

Località Piacenza	Doc. n. R 2.2/1	
Progetto ECATE	Rev. 0	

Progetto E.C.A.T.E. Efficienza e Compatibilità Ambientale delle Tecnologie Energetiche



> POTENZIALITÀ DELL'UTILIZZO DI BIOMASSE E DI RESIDUI

NOTA : IL PRESENTE DOCUMENTO E' EMESSO IN REVISIONE 0, IN PRIMA EMISSIONE. ESSO PUO' ESSERE SOGGETTO A FUTURE REVISIONI

					1
0	Prima emissione	Ing. Fiorese			Maggio06
REV	DESCRIZIONE	ELABOR	VERIFICATO	APPROVATO	DATA

**LEAP / Relazione Semestrale
Sottoprogetto 2. Obiettivo Realizzativo 2.**

**>POTENZIALITÀ DELL'UTILIZZO ENERGETICO DI
BIOMASSE E RESIDUI IN PROVINCIA DI PIACENZA**

**METODOLOGIA PER LA STIMA DELLE BIOMASSE DA
SOTTOPRODOTTI E RESIDUI E DA COLTURE ENERGETICHE**

A cura di:

**Marino Gatto, Stefano Consonni, Giorgio Guariso, Paco Melià, Giulia Fiorese,
Gianmarco Paris, Lorenzo Zullo**

INDICE

<i>1. INTRODUZIONE</i>	4
<i>2. SITUAZIONE ENERGETICA DELLA PROVINCIA DI PIACENZA</i>	5
2.1 Import energetico.....	5
2.2 Export energetico.....	7
2.3 Produzione interna di energia.....	7
2.4 Bilancio energetico.....	9
2.5 Produzione da fonti rinnovabili e da rifiuti.....	11
<i>3. ANALISI DEL TERRITORIO PIACENTINO</i>	12
3.1 Descrizione amministrativa e presenza antropica.....	12
3.2 Descrizione geomorfologica.....	13
3.3 Clima e precipitazioni.....	14
3.4 Attività economico-industriali.....	14
3.5 Aziende agricole e superficie.....	16
3.6 Allevamento.....	17
<i>4. BIOMASSE UTILIZZABILI IN PROVINCIA DI PIACENZA</i>	19
4.1 Settore forestale.....	20
4.2 Settore industriale.....	21
4.3 Settore agricolo.....	21
4.4 Allevamenti.....	22
4.5 Colture energetiche.....	22
4.6 Schema di sintesi: classificazione delle biomasse.....	23
<i>5. METODI DI STIMA DELLA DISPONIBILITÀ DI BIOMASSA</i>	26
5.1 Residui forestali.....	26
5.2 Residui industriali.....	29
5.3 Residui agroalimentari.....	31
5.4 Reflui zootecnici.....	32
5.5 Biomassa ottenibile da coltivazioni energetiche.....	33
<i>6. CONCLUSIONI</i>	34
<i>BIBLIOGRAFIA</i>	35

1. INTRODUZIONE

Con l'entrata in vigore del protocollo di Kyoto sono divenuti necessari la ricerca e l'impiego di fonti energetiche rinnovabili che possano contenere la dipendenza dai combustibili fossili, riducendo così le emissioni di gas serra in atmosfera: le biomasse rappresentano una possibilità concreta e attuale in tal senso. In questa ricerca si intendono valutare le potenzialità energetiche, ambientali ed economiche dell'utilizzo delle biomasse nella regione Emilia Romagna. In particolare, durante il primo anno, la ricerca è rivolta alla provincia di Piacenza, per poi essere estesa, negli anni successivi, a tutta la Regione.

Per quanto riguarda la provincia di Piacenza, quindi, la prima parte della ricerca, presentata in questa relazione del primo semestre di attività, è rivolta alla stima della disponibilità di biomassa presente sul territorio. Solo nella seconda parte, invece, saranno analizzate le possibili alternative di utilizzo, distinte per la tecnologia impiegata e l'utilizzo concentrato o distribuito in impianti di grossa o piccola potenza.

Come fonte di biomassa sono stati presi in considerazione il settore agroalimentare, il settore industriale, gli allevamenti, le aree boschive e le aree destinabili a coltivazioni energetiche. Una differenziazione è stata effettuata tra biomasse secche e biomasse umide: le prime destinate a processi fisici di combustione, le seconde a processi biologici di fermentazione anaerobica. La forma finale di energia in entrambi i casi è l'elettricità e/o il calore. Il problema della stima è stato affrontato attraverso l'impiego di banche dati, studi statistici e l'utilizzo di software capaci di analizzare ed elaborare immagini satellitari; lo sviluppo di modelli matematici *ad hoc* ha invece permesso l'individuazione e l'ottimizzazione degli scenari di utilizzo.

Questa relazione si suddivide in una prima parte di inquadramento generale (capitoli 2-3) e in una seconda parte di presentazione del metodo delineato per la stima delle biomasse disponibili (capitoli 4-5). Il capitolo 2 descrive la situazione energetica della provincia di Piacenza, analizzando i consumi e le produzioni, l'import e l'export di energia e l'incidenza dell'utilizzo delle fonti energetiche rinnovabili attualmente utilizzate. Nel capitolo 3 viene descritto il territorio piacentino dal punto di vista amministrativo, geomorfologico, climatico ed industriale, allo scopo di facilitare l'individuazione delle biomasse ricavabili in questa area. Nel capitolo 4 vengono motivate e descritte le scelte relative alle tipologie di biomasse selezionate; sono poi descritte, nel capitolo 5, le metodologie adottate per la stima.

2. SITUAZIONE ENERGETICA DELLA PROVINCIA DI PIACENZA

Per poter dare una visione generale della situazione energetica piacentina è necessario considerare le importazioni e le esportazioni di energia (o di vettori energetici) e la produzione interna per elaborare un bilancio energetico generale che permetta di calcolare il consumo provinciale totale e il consumo pro capite. Come indicatori di sostenibilità verranno considerati la variazione negli anni della quota percentuale di consumo annuale netto da fonti rinnovabili e la dipendenza del sistema socio economico piacentino dalle fonti fossili.

2.1 Import energetico

I dati relativi all'import energetico, tratti dalla banca dati di Unione Camere – Emilia Romagna e a loro volta ricavati dai Bollettini Petroliferi periodici del Ministero dell'Industria e dalle società della Snam, fanno riferimento all'import di combustibili liquidi (benzina, gasolio per trasporto, gasolio per riscaldamento, gasolio agricolo, olio combustibile e GPL) e di metano. Per agevolare il confronto, i dati sono stati convertiti in tonnellate equivalenti di petrolio (tep) secondo le equivalenze riportate in Tabella 2.1

Tabella 2.1: Fattori di conversione in tep utilizzati per agevolare il confronto tra le fonti o vettori energetici.

Prodotto	Equivalenza in tep
1 t Petrolio	1,00 tep
1 t Gasolio	1,08 tep
1 t Olio Combustibile	0,98 tep
1 t GPL	1,10 tep
1 t Benzine	1,20 tep
1000 Nm ³ Metano	0,82 tep

Relativamente all'anno 2002 (ad eccezione dell'olio combustibile delle centrali termoelettriche riferito all'anno 2001) gli import di combustibili liquidi e di metano sono stati i seguenti:

- **Combustibili liquidi** (901.096 tep):
 - benzina: 86.729 tep;
 - gasolio da trasporto 176.804 tep;
 - gasolio da riscaldamento: 7.495 tep;
 - gasolio agricolo: 19.659 tep;
 - olio combustibile: 278.474 tep;
 - GPL: 14.909 tep;
 - olio combustibile per le centrali termoelettriche di Piacenza e Castel San Giovanni (anno 2001): 317.026 tep;
- **Metano** (834.022 tep):
 - metano per l'agricoltura: 1.312 tep;
 - metano per l'industria: 151.864 tep;

- metano per produzione termoelettrica: 274.700 tep;
- metano per la centrale di Sarmato: 209.920 tep;
- metano perso nella distribuzione: 984 tep;
- metano per usi civili: 189.174 tep;
- metano per autotrazione: 6.068 tep.

