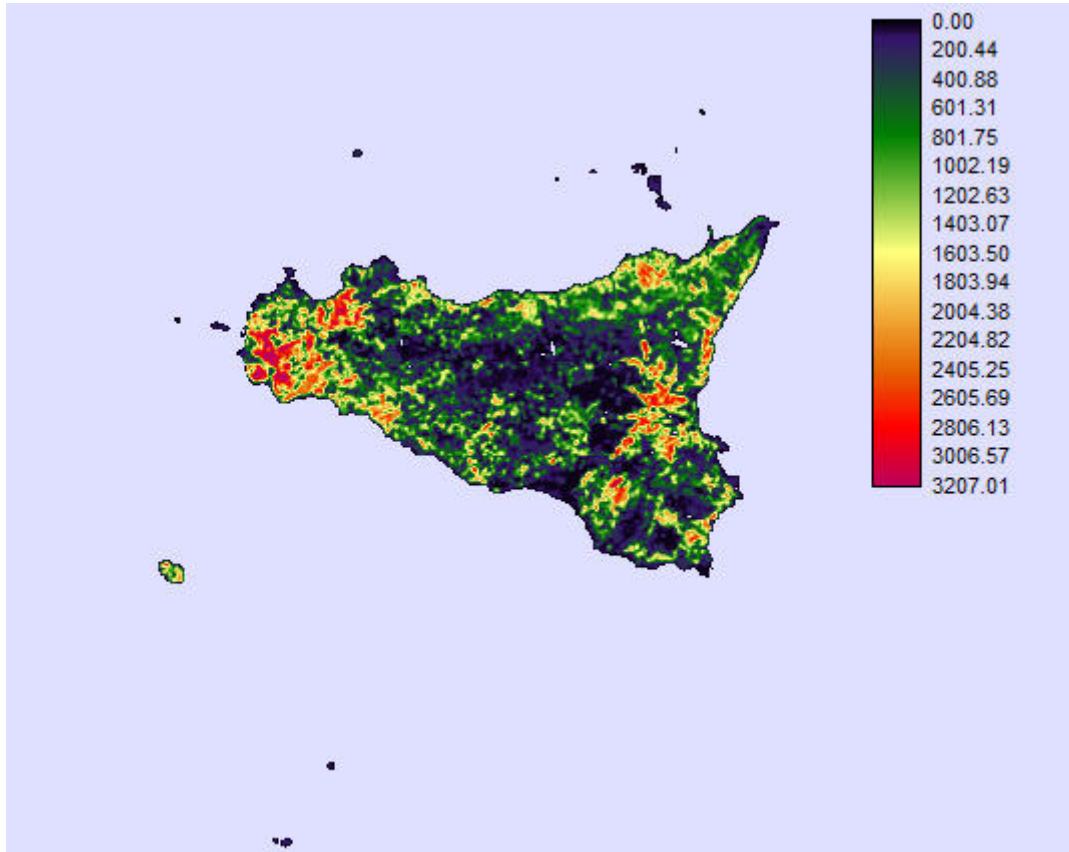


Figura 11 mappa di individuazione dei distretti energetici (in t/anno, finestre di lato 2 km).

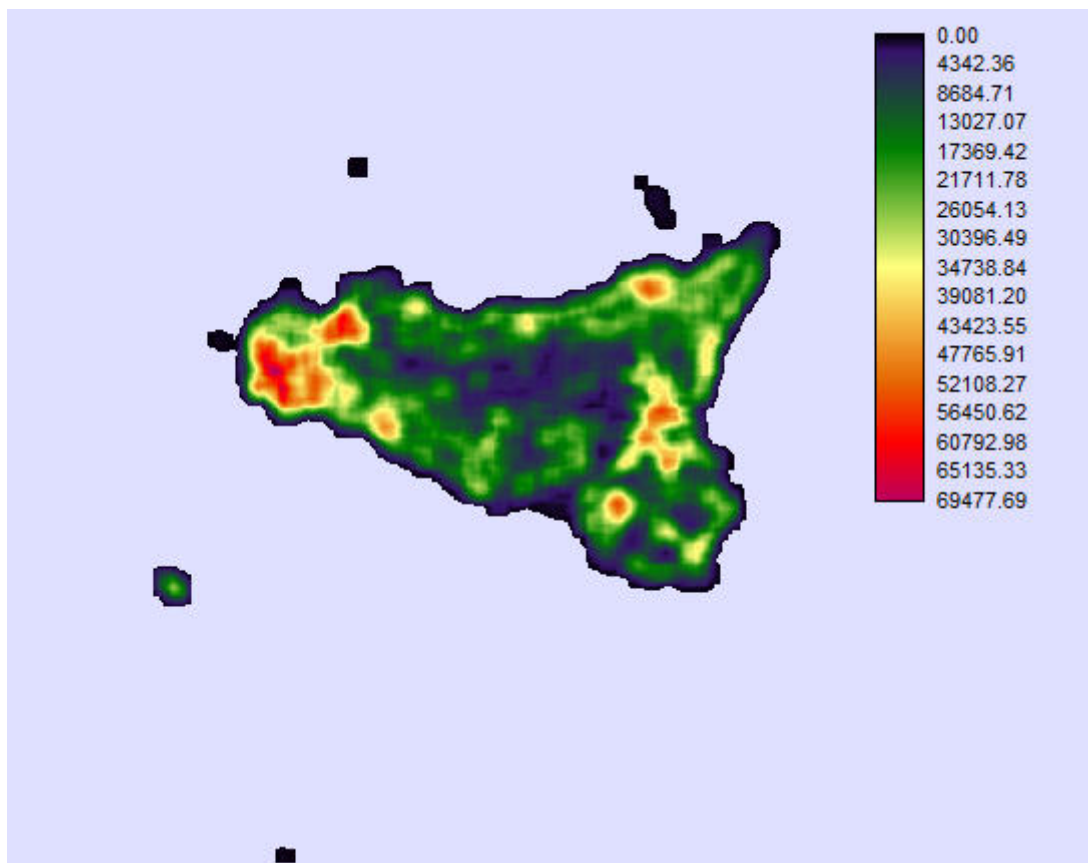


Figura 12 mappa di individuazione dei distretti energetici (in t/anno, finestre di lato 10 km).

4 ANALISI INIZIATIVE IN ATTO

Per la Sicilia sono state evidenziate interessanti opportunità di utilizzo delle biomasse ai fini energetici, soprattutto di quelle forestali ed agricole residue (potatura, sansa, vinacce, gusci di frutta secca, ecc) (Rapporto di Valutazione ex-ante Programma di Sviluppo Rurale 2007-2013). Un'analisi limitata alla attuale disponibilità di dati sull'utilizzazione delle biomasse nel nostro Paese consente di tracciare un andamento crescente della energia prodotta (tab.). A livello nazionale, si osserva un incremento

di produzione di energia rinnovabile da biomasse da 1.906 GWh nel 2000 a 6.155 GWh nel 2005; nel medesimo periodo, in Sicilia si osserva un incremento proporzionalmente simile, da 20 GWh (2000) a 76 GWh (2005, fonte Annuario TERNA) corrispondenti a 17,3 Mtep. L'incidenza della produzione regionale rispetto a quella nazionale nel 2005 si mantiene tuttavia piuttosto esigua (1,2 %).

E da sottolineare che, in Sicilia allo stato attuale le statistiche non registrano ufficialmente superfici e produzioni di energia rinnovabile per la produzione di biodiesel o etanolo da fonte agricola, né le produzioni di energia rinnovabile dalle foreste. Secondo i dati del Censimento dell'agricoltura 2000, in Sicilia sarebbero soltanto 6 le aziende agricole interessate dalla produzione di energia rinnovabile ma, al momento, non si conosce la superficie investita né la produzione.

Il Piano Forestale Regionale (2004) ha posto l'attenzione verso taluni popolamenti forestali presenti in Sicilia, ed in particolare sugli eucalitteti, come fonte di biomassa forestale con possibile destinazione energetica, per l'alimentazione di una o più piccole centrali termoelettriche di potenza compresa fra 12 e 24 MW da realizzarsi nel territorio regionale. Trattandosi di biomasse forestali ad uso energetico, è necessario distinguere: biomasse da utilizzazione principale, biomasse da recupero e biomasse da piantagioni arboree a ciclo breve (short rotation forestry, SRF). Le prime derivano dall'utilizzazione di soprassuoli boschivi nella loro interezza; i popolamenti forestali, che si ritiene possano essere destinati a tale uso, sono quelli artificiali, di scarso interesse naturalistico, con basso dinamismo evolutivo (eucalitteti). La seconda tipologia di biomasse deriva da interventi selvicolturali, cioè tutte le biomasse forestali ottenute dalle attività di carattere gestionale dei popolamenti forestali, siano essi artificiali o naturali (spalcature, sfolli, diradamenti, ripuliture, eliminazione di piante morte, tagli di sgombero o ripulitura di aree percorse dal fuoco, ecc). Mentre le SRF rientrano in un settore che nel territorio siciliano potrebbe svilupparsi in contesti stagionali particolarmente favorevoli alla arboricoltura di quantità e per specie forestali a rapido accrescimento, quali pioppo ed eucalitti in alcune aree dei monti Erei o la robinia in alcune aree dei Peloritani.

Nel marzo del 2000 è stata avviata un'iniziativa a livello regionale per destinare le biomasse forestali come fonte energetica, da parte dell'Azienda Foreste Demaniali. Con selezione pubblica sono stati messi in vendita degli eucalitteti demaniali per ricavare biomassa ad uso energetico. Sono stati venduti circa 2.700 ha di eucalitteti in

piedi, localizzati tra le province di Caltanissetta ed Enna, da utilizzarsi in un triennio e che gli acquirenti hanno destinato, con propri contratti di fornitura, alla alimentazione di una centrale termoelettrica ubicata in Calabria, in località Strangoli (CR), gestita da Biomasse Italia s.r.l.. Dopo l'utilizzazione di quasi 3000 ha in un primo triennio, è stata prevista di recente un'ulteriore espansione di altri 7.000 ha, per un totale di 10.000 ha da utilizzare in un decennio. La scelta di destinare la biomassa prelevata da tali popolamenti per alimentare una centrale termoelettrica a biomassa di Crotone, non è certo esente da critiche, poiché i benefici ambientali che si ottengono quando si bruciano le biomasse sono ampiamente superati dalle emissioni che si producono durante la fase del trasporto, ma da anni ormai è stato intrapreso l'iter burocratico per la costruzione di una centrale termoelettrica a biomasse che dovrebbe essere ubicato in provincia di Enna, che inneschi lo sviluppo di una filiera legno-energia con ricadute positive sia in termini di sviluppo economico ed ambientale.

Anche il settore agricolo siciliano sta prendendo consapevolezza dell'enorme potenziale di biomasse residuali rappresentato dagli scarti della coltivazione e della lavorazione di vite, olivo e frutteti, dato che ogni anno si trovano ad affrontare il problema di smaltire, a proprio costo, tonnellate di scarti dei propri prodotti, che, anziché smaltiti, possono essere valorizzati attraverso una destinazione energetica. Nella provincia di Trapani, area a più alta concentrazione vitivinicola, negli ultimi anni diversi agricoltori si sono muniti delle attrezzature necessarie per effettuare la raccolta meccanizzata e l'imballatura in campo dei residui di coltivazione (potature e sanse) per destinarli alla produzione di energia. Si tratta di piccoli imprenditori agricoli con una produzione di circa 15.000 balle anno, per un totale che ammonta a 450 t/anno, destinato a soddisfare quasi unicamente le esigenze dei forni locali. Vari studi sono stati intrapresi per analizzare la logistica di una filiera di produzione e la fattibilità tecnica ed economica per lo sfruttamento di questa risorsa, ipotizzando come base produttiva una grande cantina sociale o un oleificio che, come centri di raccolta e conversione energetica, potrebbe offrire ai propri soci rilevanti benefici economici (Cardona in stampa, Beccali *et al.*, 2008, Spinelli 2006, APAT, 2006, Fiorese, 2005). Tali ricerche hanno dimostrato la convenienza a favore delle aziende del recupero a fini energetici di biomasse residuali anche grazie alle nuove agevolazioni, senza peraltro considerare le ricadute positive sullo sviluppo rurale, economico e sociale.