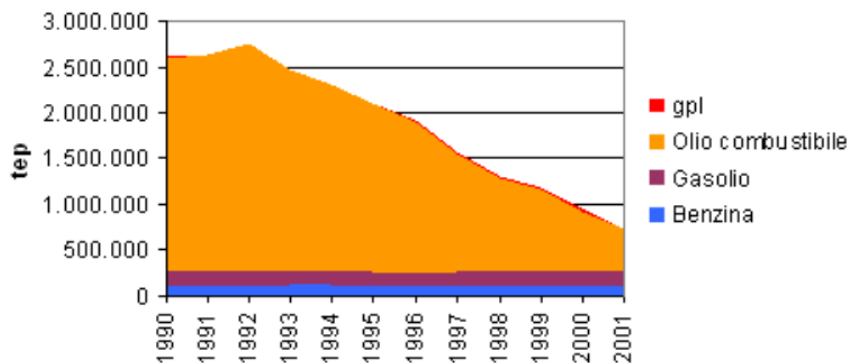


Figura 2.1: Andamento dei consumi totali di combustibili liquidi in tep/anno in provincia di Piacenza.

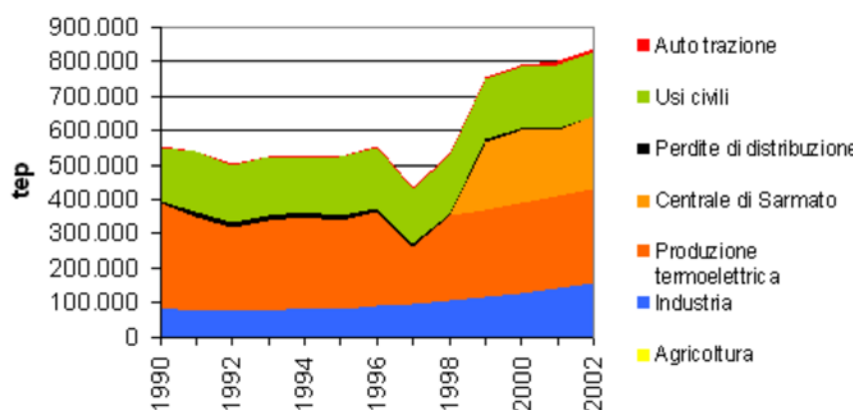


Figura 2.2: Andamento dei consumi totali di metano in tep/anno in provincia di Piacenza.

Se si osserva l'andamento storico dei consumi di combustibili liquidi (Figura 2.1), si può osservare come l'olio combustibile abbia rivestito nel decennio un'importanza preponderante nel bilancio energetico piacentino, coprendo al momento del suo massimo consumo (1992) il 92% del consumo totale della categoria dei prodotti petroliferi. Nel corso del decennio si è tuttavia verificata un'insolita riduzione dei consumi di olio combustibile. Questo può essere spiegato da cambiamenti avvenuti in diversi settori: nell'industria sono avvenuti processi di ristrutturazione di vari settori produttivi (come ad esempio quello dei laterizi); nel settore del riscaldamento è avvenuta una progressiva metanizzazione (l'aumento del consumo di metano è osservabile nel grafico di Figura 2.2); nel settore energetico sono avvenuti processi di conversione volti alla riduzione del consumo di olio combustibile, come ad esempio per la centrale Enel di La Casella [1], che hanno quindi ridotto i consumi di olio combustibile. È da notare, inoltre, un aumento del

consumo del gasolio per autotrazione, dovuto alla lenta espansione dei propulsori diesel, ma la dinamica dei prodotti petroliferi rimane comunque dominata dall'andamento dell'olio combustibile.

2.2 Export energetico

L'export energetico della provincia di Piacenza è determinato dall'esportazione del vettore elettrico dovuto alla presenza di tre centrali termoelettriche connesse in rete. La potenzialità produttiva di queste centrali è di circa 12-14 TWh/anno, mentre il consumo interno si aggira intorno a 1,5 TWh/anno. In realtà l'energia prodotta negli ultimi anni non raggiunge questi valori di massima a causa del basso fattore di utilizzo degli impianti e delle interruzioni di funzionamento della centrale di Castel S. Giovanni dovute al processo di riconversione a ciclo combinato. Osservando l'andamento delle produzioni annuali dal 1990 al 2002 riportato in Figura 2.3 si nota, infatti, la flessione avvenuta a causa del processo di ambientalizzazione e di riconversione della centrale di Castel S. Giovanni. Si parte da 9,7 TWh/anno del 1990, raggiungendo il minimo di 3,0 TWh/anno nel 1998 per poi risalire nel 2002 a 7,2 TWh/anno. Va sottolineato inoltre che nel corso del 2003 sono stati connessi alla rete i quattro nuovi gruppi a ciclo combinato della centrale di Castel S. Giovanni raggiungendo un livello produttivo nettamente superiore [2]. Per stimare l'export effettivo di energia bisogna però sottrarre dalla produzione totale (inclusa la produzione delle sei centrali idroelettriche) il consumo interno provinciale e questo verrà fatto nel Paragrafo 2.4 in cui si effettuerà un bilancio energetico.

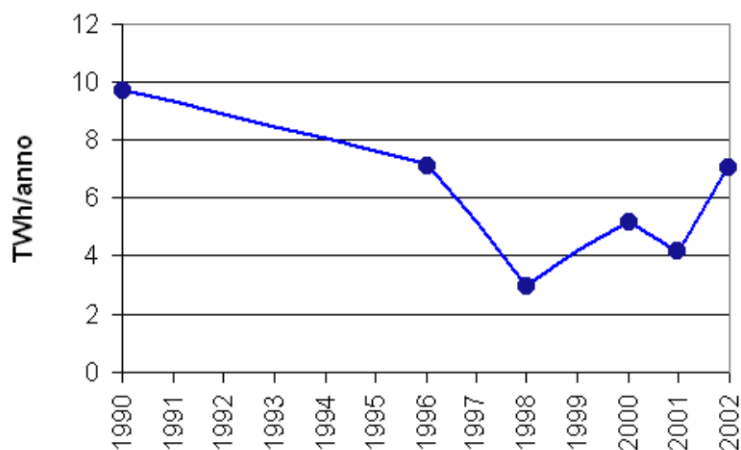


Figura 2.3: Produzione termoelettrica annua in provincia di Piacenza in TWh (i valori compresi tra l'anno 1990 e 1996 sono stati linearmente interpolati a causa della mancanza di dati).

2.3 Produzione interna di energia

In termini di fonti primarie, la provincia di Piacenza può contare significativamente solamente sulla produzione di energia idroelettrica (mini-idroelettrico) e marginalmente (dall'anno 2002) sulla produzione energetica dai rifiuti (non risultano invece censiti i contributi degli

autoproduttori, sia in energia elettrica sia in energia termica). Altre fonti energetiche primarie come il solare termico, il solare fotovoltaico, l'eolico e il geotermico sono praticamente inesistenti. Per quanto riguarda la produzione idroelettrica, sono presenti sul territorio piacentino 6 piccole centrali idroelettriche, la cui dislocazione è mostrata in Figura 2.4:

- Centrale di Losso: 0,7 MW;
- Centrale di Salsominore: 15,5 MW;
- Centrale di Val Boreca: 3,5 MW;
- Centrale di Pianello: 2 MW;
- Centrale di Molato: 2,1 MW;
- Centrale di Isola Serafini: 76 MW.

Nel corso degli anni, dal 1990 al 2002, la produzione idroelettrica totale di queste centrali è rimasta sostanzialmente stazionaria con una media di 0,5 TWh/anno. Un cambiamento è però avvenuto in relazione ai consumi (Figura 2.5); infatti, se all'inizio del decennio la produzione idroelettrica era pari alla metà del consumo elettrico interno della provincia, attualmente risulta pari a circa un terzo [1]. In ogni caso la produzione idroelettrica provinciale rappresenta una parte significativa dell'offerta. Per quanto riguarda la generazione termoelettrica del termo-utilizzatore di rifiuti di Piacenza, esso ha prodotto annualmente circa 17,6 GWh lordi di elettricità. In conclusione dunque, nell'anno 2002 (anno di entrata in funzione dell'impianto di generazione termoelettrica) sono stati prodotti in totale 560 GWh, i quali, se trasformati in tonnellate equivalenti di petrolio con un fattore di conversione di 0,25 tep per MWh, corrisponderebbero a 140 ktep (l'equivalente in tep corrisponde all'entità delle fonti primarie fossili risparmiate).