Per quanto riguarda la produzione di energia elettrica da biomasse, il Gestore dei Servizi Elettrici ha pubblicato nel novembre del 2007 il Bollettino aggiornato al 30/06/2007 su “Incentivazione delle fonti rinnovabili con il sistema dei Certificati Verdi”. L’allegato I riporta l’elenco degli impianti qualificati in esercizio al 30/06/2007. In Sicilia è attivo solo un impianto a biomasse sito a Priolo (Siracusa) di nuova costruzione con una potenza di 1 MW (n. IAFR 1726). Per quanto riguarda la localizzazione geografica degli impianti qualificati a progetto a livello nazionale, si osserva il primato dell’Italia meridionale e insulare in Sicilia e Puglia in primis, dovuto sia agli impianti eolici che agli impianti a biomasse. Gli impianti qualificati a progetto appartengono tutti alla categoria D “Nuova costruzione”. La maggior parte dei 69 impianti qualificati sono localizzati nella provincia di Agrigento (Tab.3).

	Numero	Potenza (MW)	Prod. (GWh)	Ecv
IDRAULICA	-	-	-	
EOLICA	80	3.076,94	6.346,87	
BIOMASSE	69	146,69	1.036,09	
BIOGAS	2	7,35	58,47	
GEOTERMICA	-	-	-	
SOLARE	17	2,40	2,78	
RIFIUTI				
TOT	168	3233,38	7444,21	

Tabella 8: Impianti di nuova costruzione qualificati a progetto in Sicilia

5 ANALISI DEGLI ASPETTI TECNOLOGICI E ORGANIZZATIVI NELLA FILIERA LEGNO-ENERGIA

Da un'analisi della sovrapposizione delle carte tematiche prodotte, si sono estrapolati i dati riguardanti la disponibilità di biomassa vegetale presente in Sicilia.

Clc_IV nome	Superficie (ha)	Potenzialità (t/anno)
Oliveti	240499	721498
Vigneti	161526	710714
Frutteti e frutti minori	167496	669983
Boschi di querce caducifoglie	61985	152484
Boschi di leccio e o sughera	41459	92868
Veg. boschiva/arbustiva in evoluzione	53345	69349
Boschi/piantagioni di latifoglie non native	20258	56924
Sistemi colturali complessi	126923	50769
Boschi di pini mediterranei e cipressete	23033	42842
Brughiere e cespuglieti	83450	41725
Culture intensive	783745	39187
Praterie discontinue	97049	38820
Boschi di faggio	11118	38357
Culture agrarie con spazi naturali	77282	30913
Praterie continue	151629	30326
Residenziale discontinuo	66219	19866
Culture temporanee e permanenti	45137	18055
Boschi misti (prev. querce caducifoglie)	7417	15724
Boschi/piantagioni di conifere non native	3839	14013
Boschi misti (prev. leccio e/o sughera)	4510	10599
Boschi misti (prev. pini mediterranei)	5234	10259
Boschi di pini montani e oromediterranei	4814	10206
Boschi di castagno	3665	8868
Boschi misti (prev. faggio)	2397	7911
Aree con vegetazione rada	25602	5120
Boschi misti (prev. pini montani e oromediterranei)	2072	4124
Residenziale continuo	36542	3654
Boschi misti (prev. castagno)	1481	3407
Culture estensive	32328	3233
Aree estrattive	7341	1468
Industriali	9859	986
Aree verdi urbane	561	505
Aree ricreative e sportive	411	205
Boschi di specie igrofile	31	87
Cantieri	387	77
Paludi interne	153	15
Discariche	54	11

Tabella 9 estensione e produttività potenziale (t/anno) per le diverse classi di copertura del suolo

I dati, riportati nella tabella 9, in cui si sono correlati i valori di produttività potenziale con l'estensione reale, distinti per classi forestali e agricole di copertura del suolo nel territorio siciliano hanno evidenziato l'abbondanza di biomassa vegetale derivante

dalla potatura degli uliveti, dei vigneti e dei frutteti, seguita in minor misura dai boschi di querce (caducifoglie e sempreverdi), dalle pinete di pino mediterraneo e cipresseto, dai boschi di latifoglie non native e dai cespuglieti.

5.1 Recupero di biomassa da uliveti, vigneti e frutteti

La tipologia di biomassa vegetale ricavabile ed utilizzabile per fini energetici nella regione Sicilia deriva in gran parte dal comparto agricolo ed è fornita dai residui agricoli. I residui agricoli comprendono l'insieme dei sottoprodotti derivanti dalla coltivazione di colture, generalmente a scopo alimentare, altrimenti non utilizzabili o con impieghi alternativi marginali. Rientrano in questa categoria i sottoprodotti delle colture arboree da frutto quali la vite, l'ulivo e altri frutteti.

La produttività potenziale stimata in Sicilia è stata di 3 t ha⁻¹anno⁻¹ per gli oliveti, 4,4 t ha⁻¹anno⁻¹ per i vigneti e 4 t ha⁻¹anno⁻¹ per i frutteti con una estensione rispettivamente di 240499 ha, 161526 ha e 167496 ha, per un totale di disponibilità potenziale di biomassa nei tre distretti presi in considerazione di 721498 t anno⁻¹ per gli oliveti, 710714 t anno⁻¹ per i vigneti e 669983 t anno⁻¹ per i frutteti.

Le principali caratteristiche chimico-fisiche delle biomasse agricole vengono sintetizzate nella tabella che segue

Sottoprodotto agricolo	Umidità alla raccolta (%)	Rapporto C/N	Ceneri (% in peso)	p.c.i. (kcal/kg ss)
Sarmenti Vite	45-55	60-70	2-5	4300-4400
Frasche di olivo	50-55	30-40	5-7	4400-4500
Residui fruttiferi	35-45	47-55	10-12	4300-4400

Tabella 10 Caratteristiche chimico-fisiche delle biomasse agricole

Il processo di filiera ipotizzabile consiste essenzialmente nel trattamento della biomassa residuale (essiccazione e triturazione) per ottenere un biocombustibile (il cippato) da impiegare all'interno di caldaie per la produzione di energia.

La filiera di produzione del cippato da scarti di potatura si articola nelle seguenti fasi:

1. Potatura.
2. Raccolta della potatura.
3. Stoccaggio ed essiccazione delle potature.
4. Cippatura delle potature essiccate.
5. Conversione energetica del cippato.

1. POTATURA

L'approvvigionamento di biomassa deriva dalle operazioni di potatura dei vigneti, degli oliveti e dei frutteti che si eseguono in epoche e con cadenze variabili in funzione delle colture attuate e nel periodo di riposo vegetativo. Con la potatura si va a modificare il modo naturale di vegetare e fruttificare di una pianta con la formazione di residui di potatura. È un'operazione pertanto che viene effettuata ogni anno e dalla quale è possibile ricavare una quantità considerevole di biomassa vegetale che molto spesso viene considerata come un problema di smaltimento piuttosto che un'operazione potenzialmente produttiva.

Nella pratica, tale materiale viene allontanato dall'appezzamento per evitare lo sviluppo di possibili fitopatologie. La possibilità di recuperare i residui di potatura (sarmenti di vite, frasche di olivo, ramaglie di frutteti) per un loro utilizzo a fini energetici è legata alla possibilità di procedere alla raccolta del materiale e, quindi, in funzione alla densità d'impianto, alle modalità di potatura e al conseguente accrescimento delle piante (la forma di allevamento) nonché alla disposizione (grado di frammentazione e pendenza) del terreno.

2. RACCOLTA DELLA POTATURA

Le potature si trovano sparse nel terreno agricolo ed è necessario dunque raccoglierle, concentrarle, trasportarle e stoccarle. Esistono diverse tipologie di macchine per la raccolta che determinano i requisiti fisici del materiale (massa volumica, forma, pezzatura); queste caratteristiche incidono sia sulle successive fasi (movimentazione, trasporto e stoccaggio), sia sulla scelta dell'impianto di trasformazione. Il recupero del legno può seguire due strategie molto differenti:

1. Imballatura degli scarti e successiva movimentazione delle balle verso l'utenza;
2. Raccolta e la contemporanea sminuzzatura in campo delle potature

L'imballatura degli scarti è stata finora oggetto di maggior interesse dato dal particolare ambiente di lavoro caratterizzato da spazi di manovra molto ristretti e dalla facilità di conservazione del materiale senza che esso subisca una degradazione in qualità. Con l'imballatura la movimentazione del residuo è facilitata, perché ne diminuisce l'ingombro e lo organizza in unità omogenee per forma e dimensioni, inoltre è più agevole lo stoccaggio della biomassa anche in assenza di una preventiva stagionatura in campo e non si presentano problemi di fermentazione che limitano l'uso del cippato. Le balle, quindi, una volta formate in campo saranno trasportate in un piazzale di stoccaggio all'interno dell'unità aziendale dove subiranno un processo di essiccazione naturale. Lavoro preventivo durante la potatura sarà quello di raggruppare le potature in andane tra le file.



Figura 13 Imballatrice parallelepipedica LERDA 900 e Rotoimballatrice leggera ARBOR RS170.

Per la **sminuzzatura** delle patate in campo si impiegano delle macchine che derivano da trinciasarmenti alle quali sono state apportate modifiche per consentire la movimentazione in campo del prodotto raccolto. Non sono molto diffuse per la loro dimensione e per il fatto che in assenza di una preventiva stagionatura in campo lo stoccaggio della biomassa può presentare problemi di fermentazione con perdita di sostanza secca e quindi un minor rendimento del materiale.



Figura 14 Trinciasarmenti Picker.

3. STOCCAGGIO ED ESSICCATURA DELLE POTATURE

In base alla tipologia scelta per la raccolta delle patate avremo anche una differente metodologia per lo stoccaggio e l'essiccazione del materiale.

Durante l'abbattimento, il legno presenta un contenuto d'acqua piuttosto elevato ma anche molto variabile, soprattutto a seconda della specie. Considerato che durante la combustione è importante utilizzare legno con bassa umidità (indicativamente meno del 30% e possibilmente anche meno del 25% calcolato sull'umido) risulta importante effettuare una buona essiccazione.

Operativamente la riduzione del contenuto d'acqua nel legno viene favorita dal libero passaggio d'aria tra i pezzi di legno.

Nel primo caso, nell'utilizzo di macchine imballatrici, lo stoccaggio potrà essere eseguito senza alcun problema in modo naturale dato il fatto che sono facilmente stoccabili in magazzino e al libero passaggio di aria che impedisce la formazioni di fermentazioni.

Nel secondo caso il prodotto che avremo sarà cippato, e per il cippato le ragioni di un buon essiccamento sono anche legate alla necessità di minimizzare l'insorgenza di muffe sulla particella di legno, che ne riducono sia il potere calorifico, sia la "lavorabilità" in ragione dei conseguenti rischi per l'operatore addetto.

Durante l'essiccazione del cippato particolarmente umido (per esempio quello ottenuto direttamente dal bosco che raggiunge e supera circa il 50% di contenuto idrico, calcolato sull'umido) avvengono contemporaneamente due fenomeni:

- l'essiccamento dello strato esterno del mucchio;
- fermentazione della zona più interna.

La fermentazione provoca localmente un innalzamento termico, con conseguente ulteriore essiccamento. Parte del vapore formato in questo modo, raffreddandosi, condensa nella fascia subito superiore. Il fenomeno può essere contenuto con ventilazioni del cumulo oppure con periodici rivoltamenti. La fermentazione all'interno del cumulo tende a diminuire la quantità di sostanza secca (nei casi più drastici fino al 30%) e a peggiorare la qualità con abbassamento dell'energia contenuta.

Quindi per ottenere il massimo rendimento del materiale combustibile dobbiamo raggiungere il livello di equilibrio igroscopico ottimale del legno e diminuire o meglio evitare i fenomeni di fermentazione presenti all'interno del mucchio di cippato.

4. CIPPATURA DELLE POTATURE ESSICCATE

Il termine cippatura (spesso usato al posto di quello di sminuzzatura) è la versione italiana del vocabolo inglese chipping, che significa "ridurre in scaglie". Esso identifica un'operazione specifica, che consiste nel trasformare materiale legnoso di varia natura in frammenti di forma parallelepipedica. Ogni frammento ha una lunghezza compresa tra 2 e 5 cm, una larghezza massima di 2 cm e uno spessore di qualche millimetro.

La scelta della macchina da utilizzare varia a seconda della quantità di materiale che deve essere sminuzzato. Nel caso di quantità limitate, inferiori alle 1.000 t anno⁻¹, possono essere usate macchine da applicare al sollevatore del trattore e alimentate

manualmente. Per quantità superiori alle 10.000 t anno⁻¹ è opportuno usare macchine con motore autonomo e gru idraulica con pinza per il carico.

Strutturalmente si compongono di una struttura portante, che ha la funzione di sostegno per l'organo di taglio e di trasporto. La macchina può essere montata su rimorchi o adattata per l'attacco al sollevatore idraulico dei trattori. Il moto viene trasmesso all'organo di taglio tramite cinghie o catene, mosse a loro volta dall'unità motrice per mezzo di giunti cardanici, muniti di frizione, per evitare i danni altrimenti provocati dalle eccessive sollecitazioni. Gli apparati di alimentazione ed espulsione delle scaglie sono più o meno complessi a seconda

del modello. La struttura che supporta l'organo di taglio è quella che principalmente differenzia i vari modelli di cippatrici, le quali possono così essere suddivise in cippatrici: a disco, a tamburo e a vite senza fine.

5. CONVERSIONE ENERGETICA DEL CIPPATO

La fase di conversione energetica del cippato è realizzata per mezzo della combustione dello stesso.

La combustione viene generalmente attuata in apparecchiature (caldaie) in cui avviene anche lo scambio di calore tra i gas di combustione ed i fluidi di processo (acqua, olio diatermico, ecc.). La combustione si attua con buoni rendimenti, se si utilizzano come combustibili sostanze ricche di glucidi strutturati (cellulosa e lignina) e con contenuti di acqua inferiori al 35%.

Le tipologie di generatori termici alimentati a legno disponibili sono fondamentalmente tre e si differenziano sulla base della forma fisica delle tre principali categorie di combustibili vegetali:

- legna da ardere in ciocchi;
- legno sminuzzato (cippato);
- pastiglie di legno macinato e pressato (pellet).

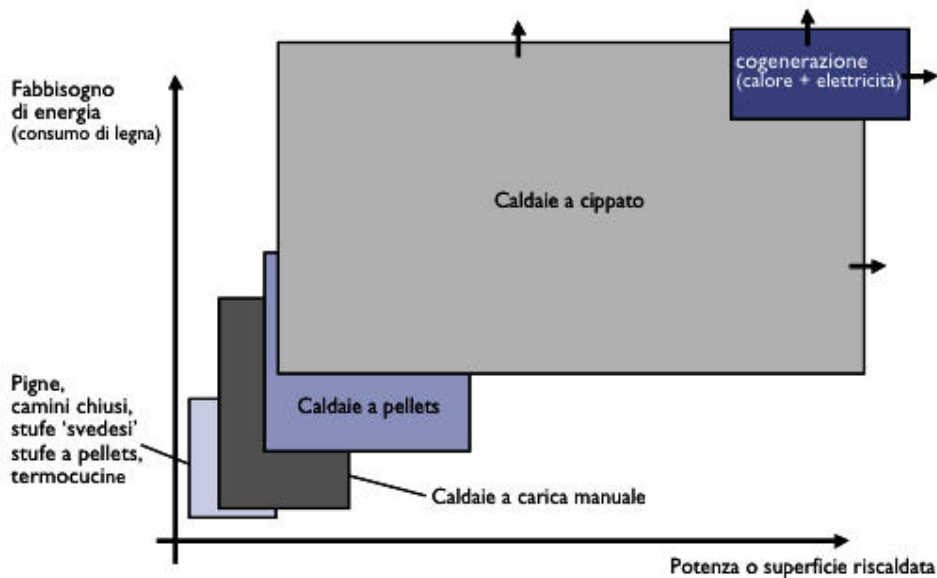
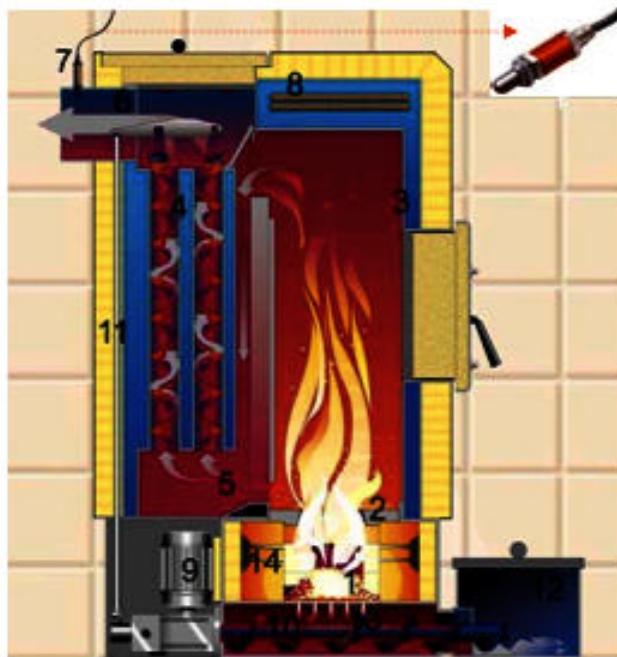


Figura 15 Campi di applicazione delle tecnologie di combustione della biomassa lignocellulosa (Gelletti et al, 2006).

Con gli impianti di riscaldamento a cippato di legna si è iniziato a percorrere la strada verso gli impianti a funzionamento automatico. Un problema di questi impianti è costituito dalla qualità del combustibile, la quale non può essere facilmente controllata, ma può variare anche di molto.

Poiché il caricamento del combustibile avviene in modo automatico dovrà essere predisposto uno spazio o un silo dove allocare il cippato da mettere in caldaia in modo tale che il funzionamento sia continuo. Generalmente attraverso l'utilizzo di una coclea viene immesso il cippato all'interno della camera di combustione della caldaia a griglia, che può essere:

- fissa, per bruciare materiali fini e a basso contenuto di umidità;
- mobile, per bruciare combustibili a pezzatura grossolana, ad alto valore di umidità (>30%) quali ad esempio derivanti dalla coppatura a fresco.

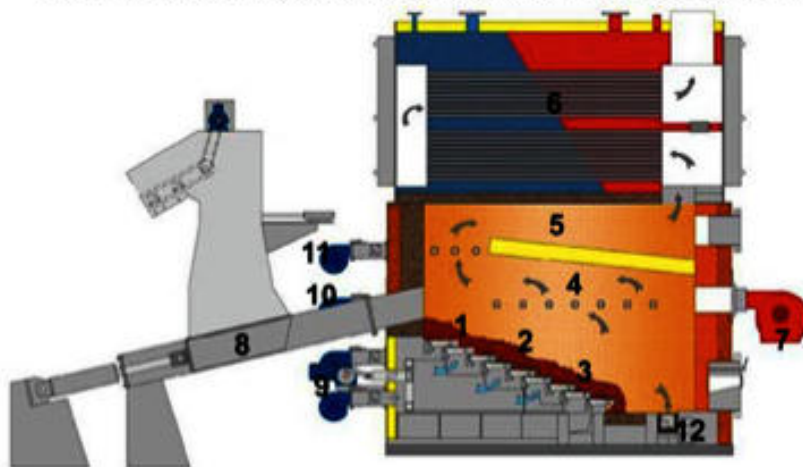


HARGASSNER W 25-55

1. Sottoalimentazione a spinta
2. Piastra di concentrazione fiamma
3. scambiatore
4. turbolatori
5. flusso gas caldi
6. canna fumaria
7. sonda Lambda³
8. scambiatore di sicurezza (EN 303-5)
9. motore coclee e sist. pulizia scambiatore
10. coclea asporto cenere
11. barra comando sist. pulizia scambiatore
12. cassetto cenere
13. aria primaria
14. aria secondaria pre-riscalsata

Figura 16 Caldaia a griglia fissa (AIEL).

Moderna caldaia a griglia mobile inclinata (UNICONFORT mod. Biokraft)



1. zona di essiccazione
2. zona di gassificazione
3. zona di ossidazione
4. camera primaria
5. camera secondaria
6. scambiatore
7. bruciatore ausiliario
8. spintore idraulico
9. ventilatori aria primaria
10. ventilatori aria secondaria
11. ventilatori aria terziaria
12. coclea estrazione cenere

Figura 17 Caldaia a griglia mobile (AIEL).

5.2 Recupero di biomassa da boschi di querce (caducifoglie e sempreverdi)

La superficie forestale è pari al 7,5% del territorio regionale. Le principali categorie forestali sono rappresentate da boschi di querce caducifoglie per il 32% e da boschi di leccio e/o sughera per il 21% sul totale.

La produttività potenziale stimata in Sicilia è stata di 2,46 t ha⁻¹anno⁻¹ per i boschi di querce caducifoglie e di 2,24 t ha⁻¹anno⁻¹ per i boschi di leccio e/o sughera con una

estensione rispettivamente di 61985 ha e 41459 ha per un totale di disponibilità potenziale di biomassa nei tre distretti presi in considerazione di 152484 t anno⁻¹ per le querce caducifoglie e 92868 t anno⁻¹ per i boschi di leccio e/o sughera.

Le operazioni interessanti ai fini del prelievo di biomassa forestale a fini energetici comprendono sia interventi selvicolturali in boschi governati a fustaia sia interventi in boschi governati a ceduo, come è stato delineato nei paragrafi precedenti.

Le caratteristiche fisiche delle biomasse legnose rilevanti a fini energetici sono il tenore di umidità e la densità. Questi due fattori, accanto alla composizione chimica del materiale, incidono infatti sul potere calorifico del legno.

Composizione	
Cellulosa	50% della ss
Emicellulosa	10-30% della ss
Lignina	20-30% della ss
Caratteristiche fisiche ed energetiche	
Umidità	25-60% sul t.q.
Densità di massa	800-1.120 kg/m ³
p.c.i. (considerando un'umidità del 12-15%)	3.600-3.800 kcal/kg

ss = sostanza secca

Tabella 11 Principali caratteristiche chimico-fisiche della biomassa legnosa (fonte Area Science Park)

La biomassa derivante dal bosco e utilizzabile per fini energetici viene messa sul mercato in pezzature molto diverse per forma e grado di umidità. Gli assortimenti più comuni, oltre il cippato (come trattato precedentemente), sono i tronchetti di legno, molto diffusi negli ambienti rurali e montani soprattutto per la loro facilità nello stoccaggio e conservazione.