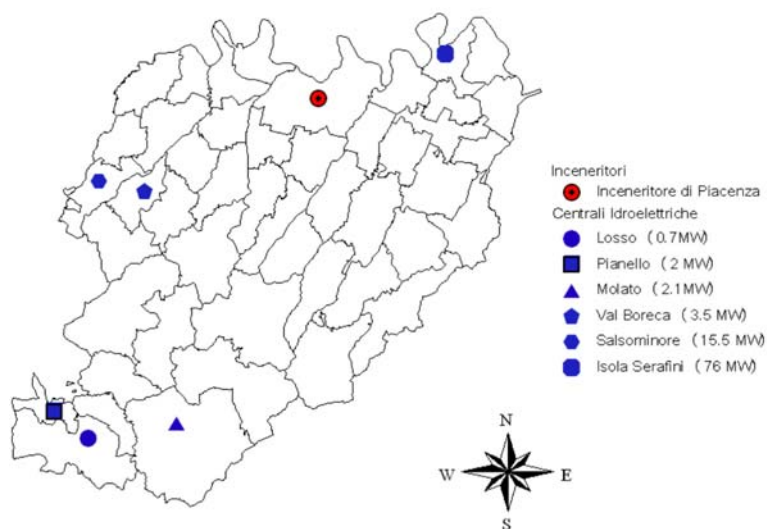


Figura 2.4: Dislocazione e potenza delle centrali idroelettriche e del termo-utilizzatore di rifiuti nella provincia di Piacenza.

2.4 Bilancio energetico

Il bilancio energetico della provincia di Piacenza è composto da importazioni di fonti primarie fossili, da una produzione di energia idroelettrica e dall'esportazione di energia elettrica. Per semplificare la presentazione, verranno scomputati dal bilancio sia l'import di combustibile fossile (metano e olio combustibile) usato nelle centrali termoelettriche per l'export sia l'export di elettricità. Il bilancio è dunque calcolato come differenza tra consumo interno netto e produzione interna (dovuta cioè al mini-idroelettrico e ai rifiuti). Per quanto riguarda il settore elettrico viene dunque considerato solo l'import di combustibile strettamente necessario al consumo interno provinciale di energia elettrica.

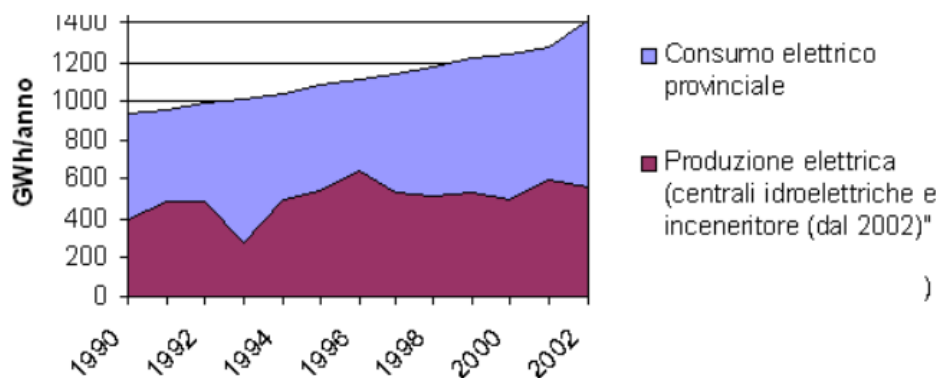


Figura 2.5: Consumo totale e produzione (idroelettrico e termo-utilizzatore) di energia elettrica nella provincia di Piacenza dal 1992 al 2002.

Il bilancio energetico risulta dunque così strutturato:

- **Consumo:**
 - benzine;
 - gasolio per l'autotrasporto, per il riscaldamento e per l'uso agricolo;
 - olio combustibile per il settore produttivo;
 - GPL;
 - metano per l'agricoltura, per l'industria, per il settore civile, per l'autotrazione e perso nella distribuzione;
 - metano e olio per la produzione di energia elettrica assorbita dal consumo interno provinciale (calcolati su una equivalenza di 0,25 tep/MWh);
- **Produzione:**
 - energia prodotta per via idroelettrica;
 - energia prodotta dal termoutilizzatore di rifiuti.

La Tabella 2.2 mostra i dati numerici in tep/anno riferiti all'anno 2002. Un importante indicatore, usato anche come standard internazionale, è il consumo energetico pro capite. Dal bilancio riportato in Tabella 2.2 risulta che il consumo energetico pro capite nell'anno 2002 è stato pari a 4,8 tep per abitante. Questo valore preso singolarmente è però poco significativo in quanto non ci mostra le variazioni temporali ed ingloba sia i consumi civili sia industriali. Risulta utile

ampliare questa panoramica presentando i cambiamenti avvenuti tra il 1990 e il 2002 relativi al consumo energetico civile ed industriale pro capite.

Tabella 2.2: Consumi provinciali e produzioni energetiche da fonti rinnovabili o assimilate riferite all'anno 2002.

Consumo	tep/anno
Benzine	86.729
Gasolio trasporto	176.804
Gasolio riscaldamento	7.495
Gasolio agricolo	19.659
Olio combustibile (settore produttivo)	278.474
GPL	14.909
Metano agricoltura	1.312
Metano industria	151.864
Metano perdite distribuzione	984
Metano usi civili	189.174
Metano trasporto	6.068
Olio e metano per copertura dei consumi elettrici provinciali	352.775
Produzione da fonti rinnovabili o assimilate	tep/anno
Energia idroelettrica	135.430
Energia dal termo-utilizzatore di rifiuti	4.500

Il grafico di Figura 2.6 mostra come sia presente un'inversione di tendenza negli ultimi due anni, ovvero un trend in crescita per consumo energetico totale pro capite. Ciò rappresenta un sintomo preoccupante per la sostenibilità dello sviluppo, legato all'incremento dei consumi elettrici e dei consumi di gasolio per l'autotrazione e di metano. Il consumo energetico pro capite della provincia di Piacenza risulta costantemente superiore a quello della regione Emilia Romagna e a quello nazionale, anche se nel corso del decennio la differenza si è ridotta. Nel 2001 il consumo provinciale (4,1 tep/abitante) è risultato essere del 37% superiore a quello italiano (3 tep/abitante) e paragonabile solo a quello dei paesi europei maggiormente consumatori come la Francia [1].

A scopo esemplificativo, è interessante notare che nei paesi più poveri come il Marocco, l'Egitto o l'intera Asia i consumi annui si aggirano intorno a 1 tep/abitante; dal lato opposto i paesi dell'OCSE (Organizzazione per la Cooperazione e lo Sviluppo Economico) consumano mediamente 4,7 tep/abitante all'anno, mentre Canada e Stati Uniti raggiungono addirittura 8 tep/abitante [1].

Per quanto riguarda il consumo energetico netto annuo pro capite nel settore civile, questo non è condizionato dalla dinamica del consumo di olio combustibile e quindi anche il suo andamento è diverso e più preoccupante. Escludendo infatti la parte relativa al settore produttivo, il consumo pro capite assume un *trend* in continua crescita, raggiungendo negli ultimi anni considerati incrementi pari al 4-5% annuo. L'incremento continuo dei consumi energetici pro capite, seppur in parallelo all'omologo incremento del prodotto interno lordo, è comunque un evidente indicatore di un sistema socio-economico energeticamente non sostenibile [1].

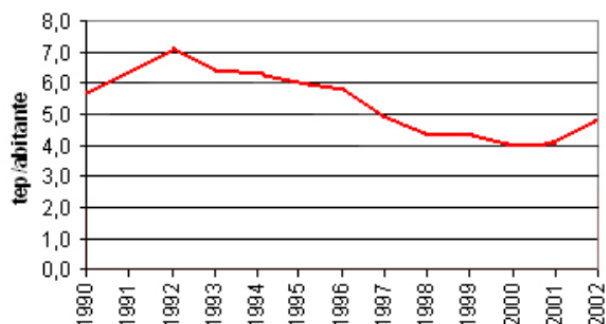


Figura 2.6: Consumo energetico totale annuo pro capite in provincia di Piacenza dal 1990 al 2002.