La filiera che interessa il combustibile sotto forma di tronchetti di legno, ma valida anche per il cippato, si compone delle seguenti parti:

1. Impianti arborei per la produzione (nella fattispecie boschi di querce)
2. Il cantiere di utilizzazione (abbattimento e prima trasformazione del legname)
3. Trasporto
4. La stagionatura e stoccaggio

5. L'utilizzazione in caldaia

1. IMPIANTI ARBOREI PER LA PRODUZIONE

La biomassa vegetale forestale utilizzabile per fine energetici deriva da boschi presenti all'interno del territorio siciliano, non risultano al momento presenti impianti dedicati per la produzione di biomassa come ad esempio Short Rotation Forestry (SRF) o Medium Rotation Forestry (MRF).

2. IL CANTIERE DI UTILIZZAZIONE

L'impostazione ottimale del cantiere dipende da numerosi fattori, in primis dal tipo di bosco che abbiamo di fronte, se un ceduo o una fustaia, dalla specie, dalla pendenza del terreno, dalle macchine che abbiamo a disposizione, ecc..

In linea di massima i sistemi di lavoro attualmente impiegati sono tre:

- Full Tree System (estrazione della pianta intera)
- Full Length System (estrazione della pianta sramata e cimata)
- Short Wood System (estrazione di pezzi corti)

3. TRASPORTO

Il trasporto ha lo scopo di assicurare il flusso del legno (tra le differenti sedi di attività della filiera legno-energia) dalla produzione all'utilizzo in caldaia e risulta la fase più onerosa di tutta la filiera.

I parametri che incidono maggiormente sulla scelta del vettore e sulla modalità di carico-scarico sono:

- Tipo (in base alla pezzatura) e quantità (in peso e volume) del materiale da trasportare all'anno e per singolo viaggio.
- Distanza e tipo di viabilità da percorrere
- Spazi disponibili a livello di accessibilità della sede di partenza e arrivo del materiale
- Macchinari vari: costo/disponibilità
- Manodopera: costo/disponibilità

4. LA STAGIONATURA E LO STOCCAGGIO

La stagionatura e lo stoccaggio del materiale non presenta grandi problemi se non a livello di spazio per la sua conservazione. Infatti stoccando il tronchetto in cataste, si forma la formazione di un passaggio d'aria tra i tronchetti che permette la sua stagionatura senza causare perdite di sostanza secca dovuto a fermentazioni. Il volume occupato per la stagionatura sarà comunque maggiore in ragione proprio della sua pezzatura.

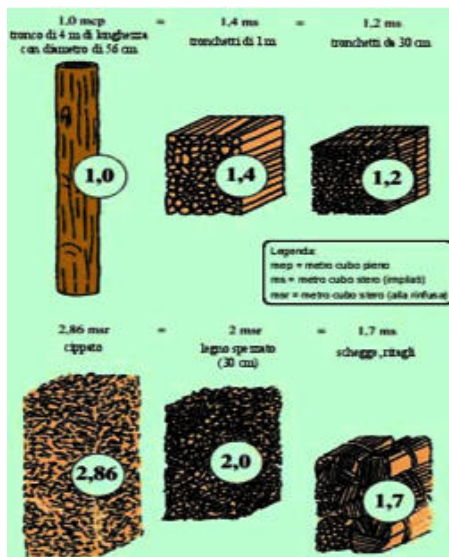


Figura 18 Corrispondenza tra il peso di 1 mc di legno pieno e lo stesso peso di legno ridotto in varie pezzature. (Fonte: “Riscaldare con il legno” Aebiom - con modifiche Ipla).

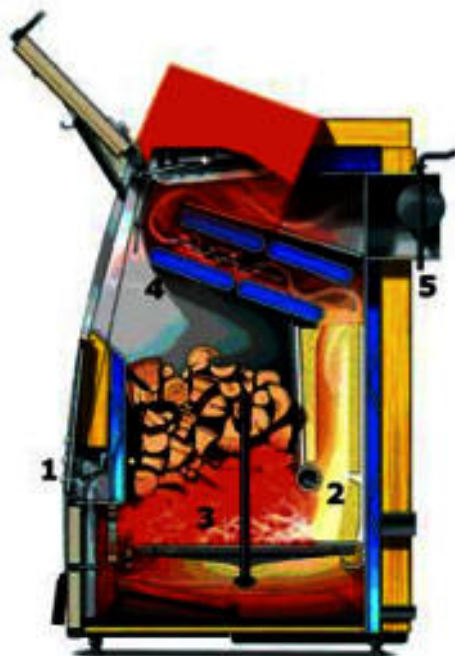
5. L'UTILIZZAZIONE IN CALDAIA

L'utilizzo finale del combustibile legno si identifica con la sua combustione in un idoneo apparecchio che produce calore per il riscaldamento.

Le caldaie a pezzi di legna possono essere suddivise in due categorie in funzione del principio di

combustione: combustione inferiore e combustione inversa.

Le caldaie a combustione inferiore sono generalmente a tiraggio naturale (Naturzugkessel), la depressione richiama l'aria primaria dall'esterno la quale arriva al braciere; i gas esausti sono richiamati dalla parte inferiore del focolare (aria secondaria) e convogliati nella seconda camera di combustione. Siccome il flusso d'aria attraversa da sotto il focolare risulta molto importante che la legna venga ben impilata in modo che l'aria possa raggiungere in modo omogeneo la zona di combustione.



Caldaia a pezzi di legna a combustione inferiore e tiraggio naturale (Guntamatic – mod KOBRA).

1. Aria primaria
2. Aria secondaria
3. Camera di combustione
4. Scambiatore di calore
5. Sistema di regolazione del tiraggio

Figura 19 Caldaia a pezzi di legna.

Le caldaie a combustione inversa a tiraggio forzato per aspirazione (Saugzugkessel) rappresentano le caldaie più innovative sul piano tecnologico. I gas sono richiamati,

dalla depressione forzata creata da un ventilatore a valle, attraverso un foro al di sotto del braciere attraverso il quale giungono nella seconda camera di combustione rivestita in refrattario.

La resistenza del flusso dei gas è piuttosto elevata perciò è necessaria la presenza di un ventilatore a tiraggio indotto a regolazione elettronica. Il ventilatore consente di modulare in modo preciso l'apporto d'aria primaria (generalmente pre-riscaldata) e secondaria nelle camere di combustione. Nel primo settore della canna fumaria è presente solitamente la sonda Lambda che misura in continuo la concentrazione di O₂ nei fumi esausti e regola di conseguenza il ventilatore e, nelle caldaie automatiche, la velocità di caricamento del combustibile. La sonda Lambda è particolarmente utile nelle caldaie a legna e cippato nelle quali si utilizzano combustibili caratterizzati da una ampia variabilità del contenuto idrico e del contenuto energetico. Essa consente di mantenere nel tempo un elevato livello di rendimento del processo di combustione e di conseguenza di minimizzare le emissioni nocive. Solitamente l'accensione delle caldaie a pezzi di legna è manuale, tuttavia nei modelli più recenti è stato inserito anche il sistema di accensione automatica.



Caldaie a combustione inversa a tiraggio forzato per aspirazione (Guntamatic – mod. BMK)

1. Aria primaria pre-riscaldata
2. Aria secondaria
3. Turbo-camera di combustione
4. Turbolatori verticali
5. Sonda Lambda
6. Ventilatore a tiraggio forzato e regolazione elettronica
7. Pannello elettronico di comando

Figura 20 Caldaia a combustione inversa (AIEL).

6 INDIVIDUAZIONE DEL SITO E OTTIMIZZAZIONE DELLA TAGLIA DELL'IMPIANTO

6.1 Scenari distrettuali

Il successo delle filiere bioenergetiche è strettamente legato alla loro organizzazione produttiva e logistica e alle dimensioni degli impianti di conversione. La penetrazione delle biomasse nel mercato dell'energia dipende sia da un'adeguata valorizzazione della componente energetica, sia da una puntuale pianificazione territoriale che tenga conto di fattori quali le caratteristiche geologiche e pedoclimatiche della zona in esame, le risorse potenziali, il mercato dei combustibili alternativi alla biomassa con destinazione energetica, le esigenze energetiche locali, il degrado ambientale della zona, ecc.

Tra le diverse fonti di energia rinnovabile le biomasse sono quelle legate maggiormente al territorio. Per valutare gli elementi chiave necessari allo sviluppo di una filiera legno-energia è necessario cercare di identificare i bacini che possono fornire legno per usi energetici. E' importante chiarire la disponibilità di biomasse che, a seconda della loro natura e caratteristiche, potranno essere impiegate a fini energetici. La loro presenza, in termini di quantità e tipologia, varia in relazione ai fattori climatici, morfologici, economici e sociali. Sarà dunque necessario analizzare la morfologia della zona oggetto di studio, i collegamenti strutturali e le distanze dalle fonti di approvvigionamento, tutte caratteristiche che svolgono un ruolo decisivo nella valutazione della convenienza sia economica, ovvero nella valutazione dei costi di trasporto e degli impianti in relazione alla loro dimensione, sia energetica e ambientale, nella stima dei consumi energetici e dei costi emissivi legati al trasporto. Inoltre prima di effettuare una scelta sulla localizzazione di un impianto a biomassa è necessario procedere ad un'analisi della situazione attraverso un bilancio energetico che evidenzia quale sia il combustibile più adatto ai vari contesti territoriali. Il piano energetico locale è un primo strumento che è in grado di individuare le esigenze energetiche locali, i consumi attuali dei combustibili, la presenza di zone metanizzate. Mentre il Piano Forestale evidenzia lo stato attuale delle superfici boscate, la localizzazione di tali risorse, la fruibilità e la possibilità di effettuare prelievi. Infine non bisogna trascurare la vicinanza della risorsa e l'affidabilità del suo riferimento.

L'individuazione di ambiti locali o sub-provinciali nei quali realizzare impianti per la conversione della biomassa in energia porta alla definizione dei "distretti energetici" in cui vengono svolte le attività di preparazione e trasformazione delle biomasse. La definizione e la messa in pratica di veri e propri distretti energetici basati sulla biomassa consentono di chiudere la filiera in un contesto definito sia da un punto di vista geografico che dell'insieme dei soggetti che devono interagire e che massimizzano effettivamente tutte le ricadute. Le biomasse possono rappresentare una preziosa risorsa valorizzabile non solo a fini energetici ma anche secondo l'ottica di promuovere una maggiore sostenibilità ambientale dei sistemi produttivi attivando una filiera energetica che funzioni autonomamente con materiale raccolto in loco ed impiegando le risorse umane che offre la zona.

La filiera del legno-energia, fra le filiere produttive, svolge una azione multifunzionale legata alla tutela e riqualificazione del territorio. L'agricoltura oggi vive un'importante fonte di cambiamento che tende verso la multifunzionalità dell'azienda. Gli agricoltori sono sempre in cerca di nuovi orientamenti produttivi, che siano capaci di produrre reddito attraverso attività non convenzionali, invertendo la tendenza dell'abbandono delle attività agricole. D'altra parte nella gestione delle risorse forestali è necessario incastrare sapientemente una selvicoltura di tipo naturalistico con un'azione di approvvigionamento di materiale di scarto che viene ad acquisire valore grazie all'esistenza di un impianto energetico. Sarà necessario discernere secondo i casi che si presentano l'utilizzazione finale più razionale possibile per soddisfare la richiesta energetica (dimensionamento dell'impianto).

Il successo del decentramento energetico a livello locale può essere raggiunto massimizzando le potenzialità produttive ed occupazionali del territorio e coniugando le esigenze ambientali con le politiche locali di sviluppo socio-economico. Attraverso la realizzazione di un Distretto Energetico che incentivi lo sviluppo di una imprenditorialità locale focalizzata sulla filiera legno che si occupi della preparazione, della trasformazione delle biomasse (cippato, pellets), dell'approvvigionamento della biomassa come combustibile e della produzione di energia, secondo un utilizzo sostenibile della risorsa (interventi sia di carattere produttivo che di miglioramento e protezione).

6.2 Filiere bioenergetiche

Il ruolo energetico delle biomasse riveste maggiore importanza ove sono presenti situazioni “microterritoriali” che favoriscano una integrazione tra fabbisogni e disponibilità di materie prime di origine vegetale. Le biomasse consentono di risparmiare materie di origine fossile e di ridurre le emissioni nocive che caratterizzano la combustione, con contributo nullo all’incremento del tasso di CO₂ (gas serra) in atmosfera. Tali vantaggi nei paesi ad alto consumo energetico rappresentano una crescente necessità economica, sociale e politica. Lo sfruttamento energetico può essere principalmente finalizzato:

alla *produzione di energia elettrica*: utilizzo di colture oleaginose, di residui agro-forestali e biomassa lignocellulosica;

alla *produzione di calore*: utilizzo di biomasse legnose (di provenienza agricola e forestale, legno vergine, rifiuti di lavorazione del legno); biodiesel da riscaldamento; cogenerazione da impianti per la produzione di energia elettrica; teleriscaldamento;

all’*autotrazione*: impiego di biodiesel e bioetanolo.

La produzione di elettricità, eventualmente in cogenerazione, a partire da residui agro-forestali e colture energetiche oleaginose è perseguibile in impianti di gassificazione di taglia medio-piccola, già a partire da 500 kW. Questa nuova tecnologia, che si sta affacciando sul mercato, permette di raggiungere un buon rendimento energetico, con il vantaggio di avere impianti facili da installare e da gestire, anche in forma consortile.

La valorizzazione energetica di tali prodotti può avvenire anche in impianti a combustione di taglia minima di qualche MW. I prezzi di acquisto della biomassa da parte dell’imprenditore energetico possono variare da 40-60 euro/t al 15 % di umidità. Tali cifre possono fornire redditività alternative all’agricoltore, a patto di ottimizzare la fase di raccolta e trasporto. Tale filiera sarà dunque costituita da una fase di produzione, disaccoppiata dalla raccolta, una fase di raccolta meccanizzata svolta da parte di terzisti specializzati, dal trasporto in centrale. Per garantire lo sviluppo di una filiera energetica medio-lunga dei residui agroforestali e delle colture oleaginose è necessario prevedere di vincolare i rapporti con gli agricoltori attraverso contratti di fornitura garantendo un prezzo minimo di acquisto per garantire l’approvvigionamento e promuovere la diffusione di organizzazioni in conto terzi per la raccolta, il condizionamento (cippatura o pellettatura) e il trasporto della biomassa per ottimizzare la filiera.

La produzione di energia termica può avvenire dall’utilizzo di biomassa residuale o colture dedicate, in caldaie di potenza termica superiore a 50-100 kW, o sotto forma di pellet in dispositivi di piccola taglia con alta efficienza termica. Per impianti di taglia fino a qualche MW di potenza si parla di teleriscaldamento con caldaie alimentata da cippato o anche a pellet. In questo caso sarebbe auspicabile lo sviluppo di consorzi che si occupino non solo della produzione-approvvigionamento, ma anche della vendita del calore. Il teleriscaldamento rappresenta una soluzione di grande interesse in molte realtà italiane dove si combinino favorevolmente le caratteristiche territoriali legate alla disponibilità di biomasse, alle condizioni climatiche ed alle tipologie edilizie esistenti. Una rete di teleriscaldamento è un sistema che distribuisce calore attraverso un fluido termovettore, normalmente acqua calda, fino ad una serie di utenze attraverso un circuito chiuso di tubature ben isolate. In alcuni casi la rete di teleriscaldamento è collegata ad un impianto di cogenerazione, che produce sia energia elettrica che termica, ma questo accade oggi essenzialmente su grossi impianti, alimentati con fonti fossili o con rifiuti solidi urbani (RSU).

Gli impianti di riscaldamento a biomassa si prestano meglio a riscaldare edifici dove non ci sono grandi variazioni di temperatura, quali ospedali, case di cura, piscine e scuole, ovvero tutti locali che richiedono una temperatura costante, riducendo i periodi in cui la caldaia resta in stand-by. L’estensione di una rete di teleriscaldamento permetterebbe maggiori economie di scala. Da un punto di vista tecnico ed economico infatti, il riscaldamento di edifici pubblici e privati rappresenta una nicchia di mercato più immediatamente sviluppabile, in quanto non richiede investimenti iniziali elevati ed è potenzialmente estendibile in tutto il territorio. In particolare per le zone marginali agroforestali della Sicilia dove la realizzazione di nuove dinamiche economicamente sostenibili potrebbero contribuire allo sviluppo locale, in relazione ai recenti indirizzi di politica comunitaria.

6.3 Il caso studio: Analisi della convenienza economica per un impianto di cippattutra e pellettatura nella Sicilia occidentale

Premessa

Il caso studio qui riportato è stato oggetto di uno studio svolto all'interno del Progetto INNOVA (Maggiore, 2008). Lo scopo di questo caso studio è stato quello di stimare la disponibilità di biomasse in un'area del raggio di 30 Km dal centro aziendale dove si è ipotizzato la realizzazione di un impianto di trasformazione della biomassa utilizzabile come fonte di calore.

Sono state valutate diverse ipotesi di investimento, ma quella che ha trovato migliore convenienza ipotizza la creazione di un impianto di trasformazione della biomassa di varia natura proveniente dall'interno del bacino di conferimento, per la produzione di bricchetti, cippato e/o pellet.

Valutazione della disponibilità di biomassa

Essendo una risorsa distribuita sul territorio è stato necessario analizzare la morfologia della zona oggetto di studio, i collegamenti strutturali e le distanze dalle fonti di approvvigionamento. Le fonti di biomassa presenti sul territorio possono essere svariate e di diversa natura (fig. 21). E' stato necessario analizzare le varie tipologie di biomassa disponibili proveniente dal comparto forestale (residui di potature o tagli e diradamenti), dal comparto agricolo (residui di potature dell'ulivo e della vite), dal comparto industriale (residui di lavorazioni di segherie) che producono biomassa disponibile, ma attualmente non utilizzata per altri scopi e quindi a costo zero.

Comparto forestale

La superficie coperta da boschi all'interno dell'area considerata è di circa 50.000 ha. Si tratta di aree pubbliche ripartite tra cedui, boschi degradati e boschi ad alto fusto, ma per la maggior parte sono rimboschimenti con conifere, che spesso non hanno mai usufruito di interventi selvicolturali. E' auspicabile che su vasta scala vengano effettuati interventi per condurre queste formazioni artificiali, peraltro con produzioni modeste, verso soprassuoli più stabili. I diradamenti possono rappresentare una ricchissima fonte di biomassa diffusa sul territorio a macchia di leopardo, peraltro l'utilizzo della massa per fini energetici potrebbe essere la risposta economica ai diradamenti che spesso non sono proprio perché antieconomici, trascurando nondimeno le esigenze selvicolturali del popolamento. Prove sperimentali in popolamenti diversi hanno dimostrato che interventi di diradamento debole o moderato in soprassuoli di conifere a circa 40 anni d'età, comporterebbero prelievi variabili tra 30 e 100 m³ per ettaro. Considerato che 1 m³ di pino d'Aleppo pesa 620 kg ad una umidità del 12% (in bosco raggiunge il 35-40%), i prelievi potrebbero variare da 18,6 a 62 t/ha.

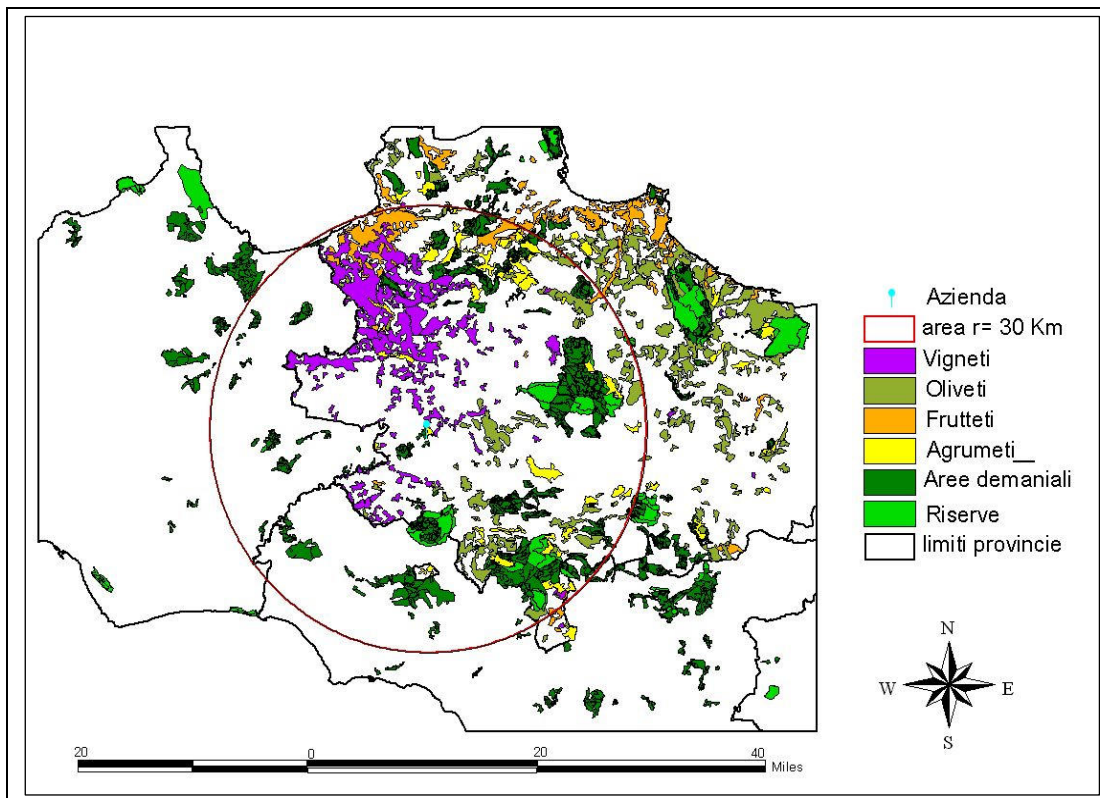


Figura 21: Ripartizione delle principali colture nell'area interessata.

Comparto dell'industria del legno

Il settore dell'industria del legno in Sicilia è poco sviluppato, date le scarse utilizzazioni forestali. La metodologia seguita per quantificare i residui derivati dal settore si basa sul numero di lavoratori per azienda fornito dal censimento dell'industria del 1996. Considerando le segherie, le imprese di lavorazione del prodotto semi finito, carpenterie e le industrie del mobile, in Sicilia il residuo totale annuo ammonta ad appena 12 tonnellate. E' evidente che per reperire piccole quantità di residui di lavorazione si dovrebbero affrontare costi di reperimento non indifferenti.

Colture agrarie

La frutticoltura e la viticoltura rappresentano importanti fonti di biomassa legnosa di povera qualità particolarmente adatta all'uso energetico, data la regolarità e la frequenza degli interventi di potatura e la necessità da parte dell'agricoltore di smaltire i residui di potatura. Inoltre questa biomassa è resa vantaggiosamente utilizzabile dalla completa meccanizzazione delle fasi di raccolta e trasformazione.