2.5 Produzione da fonti rinnovabili e da rifiuti

La quota percentuale di consumo annuale netto da fonti rinnovabili e da rifiuti è uno degli indicatori di sostenibilità proposto dall'United Nations Division for Sustainable Development (UN-DSD) e serve a quantificare il grado di dipendenza di una comunità dal proprio stock di fonti energetiche finite.

Nel caso della provincia di Piacenza, questo indicatore è dato dal rapporto tra la produzione provinciale (idroelettrica e da rifiuti) e il consumo netto totale, il tutto convertito in tep. Il grafico di Figura 2.7 mostra l'andamento di questo rapporto dal 1990 al 2002. Dato il piccolo contributo proveniente attualmente dai rifiuti (che comunque non sono propriamente considerabili una fonte rinnovabile) e data la stazionarietà nel tempo della produzione idroelettrica, è facile intuire come il suo andamento sia inverso a quello del consumo totale (che qualitativamente segue l'andamento del consumo totale annuo pro capite di Figura 2.6). È da notare la risalita di questo valore percentuale dal minimo toccato nel 1993 (3,9%) sino ad un massimo nel 2001 (13%); anche se nell'ultimo periodo ha subito un forte calo sino a raggiungere nel 2002 i valori del 1998 (10,9%); questo valore è comunque superiore alla media nazionale (7%). In ogni caso, risulta ancora distante l'obiettivo del 22% di elettricità prodotta da fonti rinnovabili entro il 2010 proposto dall'Unione Europea nella Direttiva n° 77 del 2001.

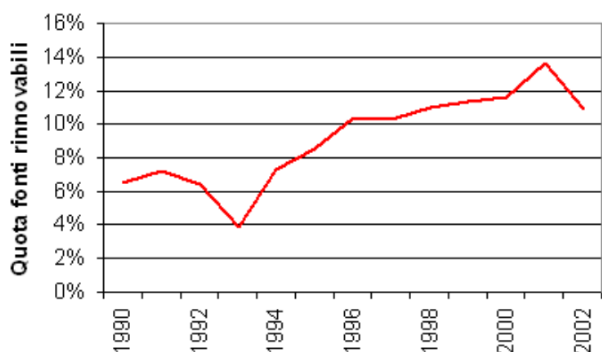


Figura 2.7: Quota percentuale di consumo annuale netto da fonti rinnovabili e da rifiuti in provincia di Piacenza dal 1990 al 2002.

3. ANALISI DEL TERRITORIO PIACENTINO

Le biomasse sono una risorsa di tipo locale nel senso che la loro tipologia e quantità dipende strettamente dall'area da cui vengono ricavate. Lo studio del territorio diventa quindi il punto di partenza per l'analisi della potenzialità delle biomasse. Prima di intraprendere qualsiasi tipo di stima, diviene quindi necessario possedere una conoscenza del territorio nella sua più ampia definizione, includendo non solo gli aspetti prettamente fisici, ma anche quelli socio-economici. Nel seguito sono quindi analizzati la situazione amministrativa della Provincia di Piacenza, la presenza antropica sul territorio, la geomorfologia, il clima e le attività economico-industriali, di cui, nello specifico, le aziende agricole, le superfici da esse occupate e gli allevamenti.

3.1 Descrizione amministrativa e presenza antropica

La Provincia di Piacenza (Figura 3.1), compresa tra i paralleli 44°360' N e 45°100' N e tra i meridiani 9°10' E e 10°10' E, si estende su una superficie di 2.590 km². Piacenza è situata nella parte più occidentale della regione Emilia Romagna e confina a nord e a ovest con la Lombardia (provincia di Pavia, provincia di Lodi e provincia di Cremona), a est con la provincia di Parma, a sud con la Liguria (provincia di Genova), e a sud-ovest con il Piemonte (provincia di Alessandria).

La Provincia di Piacenza ha una popolazione residente di 263.872 abitanti (14° Censimento Generale della Popolazione [3]), suddivisa irregolarmente tra i suoi 48 comuni (vedi Figura 3.2) e la densità media della popolazione è pari 102 abitanti/km². Il comune con il maggior numero di abitanti è ovviamente Piacenza, seguito da Fiorenzuola d'Arda e Castel S. Giovanni, mentre i comuni meno abitati sono Caminata, Cerignale e Zerba. Il 64,9% della popolazione risiede nei comuni di pianura, il 28,5% nell'area collinare e solo il 6,5% nei comuni montani. La maggior parte delle attività produttive è concentrata nella zona di pianura e bassa collina.

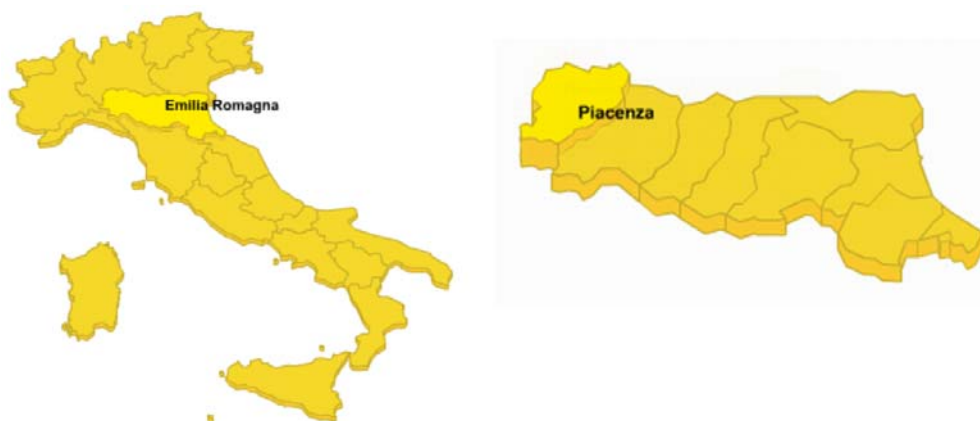


Figura 3.1: Localizzazione della regione Emilia Romagna e della provincia di Piacenza sul territorio nazionale.

3.2 Descrizione geomorfologica

Attraversando la provincia di Piacenza da nord a sud, il territorio si modifica notevolmente passando da un territorio pianeggiante fino ai rilievi appenninici. Le aree pianeggianti (fino a 200 m s.l.m.), collinari (fino a 700 m s.l.m.) e montuose rappresentano rispettivamente il 37,5%, 32,9% e 29,6% della superficie totale provinciale. I rilievi raggiungono quote superiori ai 1.700 m s.l.m. Una caratteristica che risulterà rilevante per l'identificazione dei bacini di raccolta della biomassa è la presenza di quattro vallate principali che attraversano la provincia longitudinalmente (vedi Figura 3.3). In ordine geografico da Ovest verso Est troviamo: Val Tidone, Val Trebbia, Val Nure, Val d'Arda. Le valli prendono il nome dai corsi d'acqua che le hanno scavate e si restringono gradualmente nel passare dalla zona collinare alla zona montuosa sino a trasformarsi in stretti meandri. Le particolari conformazioni idro-geomorfologiche, geologiche e climatiche del territorio piacentino inducono delle variazioni locali per quanto riguarda la diversità di specie vegetali. Il paesaggio provinciale è infatti regolato principalmente dalla graduale variazione altitudinale delle condizioni climatiche che si esprime in una caratteristica zonazione delle formazioni vegetali e che prevede il passaggio dalle foreste mesofile caratterizzate dai querceti misti caducifogli (dalla pianura fino a 800-1000 m di altitudine) alle faggete (a quote superiori).

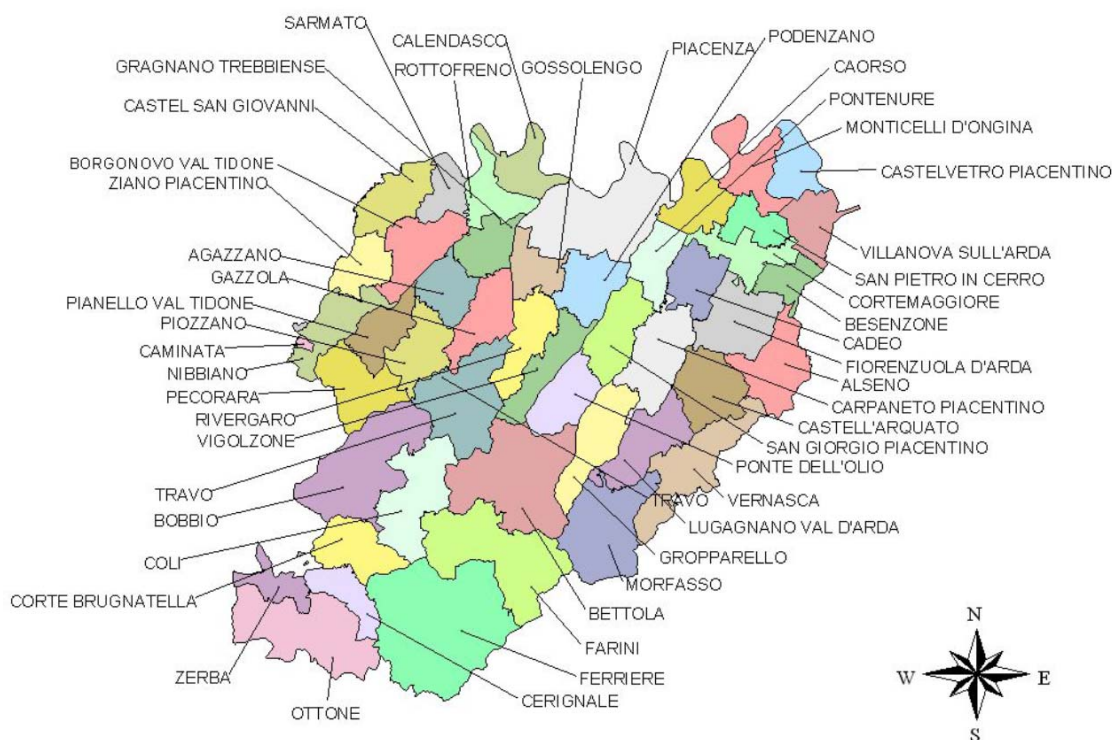


Figura 3.2: I 48 comuni della Provincia di Piacenza.

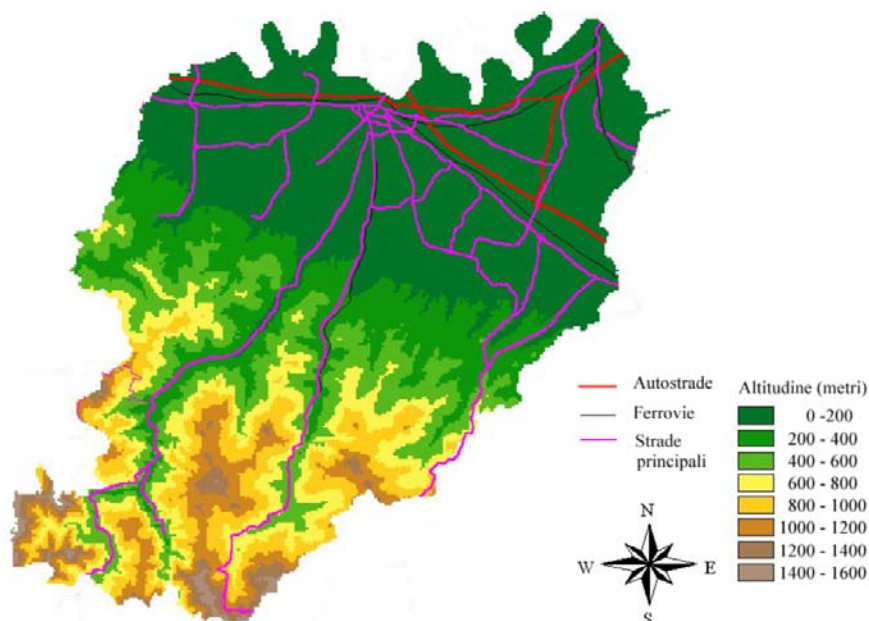


Figura 3.3: Topografia, autostrade, strade principali e ferrovie della Provincia di Piacenza.

3.3 Clima e precipitazioni

I fattori geografici che contribuiscono maggiormente a determinare le caratteristiche termiche del clima del territorio piacentino sono essenzialmente due: la sua collocazione nel cuore della Val Padana occidentale (lontano dalle masse d'acqua mediterranee), che determina soprattutto il carattere di continentalità, e la presenza del rilievo appenninico il quale, come confine meridionale della Val Padana, contribuisce a fornire alla collina le caratteristiche climatiche di versante, mentre come spartiacque con il versante ligure fa giungere alla fascia più alta della montagna piacentina l'influenza del clima sublitoraneo e temperato caldo della Liguria.

Per quanto riguarda le precipitazioni, il territorio piacentino è caratterizzato dal tipico regime sublitoraneo appenninico o padano che presenta due valori massimi delle precipitazioni mensili, in primavera e in autunno, e due valori minimi in inverno e in estate; di questi, il massimo autunnale e il minimo estivo sono i più accentuati. L'altezza totale annua delle precipitazioni è pari a circa 850-900 mm nella fascia della pianura piacentina, 1000-1500 mm nella fascia della media collina e aumenta proporzionalmente con l'altitudine nella fascia montana. A partire dai 400-600 m s.l.m., a parità di quota altitudinale, l'altezza delle precipitazioni subisce un incremento longitudinale dovuto alla prossimità dello spartiacque ligure.

3.4 Attività economico-industriali

Per avere una chiara e semplice visione d'insieme della situazione economico-industriale della Provincia di Piacenza è opportuno mostrare la suddivisione delle imprese e del numero di addetti tra i settori economici più rilevanti presenti sul territorio. All'anno 2001, nell'8° Censimento

Generale dell'Industria e dei Servizi [4] erano presenti sul territorio piacentino 19.320 imprese, suddivise nel seguente modo:

- 33,9%: commercio all'ingrosso e al dettaglio (categoria ISTAT G);
- 16,3%: costruzioni (categoria ISTAT F);
- 14,0%: attività manifatturiere (categoria ISTAT D);
- 11,6%: attività immobiliare, noleggio, informatica e ricerca (categoria ISTAT K);
- 7,3%: alberghi e ristoranti (categoria ISTAT H);
- 6,5%: trasporti, magazzinaggio e comunicazioni (categoria ISTAT I);
- 6,0%: altri servizi pubblici, sociali e personali (categoria ISTAT O);
- 2,3%: intermediazione monetaria e finanziaria (categoria ISTAT J);
- 1,8%: agricoltura, caccia e silvicoltura (categoria ISTAT A);
- 0,1%: istruzione (categoria ISTAT M);
- 0,1%: estrazione di minerali (categoria ISTAT C);
- 0,1%: produzione e distribuzione di energia elettrica e acqua (categoria ISTAT E).

Nello stesso anno, il numero di addetti totale è risultato essere pari a 76.147 unità, così ripartite:

- 35,7%: attività manifatturiere (categoria ISTAT D);
- 22,1%: commercio all'ingrosso e al dettaglio (categoria ISTAT G);
- 12,2%: costruzioni (categoria ISTAT F);
- 10,7%: attività immobiliari, noleggio, informatica e ricerca (categoria ISTAT K);
- 6,5%: trasporti, magazzinaggio e comunicazioni (categoria ISTAT I);
- 5,1%: alberghi e ristoranti (categoria ISTAT H);
- 4,4%: altri servizi pubblici, sociali e personali (categoria ISTAT O);
- 1,8%: intermediazione monetaria e finanziaria (categoria ISTAT J);
- 0,9%: agricoltura, caccia e silvicoltura (categoria ISTAT A);
- 0,4%: produzione e distribuzione di energia elettrica e acqua (categoria ISTAT E);
- 0,2%: estrazione di minerali (categoria ISTAT C);
- 0,1%: istruzione (categoria ISTAT M).

Dal grafico di Figura 3.4 si può osservare come nell'ultimo decennio ci sia stato un generale trend positivo di crescita per quanto riguarda sia il numero delle aziende sia il numero di addetti. Le proporzioni tra i vari settori, mostrate in Figura 3.5, si sono mantenute sostanzialmente costanti ad eccezione del settore relativo alla categoria economica K (attività immobiliari, noleggio, informatica e ricerca) che ha subito un generale aumento rispetto alle altre categorie economiche, soprattutto nell'ultimo decennio in cui è avvenuta un'impennata che ha permesso a tale categoria di passare al quarto posto per numero di addetti presenti sul territorio piacentino.