La quantità di residui agricoli può essere determinata moltiplicando la superficie agricola utilizzata (SAU) per un coefficiente che descrive la quantità di residui in t/ha. Questo coefficiente, che varia in base al tipo di coltura e alla posizione geografica, è stato determinato dal CESTAAT (Centro Studi sull'Agricoltura, l'ambiente ed il Territorio).

Nella Provincia di Palermo i comuni che ricadono nell'area interessata per l'approvvigionamento di biomassa sono 24, nella tabella 12 è riportata la ripartizione della SUA, per un totale annuo di residuo secco di circa 49 mila tonnellate.

Pianta	Residuo	Quantità t/ha	Superficie (ha)	Residuo	Umidità (%)	Residuo secco
vite	sarmenti	2,8	21654,152	60631,63	45-55	30315,81
olivo	potatura	2,1	9937,097	20867,9	35-40	8347,16
frutteti	potatura	2,0	5478,125	10956,25	35-45	4382,5
agrumi	potatura	1,9	7689,566	14610,18	35-45	5844,07

Tabella 12: Ripartizione della SUA e calcolo del residuo.

Analisi della filiera di recupero del legno-energia

Raccolta

Per quanto riguarda il settore forestale sarà fondamentale prendere accordi con l'Azienda Foreste Demaniali per la concessione a prelevare da bordo strada il materiale ricavato dagli interventi di diradamento, mentre nel settore agricolo bisogna contrattare direttamente con l'imprenditore agricolo per avere garantito l'approvvigionamento.

La maggior parte del residuo deriva dalla potatura della vite, coltivazione maggiormente diffusa nella area considerata. La filiera di recupero degli scarti di potatura consiste nel trattamento della biomassa attraverso processi di triturazione ed essiccazione, per ottenere un biocombustibile da impiegare direttamente (combustione in caldaia) o indirettamente (successive lavorazioni per ottenere pellet o bricchetti). Le potature si trovano sparse sul terreno agricolo ed è necessario dunque raccoglierle, concentrarle e trasportarle. L'imballatura facilita la movimentazione delle ramaglie, compattandole in unità di forma e dimensioni regolari. Esistono varie tipologie di macchine per la raccolta. Le attrezzature impiegate devono essere progettate per un ambiente di lavoro con spazi di manovra ristretti (basti pensare ai vigneti) ed inoltre devono poter lavorare ad una velocità abbastanza elevata, dato che la densità del materiale è bassa e quindi una buona produttività si può ottenere solo coprendo superfici sufficientemente estese nel minor tempo possibile. Si ritiene più opportuno effettuare l'imballatura attraverso una rotoimballatrice leggera (fig. 22). La foto mostra un esempio di macchina agricole modificata, il cui azionamento avviene attraverso un piccolo trattore da 25-39 kw che passa attraverso i filari sia di vigneti sia di frutteti, producendo balle di 30-40 kg. Le rotoimballatrici "avvolgono" la ramaglia nel senso della lunghezza, invece che affastellarla e poi sezionarla trasversalmente. Questo dovrebbe garantire un lavoro più efficiente anche con materiale di una certa lunghezza, a patto che i fusti siano sufficientemente flessibili. Le balle devono essere trasportate in un sito di stoccaggio dove successivamente saranno cippate.



Figura 22 Rotoimballatrice leggera ARBOR RS 170.

Cippatura

Il termine cippatura (spesso usato al posto di quello di sminuzzatura, ritenuto più corretto) è la versione italiana del vocabolo inglese chipping, che significa “ridurre in scaglie”. Esso identifica un’operazione specifica, che consiste nel trasformare materiale legnoso di varia natura in frammenti di forma parallelepipedica. Ogni frammento ha una lunghezza compresa tra 2 e 5 cm, una larghezza massima di 2 cm e uno spessore di qualche millimetro. L’operazione è effettuata con delle macchine chiamate cippatrici, che impiegano diversi principi di funzionamento e sono prodotte in una gran varietà di modelli (fig. 23 e 24). Il principale vantaggio della sminuzzatura consiste nella sua capacità di fluidificare il legno, riducendone e omogeneizzandone una pezzatura altrimenti grossolana e disforme. Un secondo vantaggio consiste nell’ottimizzazione dell’impiego della biomassa disponibile, dato che si può cippare anche quel materiale che non potrebbe essere trasformato in alcun assortimento convenzionale perché piccolo o difettoso. In pratica la sminuzzatura consente di recuperare un 15–20% di biomassa che altrimenti sarebbe abbandonata in bosco come residuo. Cippare anche questo materiale non solo aumenta la resa a ettaro, ma risolve lo spinoso problema dei residui di utilizzazione, che le misure di prevenzione impongono di asportare o eliminare



Figura 23 e 24 - Cippatrice montata su trattore e su autocarro impiegata all'imposto.

Esistono vari sistemi di cippatura. Le cippatrici utilizzate nei pianali di trasformazioni hanno solitamente un motore autonomo per avere una potenza elevata. Le caratteristiche dell'organo di taglio differenziano tre tipi di cippatrice: a disco, a tamburo e a vite senza fine. In Italia, le cippatrici a disco sono le più diffuse, ma negli ultimi anni si sta verificando un ritorno alle cippatrici a tamburo, che sono più adatte a trattare materiale legnoso minuto. L'apparato di alimentazione è costituito da una bocca tronco-piramidale svasata verso l'esterno, attualmente la tendenza è verso un allargamento costante della bocca di alimentazione, che spesso è rimpiazzata da un convogliatore mobile. Questo semplifica enormemente il lavoro con le ramaglie sottili e con i pezzi molto corti. Il passaggio dalla bocca di alimentazione all'organo di taglio è ottenuto per trascinarsi mediante rulli dentati azionati da motori idraulici. Esistono due alternative per l'apparato di evacuazione del cippato: convogliatore e collo d'oca. Il convogliatore è meno diffuso, perché è più ingombrante ma in genere è molto affidabile, produce meno polvere e si intasa difficilmente. Il collo d'oca invece alza molta polvere, in particolar modo quando si lavora legno secco.

La potenza richiesta dalle cippatrici varia con il diametro del materiale da sminuzzare, la specie legnosa e l'umidità. In base alla potenza impiegata, le cippatrici sono distinte in tre categorie: piccole, medie e grandi. Quelle piccole impiegano fino a 50 kW e lavorano diametri fino a 20 cm. I modelli medi vanno da 50 a 100 kW di potenza e possono trattare diametri fino a 30 cm. I modelli pesanti superano i 130 kW, lavorano diametri maggiori di 30 cm e producono oltre 50 tonnellate al giorno. Le cippatrici industriali rientrano tutte in quest'ultima categoria.

Stoccaggio ed essiccazione

Il sistema migliore per aumentare la conservabilità del cippato consiste nel ridurre l'umidità. I microrganismi xylofagi si sviluppano solo a una certa temperatura e umidità, quando l'umidità del legno scende sotto il 30% la fermentazione subisce un forte rallentamento e può essere anche inibita in modo totale. L'ideale è disporre di un luogo coperto e ventilato, come ad esempio un silos o una tettoia, oppure semplicemente coprire la catasta con un telone, che offre una protezione. L'essiccazione del cippato è detta passiva o attiva, a seconda della modalità con cui è ottenuta. La prima consiste in una stagionatura naturale, che si ottiene disponendo il cippato in strati relativamente sottili, rimescolati settimanalmente con una pala meccanica per consentire lo spontaneo rilascio dell'umidità contenuta nel legno. L'essiccazione attiva, invece, fa ricorso alla ventilazione forzata, che consiste nel soffiare aria calda e asciutta attraverso i cumuli di cippato; il problema sta nell'intenso consumo di energia richiesto dalla ventilazione forzata, che aumenta notevolmente il costo finale del cippato.

Pelletizzazione

Il pellet viene fabbricato a partire dalla segatura vergine residua dalla lavorazione del legno, opportunamente essicata e pressata ad alta pressione in modo da ottenere piccoli cilindri di varia grandezza. Grazie alla capacità legante della lignina, non è necessario aggiungere alcun tipo di additivo per cui si ottiene un combustibile naturale, ecologico e ad alta resa, la cui densità energetica è circa il doppio di quella del legno. La costituzione di un impianto di pellet deve basarsi sull'analisi del tipo di biomassa, dal suo stato (truciolato, polverizzato, grosse dimensioni), dall'umidità del prodotto (dato fondamentale) e dalla reperibilità e costi della materia prima. Un impianto per la produzione di pellets è costituito da una zona raccolta, una zona essiccazione, una zona miscelazione, una zona macinatura grossolana/polverizzazione, una zona pressatura, una zona raffreddamento, una zona insacco. L'attuale tecnologia è tarata sull'utilizzo di materiale legnoso con un'umidità che varia dal 10 al 15%. Si deve installare un processo industriale in base a quelle che sono le caratteristiche del materiale da lavorare e non in base alle risorse dell'investitore. Le attuali filiere di pelletizzazione prevedono, e non ne possono prescindere, uno step di essiccazione del legno che, a causa dell'entità dell'investimento e degli elevati costi di esercizio grava pesantemente sul costo finale di produzione.

Valutazione economica

Per valutare la fattibilità economica di una nuova attività è necessario elaborare previsioni annuali. Utilizzando tutti i dati derivanti dalle scelte adottate relativamente ai prodotti che l'impresa intende offrire, ed alla struttura di cui intende dotarsi, si può procedere alla previsione dei costi di investimento, dei costi di gestione (costi fissi e variabili), dei ricavi e di conseguenza dell'utile annuo. E' stato dunque redatto il piano degli investimenti ed il conto economico. Il primo per stimare l'ammontare degli investimenti materiali e immateriali necessari all'avvio dell'attività e l'ammontare annuo del loro ammortamento, il secondo per prevedere il cosiddetto reddito d'esercizio.

PRODUZIONE CIPPATO, BRICCHETTI E PELLETS				
<i>Piano degli investimenti</i>				
INVESTIMENTI	Importo	Durata ammort. (in anni)	% di ammort. annuo	Ammort. annuo
Investimenti materiali specifici				
<i>Cippato</i>				
Macchine ed attrezzature esbosco	10.000	10	13	1.000
Cippatrice	30.000	12	8	2.500
Trattore	120.000	10	10	12.000
Elettromagnete	3.000	12	8	250
Altre attrezzature ed accessori	2.000	10	10	200
	165.000			15.950
<i>Bricchetti</i>				
Essiccatoio	15.000	15	7	1.000
Bricchettatrice	20.000	12	8	1.667
Raffreddatore	2.500	12	8	208
Raffinatore	2.700	12	8	225
Bilancia	1.500	6	17	250
Insacatrice piccole confezioni	3.000	6	17	500
Insacatrice medie confezioni	12.000	10	10	1.200
Altre attrezzature ed accessori	3.000	10	10	300
	59.700			5.350
<i>Pellets</i>				
4 Silos per stoccaggio	48.000	10	10	4.800
Essiccatoio	15.000	15	7	1.000
Tramoggia alimentatrice	5.000	12	8	417
Pellettatrice	68.000	12	8	5.667
Raffreddatore	2.700	12	8	225
Impianto di depolverizzazione	4.000	10	10	400
Bilancia	2.200	6	17	367
Insacatrice piccole confezioni	3.000	6	17	500
Insacatrice medie confezioni	12.000	10	10	1.200
Altre attrezzature ed accessori	6.000	10	10	600
	165.900			15.175