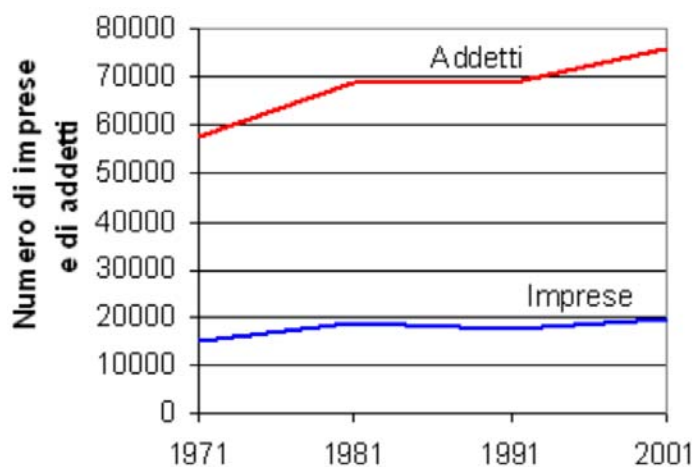


Figura 3.4: Numero totale di imprese e di addetti presenti nella Provincia di Piacenza tra il 1971 ed il 2001 [4].

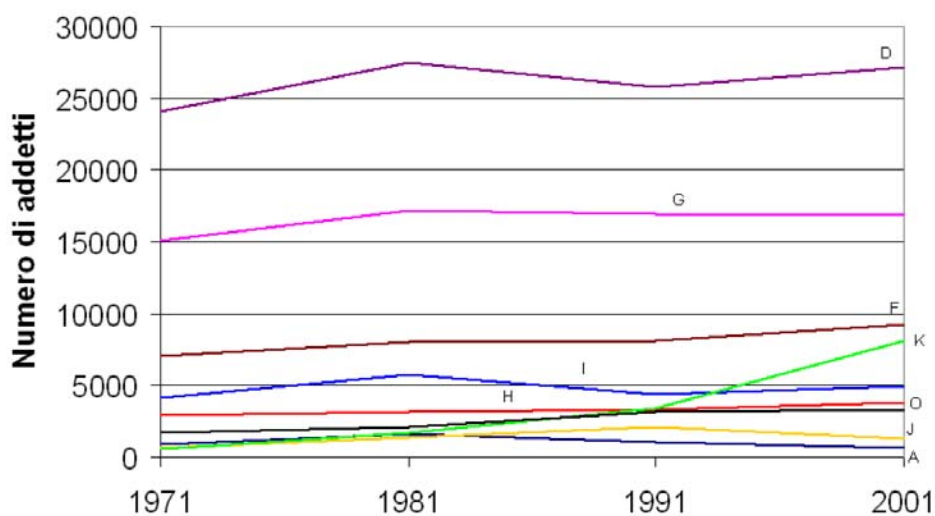


Figura 3.5: Numero di addetti impiegati in Provincia di Piacenza tra il 1971 e il 2001 nelle diverse attività economiche: Agricoltura, caccia e silvicoltura (A), attività manifatturiere (D), costruzioni (F), commercio ingrosso, dettaglio e riparazioni (G), alberghi e ristoranti (H), trasporti magazzinaggio e comunicazioni (I), intermediazione monetaria e finanziaria (J), attività immobiliari, noleggio, informatica, ricerca (K), altri servizi pubblici, sociali e personali (O).

3.5 Aziende agricole e superficie

Per quanto riguarda le superfici agrarie (5° Censimento dell'Agricoltura), nell'anno 2000 il 40% della superficie provinciale era occupato da seminativi, di cui quasi un quinto dovuto al frumento; seguono la vite, il pomodoro, il granoturco, l'orzo e la barbabietola da zucchero [5].

In pianura e bassa collina si ha la prevalenza della monocoltura. In media collina e in montagna gli appezzamenti sono di piccole dimensioni e prevalgono le colture a rotazione (erba medica e cereali, per lo più orzo e frumento) [6].

I dati raccolti dall'ISTAT mostrano inoltre che al 22 ottobre 2000 erano presenti 9.038 aziende agricole nella Provincia di Piacenza, ossia l'8,4% delle aziende dell'Emilia Romagna. Rispetto al 1970 si è registrato un calo delle aziende agricole pari al 37%, ma se affianchiamo a questo dato la superficie agricola complessiva e la Superficie Agricola Utilizzata (S.A.U.) possiamo giustificare questa diminuzione con l'aumento delle dimensioni medie aziendali. Si osserva, infatti, che, mentre la superficie totale occupata dalle aziende piacentine è diminuita del 23% tra il 1970 e il 2000, la superficie media provinciale delle singole aziende agricole, nello stesso intervallo temporale, è aumentata da 11,37 a 18,36 ha, superando la media della Regione Emilia Romagna (pari 13,59 ha nel 2000). Allo stesso modo la S.A.U., che rappresenta la superficie dei terreni destinati a coltivazione (superficie totale al netto delle tare aziendali e delle superfici coperte da boschi) è scesa da 145.000 a 125.000 ha tra il 1982 e il 2000 (-14%) mentre nello stesso periodo la S.A.U media per azienda è aumentata da 8,4 a 14 ha (la media regionale è pari a 10,34 ha). Dai dati risulta che una parte rilevante della perdita di superfici agricole in Provincia di Piacenza è spiegata dalla chiusura di aziende agricole in montagna, a causa di un fenomeno di abbandono dei terreni agricoli parallelo a un processo di accorpamento nel resto della Provincia, prevalentemente in pianura [6].

3.6 Allevamento

La situazione degli allevamenti in Provincia di Piacenza ha subito rilevanti modifiche durante l'ultimo decennio. Dai dati ISTAT relativi all'ultimo Censimento dell'Agricoltura risulta, infatti, che tra l'anno 1990 e il 2000 il numero di capi bovini è diminuito del 31% e quello dei capi suini è calato del 2% [5]. Per quanto concerne invece il numero di capi ovini-caprini ed equini, allevamenti di importanza secondaria nel territorio piacentino, il primo ha subito un aumento del 23% mentre il secondo una diminuzione del 3,2%. Il netto calo dei capi bovini potrebbe essere collegato agli effetti della BSE, l'encefalopatia spongiforme bovina [7].

Data la maggior rilevanza provinciale degli allevamenti di bovini e di suini, è importante analizzare più in dettaglio la dinamica a cui sono stati soggetti negli ultimi anni. Per quanto riguarda gli allevamenti bovini, le aziende sono diminuite dell'86% dal 1970 al 2000, passando da più di 11.000 unità a meno di 1.600. Nello stesso periodo la consistenza media degli allevamenti è però aumentata da 16 a 58 capi, limitando così il calo complessivo del numero di capi al 47%. Ciò dimostra la progressiva specializzazione avvenuta in questo settore. Un'ulteriore prova di questo fenomeno è data dall'incidenza del numero di aziende con bovini sul totale delle aziende agricole, che è passato dal 55% al 17%. Significative differenze sussistono però tra le zone di pianura, collina e montagna (Figura 3.6): si passa, infatti, da una media di 15 capi per azienda in montagna ai 104 capi della pianura.

La situazione degli allevamenti suini ha subito invece un andamento discontinuo. Infatti, dal 1970 al 1980 il numero di capi è raddoppiato (da 75.000 a 157.000 unità), poi è calato del 20% dal 1980 al 1990 per poi risalire nel 2000 (raggiungendo le 124.000 unità). Anche in questo caso si è verificata una considerevole riduzione del numero di allevamenti passando da 753 a 217 dal 1980 al 2000 e un aumento del numero medio di capi da 208 a 570. Anche per i suini c'è una notevole differenza tra pianura e montagna: in pianura, in cui risulta una notevole

concentrazione di impianti industriali, il numero medio di suini per azienda è pari a 1.364 unità; in montagna, in cui invece risulta un maggiore autoconsumo, la media si aggira intorno ai 4 capi.