INVESTIMENTI	Importo	Durata ammort. (in anni)	% di ammort. annuo	Ammort. annuo
Investimenti immateriali				
Formazione, documentazione	1.000	5	20	200
Piano di fattibilità	4.000	5	20	800
Commercialista	750	5	20	150
Notaio	1.300	5	20	260
Iscrizione albo imprese artigiane	100	5	20	20
Altre spese per adempimenti burocratici	500	5	20	100
Rilevamenti fonometrici	2.000	5	20	400
Allacciamento utenze	3.000	5	20	600
Marchio e immagine coordinata	750	5	20	150
Promozione di awio	3.000	5	20	600
Personale (3 addetti)	50.000	1	100	50.000
	66.400			52,3
Investimenti allestimento ufficio				
Casina ufficio	3.500	10	10	350
Arredo ufficio	700	8	13	88
Telefono cellulare	200	3	33	67
Segreteria telefonica	50	5	20	10
Fax	250	3	33	83
Computer	1.000	3	33	333
Software generale	400	3	33	133
Software gestionale	2.000	3	33	667
Stampante	200	3	33	67
Altre attrezzature	20.000	8	13	2.500
Altri investimenti	11.000	6	17	1.833
Rustrutturazione capannone	80.000	10	10	8.000
	119.300			14,1
Investimenti materiali generali				
Cippatrice mobile	30.000	10	10	3.000
cisterna trasporto cippato	12.000	5	20	2.400
Automezzo consegne	20.000	8	13	2.500
	62.000			7,9
TOTALE INVESTIMENTI	638.300			
TOTALE AMMORT. ANNUI				111.786

PRODUZIONE CIPPATO, BRICCHETTI E PELLETS				
Conto economico				
	Quantità (q)	Importo unitario	Importo	% sui ricavi tot.
Ricavi				
Vendita cippato	12.000	6,00	72.000	21,9
Venduta bricchetti al dettaglio	4.000	24,00	96.000	29,2
Venduta bricchetti all'ingrosso	2.500	16,00	40.000	12,2
Venduta pellets al dettaglio	2.800	27,00	75.600	23,0
Venduta pellets all'ingrosso	2.500	18,00	45.000	13,7
TOTALE RICAVI			328.600	100,0
Costi variabili specifici				
Cippato				
Acquisizione materia prima	12.000	2,50	30.000	9,1
Gasolio	12.000	0,25	3.000	0,9
Consegna ai clienti	12.000	0,20	2.400	0,7
Bricchetti				
Acquisizione materia prima	6.500	2,50	16.250	4,9
Energia elettrica prettattamento	6.500	0,60	3.900	1,2
Energia elettrica bricchettatura	6.500	0,60	3.900	1,2
Insacchettamento	6.500	0,55	3.575	1,1
Consegna ai clienti	6.500	0,50	3.250	1,0
Pellets				
Acquisizione materia prima	5.300	2,50	13.250	4,0
Energia elettrica	5.300	1,90	10.070	3,1
Insacchettamento	5.300	1,70	9.010	2,7
Consegna ai clienti	5.300	0,50	2.650	0,8
Costi variabili generali				
Trasporto materia prima	328.600	0,01	3.286	1,0
TOTALE COSTI VARIABILI			104.541	31,8
Costi fissi				
Ammortamenti			111.786	34,0
Altro personale			12.000	3,7
Manutenzione impianto cippato	2,0%	45.000	900	0,3
Manutenzione impianto bricchetti	2,0%	59.700	1.194	0,4
Manutenzione impianto pellets	1,5%	100.200	1.503	0,5
Altre manutenzioni e riparazioni			1.500	0,5
Pubblicità e promozione			2.000	0,6
Spese telefoniche e postali	12	200	2.400	0,7
Energia elettrica	12	80	960	0,3
Acqua			500	0,2
Commercialista			3.000	0,9
Bollo e assicurazione automezzi			4.000	1,2
Iscrizione annuale Registro Imprese			144	0,0
Tassa sui rifiuti			5.250	1,6
Iscrizione associazioni di categoria			80	0,0
Altri costi burocratici ed amministrativi			1.000	0,3
Altre spese			1.000	0,3
TOTALE COSTI FISSI			149.217	45,4
TOTALE COSTI			253.758	77,2
REDDITO OPERATIVO			74.842	22,8

7 ANALISI E FORMALIZZAZIONE DEI RISULTATI DELLE ANALISI PRECEDENTI IN PROCEDURE STANDARDIZZATE E APPLICABILI NEL CONTESTO REGIONALE

7.1 Analisi e proposte d'intervento sul comparto forestale ed agricolo in Regione Sicilia

La superficie forestale siciliana è distribuita per il 60% all'interno delle aree pubbliche. La maggior parte di queste formazioni non hanno usufruito di interventi selvicolturali o non sono mai state utilizzate, in particolar modo quelle ricadenti nelle aree demaniali. Tutte comunque necessitano di un piano di gestione, e, laddove siano stati valutati gli effetti a medio-lungo termine sulla produttività e fertilità dei boschi interessati, soprattutto in quelli ecologicamente instabili, è necessario pianificare gli interventi sul prelievo della biomassa.

I possibili interventi devono riguardare innanzitutto i diradamenti delle fustaie dei rimboschimenti con conifere che rappresentano una ricchissima fonte di biomassa diffusa su vaste superfici. Va considerato che l'utilizzo della massa per fini energetici potrebbe essere la risposta economica ai diradamenti che spesso non vengono fatti proprio perché antieconomici, trascurando quindi le esigenze selvicolturali del popolamento (Spinelli, 2002.). Inoltre il diradamento nonché il prelievo di alberi deperienti, le spalcatore, etc. riducono notevolmente il rischio di incendi.

Altro comparto forestale in grado di garantire una notevole fonte di biomassa è il ceduo. Il cambiamento da una società prettamente contadina ad una industrializzata ha segnato in Sicilia l'abbandono di ampie superfici che un tempo venivano governate a ceduo, che fornivano legna da ardere e carbone. Dal punto di vista selvicolturale questo ha comportato un lento processo degradativo e determinato situazioni ecologicamente instabili col conseguente impoverimento del territorio. Oggi è possibile percorrere due strade: mantenere il governo a ceduo oppure procedere alla conversione in fustaia; in entrambi i casi queste superfici sono in grado di fornire una quantità di biomassa elevata. Un discorso a parte deve essere fatto per i cedui di castagno i cui prodotti hanno una loro precisa collocazione sul mercato e quindi non si prestano a fornire legno da energia.

Infine, va incentivata la realizzazione di piantagioni a rapido accrescimento specializzate a fini energetici (Short Rotation Forestry). Sono caratterizzate da turni molto brevi, 2-4 anni, con densità d'impianto elevate, che vanno dalle 10.000 alle 15.000 piante/ha. Dagli impianti sperimentali è emerso che per caratteristiche climatiche e pedologiche, l'unica specie che si presta ad essere coltivata secondo i moduli colturali delle SRF è l'Eucaliptus, in particolare l'E. Gomphocephala, l'E. occidentalis e l'E. leucoxydon. Negli impianti realizzati a Piazza Armerina (Sicilia orientale) sono stati registrati accrescimenti di 6,5-12 m³/ha/anno

Le biomasse provenienti dal comparto agricolo sono rappresentati dalle ramaglie che derivano dalle annuali e periodiche attività di manutenzione e cura dei vigneti, uliveti, agrumeti, frutteti e mandorleti; questo materiale, generalmente bruciato in campo, se opportunamente raccolto, potrebbe essere convenientemente usato per scopi energetici. Le coltivazioni più estese riguardano la vite concentrati maggiormente nella parte occidentale dell'isola, e l'ulivo diffuso in maniera uniforme sul territorio regionale. La potatura

dell'ulivo avviene regolarmente ogni anno producendo un elevato quantitativo di residui. Bisogna inoltre considerare che ogni tonnellata di olive produce circa il 25% di sansa, che già viene utilizzata o venduta dagli oleifici per scopi energetici. La quantità di sansa prodotta in Sicilia è di circa 506.000 t. La stima del residuo della vite viene calcolata in base ad uno studio del CNR dove attraverso una formula viene messo in relazione il residuo di potatura della vite con la produzione della coltivazione; la vite è caratterizzata da una duplice potatura essa ha dunque un coefficiente di produttività di residui di 2,5 t per ettaro.

7.2 Analisi e proposte per l'utilizzo delle biomasse forestali ed agricole per la produzione di energia

L'aspetto che è stato principalmente considerato nello svolgimento del presente studio è quello relativo al bilancio dell'offerta di biomasse forestali e agricole utilizzabili a fini energetici. I risultati mettono in evidenza come indipendentemente dalla tipologia di combustibile considerato per tutto il territorio si verifica un bilancio, almeno in linea teorica, distribuito in tre zone geografiche del territorio siciliano (capitolo 3.3.7). Va comunque considerato che la produttività accertata resta talvolta inutilizzata in bosco per effetto delle carenze infrastrutturali (mancanze di strade forestali) e della scarsa organizzazione della filiera foresta legno che non consentono un utilizzo razionale e conveniente delle risorse forestali. Questi due aspetti sono particolarmente pertinenti se si considera quanto avviene in Austria ad esempio, in cui, pur in presenza di contesti forestali in larga misura assimilabili alle regioni italiane alpine, l'offerta di biomassa risulta essere consistente, strutturata e organizzata in un mercato efficiente.

Alla luce dei risultati dell'analisi si intende proporre un orientamento che per certi versi risulta essere innovativo e sicuramente alternativo alla realizzazione di impianti di grande dimensioni orientati alla produzione prevalente di energia elettrica.

Si ritiene che possa essere interessante approfondire studi a scala locale per la eventuale realizzazione di impianti di produzione di dimensioni non superiori a 1000-2000 KWt.

Il sistema nazionale foresta-legno-energia, se da un lato non sembra garantire la convenienza economica nel produrre e concentrare elevati quantitativi di biomassa legnosa, dall'altro lascia intravedere opportunità nello sfruttamento locale delle risorse agro-forestali. La graduale diffusione dell'uso delle biomasse legnose a fini energetici attraverso impianti termici di piccola e media scala nel medio periodo

potrebbe portare ad una maggiore apertura dei mercati dei combustibili legnosi e alla realizzazione di progetti di più ampia scala. Se a questo aspetto aggiungiamo il conseguente aumento della conoscenza tecnica dei combustibili legnosi e delle innovazioni tecnologiche per produrli ed utilizzarli, possiamo aspettarci numerosi benefici economici, sociali ed ambientali.

Contrariamente ai grandi impianti per la produzione di energia elettrica che presentano alcuni impatti ambientali negativi legati all'approvvigionamento, le mini-reti e gli impianti termici di piccola scala localizzati in territorio rurale (e in particolare collinare e montano) trovano in genere un ampio consenso da parte dalle comunità locali, che riconoscono nell'utilizzo del legno una modalità corretta di valorizzazione di una risorsa energetica rinnovabile.