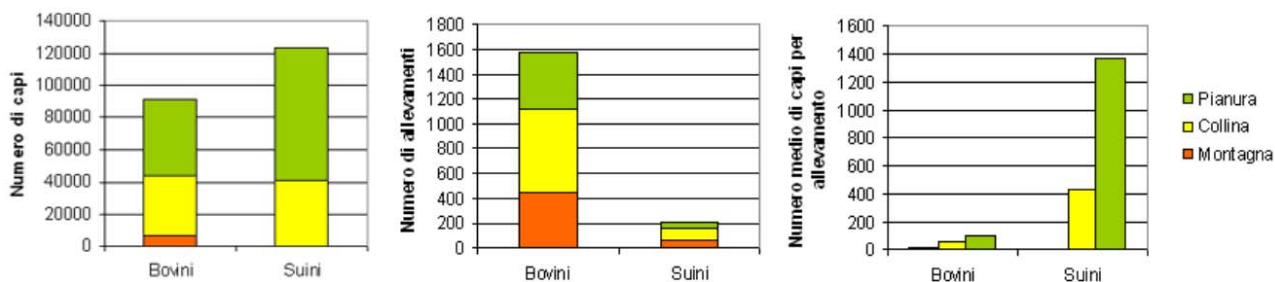


Figura 3.6: Numero di capi, numero di allevamenti e numero medio di capi per allevamento relativamente a bovini e suini rispettivamente in pianura, collina e montagna nell'anno 2000 [5].

4. BIOMASSE UTILIZZABILI IN PROVINCIA DI PIACENZA

Per poter scegliere le biomasse da utilizzare a scopi energetici è necessario innanzi tutto avere una chiara idea di cosa si intenda per biomassa. Vi sono attualmente molte definizioni per questo termine, dalle più generiche alle più specifiche. Qui di seguito ne sono riportate alcune:

- termine che riprende l'inglese *biomass*, col quale si indica la massa costituita da rifiuti organici, da cui è possibile ottenere, mediante diversi sistemi, energia termica (Dizionario enciclopedico Rizzoli Larousse);
- peso della sostanza vivente prodotta dai processi biologici che contiene energia sotto forma di legami chimici;
- sostanza organica prodotta dai processi vitali e parte residuale derivante dalle lavorazioni agricole, agroindustriali e dall'allevamento che può essere utilizzata per produrre energia;
- materiale organico prodotto per fotosintesi e utilizzato per generare energia.

Quello che risulta evidente da queste definizioni è l'origine naturale della biomassa e la possibilità di estrarre energia da essa. Le biomasse possono essere dunque di svariate tipologie (parte dei rifiuti urbani come potature e umido, residui agricoli, alcuni residui industriali, residui forestali, coltivazioni mirate al fine di produrre biomassa, ecc.) e l'energia ricavabile può essere di diverse forme a seconda della tipologia di biomassa e del processo di trasformazione a cui essa è sottoposta.

In particolare, in relazione alla percentuale di umidità relativa, le diverse tipologie di biomassa possono essere destinate a diversi processi di conversione energetica. Un alto contenuto di umidità, tipico ad esempio della barbabietola da zucchero, rende necessario l'utilizzo di un processo basato su reazioni biologiche, come ad esempio la fermentazione; d'altro canto, biomasse con bassi contenuti di umidità sono più appropriate per la gassificazione, la pirolisi o la combustione. In generale, i processi biologici sono preferiti quando l'umidità del materiale è tale che l'energia richiesta per l'essiccazione è superiore all'energia contenuta nella sostanza stessa [8].

Tutte le tipologie di biomassa utilizzate come fonte energetica condividono i medesimi aspetti positivi inerenti alla rinnovabilità della risorsa energetica e alla riduzione delle emissioni di gas serra: la biomassa, infatti, è di per sé una risorsa rinnovabile e la quantità di CO₂ da essa emessa durante la combustione (della biomassa o del prodotto da essa ottenuto) è la medesima che è stata assorbita nel processo di produzione primaria netta (la fotosintesi al netto della respirazione) [9].

Vi sono però alcuni aspetti negativi, diretti o indiretti, che potrebbero sorgere nel caso in cui si sfrutti la biomassa locale in maniera non appropriata. Qui di seguito sono riportati alcuni concetti da tenere in considerazione relativamente a diverse tipologie di biomasse [10]:

- biomasse da rifiuti urbani: la combustione di rifiuti urbani non propriamente differenziati può generare emissioni in atmosfera di sostanze tossiche e di metalli;
- residui agricoli: la completa asportazione dei residui agricoli può accelerare i fenomeni di erosione su terreni particolarmente sensibili al fenomeno;
- sfruttamento forestale: l'eccessivo sfruttamento delle risorse forestali può causare effetti negativi sugli ecosistemi da esse dipendenti;

- coltivazioni energetiche: se non sviluppate in maniera opportuna o su terreni non idonei, possono portare a fenomeni di impoverimento ed erosione del suolo.

In alcuni casi, dal punto di vista economico e ambientale, è più vantaggioso sfruttare altri tipi di colture agricole. Detto ciò, non resta che esaminare quali biomasse conviene utilizzare a fini energetici in Provincia di Piacenza. I settori che prenderemo in considerazione, data la particolare situazione piacentina, sono il settore industriale, il settore agricolo, gli allevamenti, il settore forestale. Considereremo infine anche la possibilità di utilizzo di colture energetiche per la produzione mirata di biomassa a scopi energetici. I rifiuti urbani non saranno presi in considerazione in quanto dal 2002 è entrato in funzione un grande inceneritore che se ne prende carico e quindi sono già utilizzati a fini energetici.

4.1 Settore forestale

Circa il 30% del territorio piacentino (quasi 76.000 ha) è occupato da aree boschive (analisi immagine satellitare Landsat). La maggior parte delle aree boschive è formata da fustaie; la parte restante è gestita a bosco ceduo, semplice o composto. Il settore forestale, per la Provincia di Piacenza, possiede quindi un elevato potenziale per la raccolta di biomasse legnose. Il residuo da noi preso in considerazione è il prodotto non commerciabile, che come tale non può essere immesso sul mercato e che in mancanza di altro impiego deve essere smaltito. Trattandosi di biomassa, le forme di smaltimento attualmente più comuni sono l'interramento o l'abbruciatura, ossia la bruciatura a bordo campo. L'interramento del residuo organico può migliorare la struttura e la fertilità del suolo, ma richiede una certa mole di lavoro. L'abbruciatura è la soluzione più semplice, ma, oltre a non migliorare la fertilità del suolo, è pericolosa ed inquinante. Per questo motivo l'abbruciatura è generalmente vietata. Esiste anche la possibilità di inviare i residui in discarica, ma questa soluzione è scelta solamente da chi effettua la manutenzione del verde urbano [11].

Sembrerebbe dunque che i residui forestali siano un elemento poco utile per chi si occupa della gestione dei boschi e, in effetti, nella maggior parte dei casi ci si limita ad abbandonarli all'interno dei boschi, lasciando che naturali processi di decomposizione svolgano una rapida mineralizzazione (il che avviene, comunque, solo se i residui sono abbastanza fini). Sono molti però i casi in cui il rischio di incendio o di attacchi parassitari sconsigliano l'abbandono e quindi le Prescrizioni di Massima e di Polizia forestale ne impongono la rimozione con notevole aumento di costi per chi si occupa del taglio [11]. È proprio da questo punto di vista che la conversione energetica del residuo forestale appare essere la scelta più indicata.

La raccolta dei residui forestali, che per ragioni pratiche ed ecologiche non può essere totale, può essere effettuata ad un costo variabile tra i 50 e i 70 euro per tonnellata di sostanza secca. Anche includendo 10 euro/ton per il trasporto, il prezzo franco fabbrica non è lontano da quello accettabile per le centrali bioenergetiche di imminente costruzione [11]. Nel breve periodo l'offerta di residui forestali dipende dall'estensione delle pratiche di taglio. Inoltre, il volume totale annuo di legna tagliata dipende da vari fattori tra cui la tipologia di risorse forestali, la modalità di gestione delle aree forestali, le condizioni climatiche e le condizioni economiche [12]. Se si aggiunge inoltre la grande varietà di specie vegetali interessate, la particolare conformazione della zona appenninica e la mancanza di dati appropriati si può intuire come la stima dei residui forestali effettivamente ottenibili non sia compito facile. Nel capitolo relativo ai metodi di stima (Capitolo 5), verranno comunque spiegate tutte le semplificazioni e le ipotesi

che è stato necessario effettuare per questa stima.