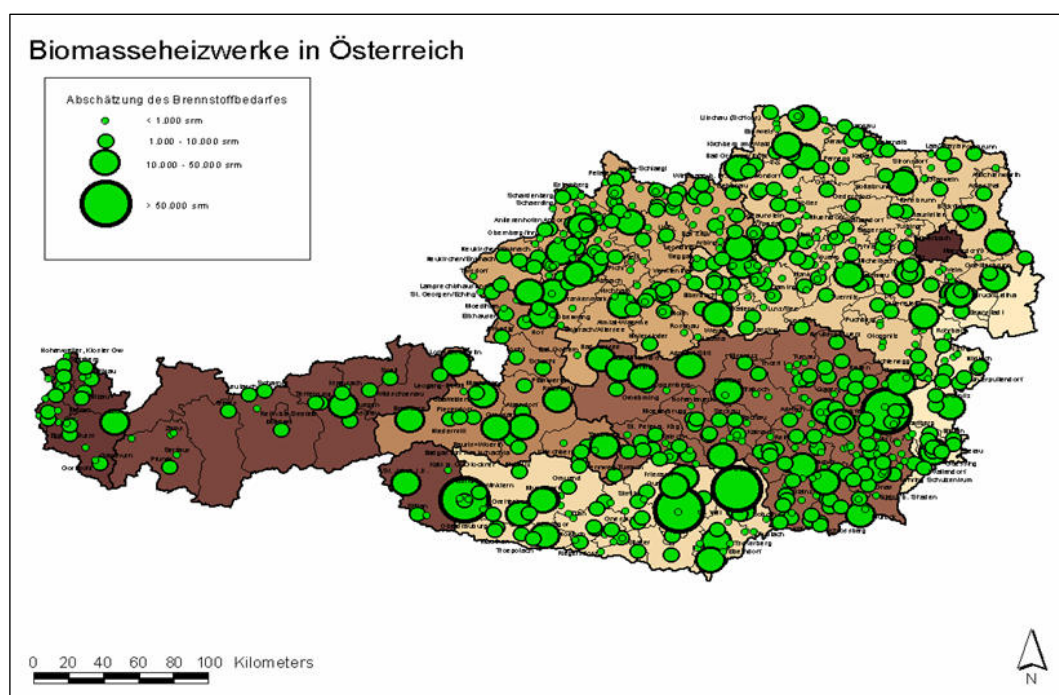
Va, peraltro, ricordato che in questi territori operano un numero limitato di imprese di taglio ed esbosco. L'attività lavorativa nel settore forestale non esercita grande capacità attrattiva (stagionalità e condizioni dure del lavoro in foresta sono forti detrattori rispetto alla manodopera giovanile). L'offerta su scala locale di biomasse è di conseguenza abbastanza rigida e, quando le quantità di cippato richieste dagli impianti diventano significative, l'approvvigionamento dall'estero è nella quasi totalità dei casi una scelta obbligata. Vale la pena sottolineare che l'Italia è il primo paese importatore in Europa di cippato e che questo mercato allo stato attuale presenta rischi economici e talvolta problemi ambientali e sociali (importazioni da PVS legati a forme di gestione forestale non sostenibile). Sul mercato italiano operano in effetti gruppi industriali¹ in grado di occuparsi della logistica, dei trasporti e della produzione di notevoli quantità di cippato di legno da numerosi paesi esteri.

Anche la produzione di cippato a partire da assortimenti legnosi attualmente considerati scarti delle produzioni agro-forestali e dai processi di trasformazione del legno è condizionata da fattori di rigidità dell'offerta, oltre che dalla competizione esercitata dalla domanda delle industrie dei pannelli.

In molte regioni italiane, le Enti Regionali tendono a stimolare lo sviluppo endogeno di filiere locali con il finanziamento di nuovi investimenti, la creazione di nuove

¹ Si veda, ad esempio, la ICL <http://www.iclspa.com/index.html>

figure professionali e contrattuali² e aziendali. Il modello di riferimento sembra essere l'esperienza dell'Austria (e in effetti la diffusione di tale modello è iniziata in Italia dall'Alto Adige e coinvolge prioritariamente il Nord-est), dove negli ultimi quindici anni si è assistito ad una graduale introduzione di innovazioni tecnologiche e ad una parallela diffusione di impianti termici di piccola e media taglia a servizio di edifici pubblici e privati. Allo stato attuale, come evidenziato nella figura, sono operativi oltre 6000 impianti di piccola e media taglia.



Fonte: AIEL

Un ulteriore elemento di interesse da sottolineare al fine di stimolare proficue strategie di sviluppo energetico, riguarda l'opportunità di favorire la cogenerazione

² Il *contracting* è un'area di forte innovazione nel settore, con la creazione di "servizi-calore" molto simili alle iniziative delle ESCO.

dalla combustione di biomasse legnose. Questo aspetto è importante per raggiungere gli obiettivi ambiziosi degli accordi internazionali in materia ambientale e di sviluppo delle energie rinnovabili. Attraverso la realizzazione di una rete di teleriscaldamento è possibile da un lato recuperare il calore dalla combustione per produrre l'energia elettrica e dall'altro produrre i certificati verdi. I primi impianti di cogenerazione a livello nazionale riguardavano grandi centrali termiche a prevalente funzione di energia elettrica; negli ultimi anni si è assistito ad una diminuzione delle taglie e all'introduzione di nuove soluzioni tecnologiche che garantiscono la convenienza economica anche agli impianti a partire dai 500 KWt. In futuro non è escluso la diffusione di impianti di cogenerazione anche per impianti a servizio di utenze domestiche come dimostrano le caldaie a *pellet* dotate di motore Stirling.³

³

Vd. http://www.kwb.at/it/index.php?option=com_content&task=view&id=105&Itemid=133

8 CONCLUSIONE

Il presente elaborato presenta una analisi per la definizione di distretti energetici per la Regione Sicilia.

Un'analisi di maggiore dettaglio potrebbe essere condotta tramite l'utilizzo di una carta forestale regionale o dei dati dell'Inventario Forestale Nazionale.

Comunque, l'analisi illustra come la Regione Sicilia considerando le classi di copertura del suolo sia di bosco che agricole presenta un bilancio tra domanda ed offerta di biomassa legnosa per usi energetici di gran lunga positivo con un eccedente di circa 2,4 Mt. Infatti, la Regione Sicilia nonostante sia caratterizzata da una copertura forestale molto ridotta compensa da estese superficie di colture agricole, frutteti, vigneti ed oliveti. Per di più, la Regione Sicilia, per la situazione geografica, presenta valori di consumo di biomassa legnosa per usi energetici tra i più ridotti del territorio nazionale.

La metodologia applicata a scala regionale non intende sostituirsi a studi e indagini di dettaglio sulla domanda e offerta di combustibili legnosi finalizzati alla gestione operativa del settore su scala locale ma permette di supportare un livello di pianificazione di tipo strategico finalizzata all'orientamento e alla formulazione di politiche di settore. Più che a valori assoluti e quantitativi, tale metodologia dà origine a valutazioni relative e qualitative utili alla classificazione del territorio in aree con caratteristiche omogenee e all'identificazione di aree geografiche d'intervento prioritario.

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

9 BIBLIOGRAFIA:

- AA.VV., 1997 a. Commissione Europea “Energia per il futuro: le fonti energetiche rinnovabili – Libro Bianco per una strategia e un piano d’azione della comunità”
- AA.VV., 1997 b. Progetto U.E. Saving optimizing renewable traditional energy, ARSIA – Regione Toscana
- APAT 2006. Sostenibilità, diversità e conservazione del territorio. Atti Convegno Culture a scopo energetico e ambiente.
- APAT, 2003. Le biomassa legnose. Un’indagine delle potenzialità del settore forestale italiano nell’offerta di fonti di energia. Rapporti APAT 30/2003. 99 p. ISBN 88-448-0097-7.
- APAT, 2005. La realizzazione in Italia del progetto Corine Land Cover 2000. APAT, Rapporti 36/2005, pp. 86.
- Baldini S, Picchio R., 2003. Meccanizzazione in montagna, Monti e Boschi n.2 del 2003
- Beccali M, Colomba P., D’Alberti V, Franzitta V 2008. Assessment of bioenergy potential in Sicily: A GIS-based support methodology. Biomass and Bioenergy (2008), doi:10.1016/j.biombioe.2008.04.019
- Cardona F., Colomba P., D’Alberti V., Franzitta V., Ragusa in stampa. Indagine tecnica ed economica per lo sfruttamento ai fini energetici dei tralci di potatura della vite.
- Ciancio O. e Nocentini S., 2004. Il bosco ceduo. Selvicoltura, assestamento, gestione. Accademia Italiana di Scienze Forestali, Firenze.
- Cotana F., Costarelli I., 2005. Impianti sperimentali per il recupero energetico di vite, olivo e frutteti – Centro Ricerca Biomasse Università degli studi di Perugia
- FAO. 2006a. Woodfuel Integrated Supply / Demand Overview Mapping (WISDOM) - Slovenia - Spatial woodfuel production and consumption analysis. Prepared by R. Drigo and Ž. Veselič. FAO Forestry Department – Wood Energy Working Paper. See: <http://www.fao.org/docrep/009/j8027e/j8027e00.HTM>
- Francescato W., 2006. Tecnologie per la conversione energetica del legno, AIEL associazione italiana energie agroforestali
- Gelletti R., Jodice R., Mauro G., Migliardi D., Picco D., Pin M., Tomasinsig E., Tommasoni L. 2006. Energia dalle biomasse le tecnologie, i vantaggi per i processi produttivi, i valori economici e ambientali. C.E.T.A. – Centro di Ecologia Teorica ed Applicata di Gorizia, Università degli Studi di Udine - Dipartimento di Energetica e Macchine, Aprile 2006
- Gerardi V. e Perella G., 2001. I consumi energetici di biomassa nel settore residenziale in Italia nel 1999. ENEA, Roma.
- Gerardi V., Perella G. e Masia F., 1998. Il consumo di biomassa a fini energetici nel settore domestico. ENEA, Roma.
- Giuca S., 2007. Le biomasse agro-forestali: fonte energetica, uso sostenibile delle risorse e sviluppo per le aree rurali. Sviluppo Rurale n. 11 pp. 4-11. Maggiore C. 2008. Biomassa per usi energetici. Progetto INNOVA Misura 3.13 – Progetto n°1999/IT.16.1.PO.011/3.13/7.2.4/333.
- Hellrigl B., 2002. L’uso energetico del legno nelle abitazioni in Italia. Sherwood n.75.
- IFNI, sito web. Documenti relativi all’ Inventario nazionale delle foreste e dei serbatoi di carbonio. <http://www.ifni.it/>
- ISAF, 1988. Inventario Forestale Nazionale Italiano 1985 (IFNI 85). Istituto sperimentale per l’Assestamento forestale e per l’Alpicoltura.

ISTAT, 2006. Atlante Statistico dei Comuni. Versione 1.0 del 19/07/2006. Progetto interdipartimentale “Informazione statistica territoriale e settoriale per le politiche strutturali 2001-2008”. http://www.istat.it/dati/catalogo/20061102_00/

Mezzalana G., 2003. Le nuove utilizzazioni del legno. Terra e Vita n°11.

Rapporto di Valutazione ex-ante Programma di Sviluppo Rurale 2007-2013 2007. www.gsel.it

Regione Piemonte. 2003. L'utilizzo del legno come fonte di calore. Manuale tecnico edito a cura di IPLA

SAM (2004). Standard di buona gestione forestale per i boschi appenninici e mediterranei. [online] URL: <http://www.fsc-italia.it/download/standard/SAMdef.pdf>

Spinelli R., Magagnotti M., 2006. I residui di potatura nel mercato delle biomasse. MMW n. 3/2006, pp. 52-59.

Spinelli R., Verani S. 2002. La raccolta della biomassa derivante dalle operazioni selvicolturali. In: Biomasse agricole e forestali a uso energetico. AGRA editrice, Roma.

Trossero M., 2000. The current wood energy use in Europe. Lavoro presentato alla Conferenza “woody biomass as an energy source challenges in Europe”. EFI, University of Joensuu, Ita Bionergy, Cost E21, Silva Network. 25-28 Settembre 2000. Joensuu, Finlandia

Zullo L., Fiorese G., Gatto M., Guariso G., Consonni S., 2005. Stima della disponibilità di biomassa e alternative di utilizzo energetico: un'applicazione alla provincia di Piacenza. XV Congresso della Società Italiana di Ecologia. <http://www.xvcongresso.societaitalianaecologia.org/articles/>