4.2 Settore industriale

Le biomasse ricavabili dal settore industriale sono sostanzialmente di due tipi: biomasse provenienti dalle industrie di prodotti alimentari e dalle industrie di lavorazione del legno. Nella Provincia di Piacenza le principali industrie alimentari che potrebbero fornire biomasse idonee alla produzione di energia sono quelle inerenti alla lavorazione del pomodoro e della barbabietola da zucchero. Per quanto riguarda la barbabietola da zucchero, la sua lavorazione non è più effettuata in provincia di Piacenza (fino a circa due anni fa era lavorata nel comune di Sarmato), ma viene esportata. Dunque, dato che la biomassa è intesa come una risorsa da utilizzare a livello locale, non prenderemo in considerazione la barbabietola da zucchero nella nostra stima. Considereremo solo la lavorazione industriale del pomodoro che è particolarmente diffusa sul territorio piacentino.

Per quanto riguarda invece la lavorazione del legno, verranno considerate le industrie appartenenti alla categoria ISTAT DD, ossia le industrie del legno e dei prodotti in legno che includono:

- industrie di taglio, piallatura e trattamento del legno;
- industrie per la fabbricazione di fogli da impiallacciatura, compensato e pannelli vari;
- industrie per la fabbricazione di elementi di carpenteria in legno e falegnameria per l'edilizia;
- industrie per la fabbricazione di imballaggi in legno, sughero e materiali da intreccio;
- laboratori corniciari (solo legno vergine, privo quindi di trattamenti chimici e di eventuali vernici).

4.3 Settore agricolo

Le biomasse provenienti dal settore agricolo che verranno considerate sono quelle derivanti dalle colture maggiormente diffuse sul territorio piacentino: il frumento (tenero e duro), il granoturco, la soia, l'orzo e la vite, la barbabietola da zucchero e il pomodoro. La parte di residui provenienti da queste colture che confluisce nella biomassa agricola è costituita da:

- **frumento e orzo:** paglia. In alcune aree la paglia è recuperata e in altre viene lasciata in campo. Le principali destinazioni correnti sono individuabili in: reimpiego agricolo (come lettiera o come alimento) o uso industriale (industria della carta).
- **granoturco:** stocchi e tutoli. Gli stocchi rimasti in campo vengono, di norma, interrati previa trinciatura. Poiché l'interramento spesso avviene dopo alcuni mesi, la lignificazione dei tessuti vegetali ostacola la mineralizzazione della sostanza organica. Circa i tutoli, non sussiste alcun tipo di utilizzo; le attuali mietitrebbiatrici frantumano e disperdono in campo tale materiale.
- **soia:** steli e foglie. Attualmente questi residui colturali non vengono recuperati in quanto non trovano un valido utilizzo, ma vengono semplicemente interrati per apportare sostanza organica al terreno.
- **vite:** prodotti derivanti dalla potatura. Mentre la legna dendrometrica trova tradizionali reimpieghi energetici, il 90-95% del residuo di potatura è normalmente inutilizzato.

Spesso i sarmenti sono raccolti ai bordi della vigna e bruciati (40-45%) oppure trinciati e interrati, apportando così sostanza organica, macro e micro elementi. La degradazione del materiale interrato è tuttavia lenta.

- **pomodoro:** steli e foglie. I residui attualmente utilizzati vengono impiegati nell'alimentazione zootecnica.
- **barbabietola da zucchero:** foglie e colletti. Attualmente è diffuso l'interramento per il particolare valore fertilizzante.

Per stimare i residui agricoli disponibili per utilizzi energetici, verrà considerata solo quella percentuale dei residui che attualmente non è utilizzata, escludendo quindi la parte già utilizzata negli allevamenti zootecnici o interrata.

4.4 Allevamenti

Gli allevamenti rappresentano un grosso potenziale di biomassa per la provincia di Piacenza per l'elevato numero di aziende di questo settore presenti sul territorio piacentino. Gli allevamenti che verranno considerati sono solamente quelli più importanti per consistenza di capi: allevamenti di bovini e allevamenti di suini. Attualmente i liquami zootecnici rappresentano un utile mezzo di concimazione dei terreni; se però il rapporto fra carico di bestiame e superficie agraria eccede la capacità delle colture di asportare i nutrienti contenuti nei liquami (direttiva nitrati, 91/676/CEE), si possono avere ripercussioni negative sulla qualità delle acque sotterranee e superficiali [13]. In questo caso è possibile ridurre il carico di nutriente e/o il volume dei liquami (per ridurre i costi di smaltimento) per mezzo di trattamenti da realizzare in ambito aziendale (stoccaggio, vagliatura, sedimentazione, ossigenazione, centrifugazione, trattamento depurativo). A questo proposito il trattamento biologico anaerobico rappresenta un'alternativa promettente, in quanto il materiale che si ottiene in uscita da questo processo è un ammendante organico (quindi un fertilizzante); la fermentazione anaerobica consente, infatti, il recupero di energia rinnovabile, la stabilizzazione e la deodorizzazione. A differenza dei reflui, il cui costo di smaltimento in impianti di compostaggio si aggira intorno ai 0,04-0,08 €/kg, il materiale, ormai stabilizzato, uscente dal processo di fermentazione anaerobica possiede un suo mercato e, quindi, un relativo ricavo [13].

L'utilizzo dei liquami in un processo di fermentazione anaerobica permette quindi la produzione di fonti di energia rinnovabile, la stabilizzazione del materiale e non riduce il carico di azoto. Questo processo non preclude quindi il suo utilizzo come fertilizzante; infatti, in seguito ad una separazione solido-liquido, il compostato prodotto può essere ritirato da parte di una struttura interaziendale e trasportato anche a grande distanza (grazie alla riduzione di volume da effettuare in un processo di separazione) verso aree agricole nelle quali sia necessario ristabilire la fertilità dei suoli. La frazione chiarificata, alleggerita del carico di nutrienti, potrebbe invece essere utilizzata a fini agronomici (fertirrigazione) o scaricata nella fognatura pubblica per il trattamento finale in depuratori civili.

4.5 Colture energetiche

L'ultima fonte di biomassa presa in considerazione è quella relativa alle colture energetiche. Tramite le colture energetiche si effettua una produzione mirata di biomassa che, come le altre

tipologie precedentemente descritte, è basata sulla capacità della fotosintesi di convertire l'energia termica e luminosa del sole in energia chimica, la quale verrà liberata successivamente, sotto forma di calore, attraverso i processi di combustione.

Dato che oggi non vi è una domanda di biomassa per energia che giustifichi di per sé la sostituzione delle attuali utilizzazioni agricole e forestali da parte delle cosiddette colture energetiche, ci limiteremo a considerare idonei per questo tipo di coltura solamente i terreni della provincia di Piacenza attualmente classificati come superfici agrarie non utilizzate, ossia l'insieme dei terreni dell'azienda non utilizzati a scopo agricolo per qualsiasi ragione (economica, sociale o altro) ma suscettibili di utilizzo a scopo agricolo mediante l'intervento di mezzi normalmente disponibili presso un'azienda agricola [14]. Da questa classificazione sono esclusi i terreni a riposo, conteggiati nella superficie agraria utilizzata.

Le piantagioni energetiche, dette Short Rotation Forestry (SRF), sono caratterizzate dai seguenti aspetti [15]:

- la produzione è massimizzata su archi temporali brevi;
- sono favorite densità elevate;
- turni di taglio brevi e densità elevate portano ad avere, nell'arco di pochi anni, fusti che possono essere tagliati con mezzi simili a quelli utilizzati per le normali pratiche agricole;
- sono preferite piantagioni meccanizzate.

Tra le varie specie arboree che possono essere utilizzate per la creazione di colture energetiche, considereremo il pioppo, in particolare il clone *Luisa Avanzo*. I dati tecnici di questa pianta verranno presentati nel Capitolo 5 relativo ai metodi di stima.

4.6 Schema di sintesi: classificazione delle biomasse

In sintesi, dunque, possiamo classificare le biomasse che prenderemo in considerazione, relativamente alla provincia di Piacenza, nel seguente modo (le stesse informazioni sono visualizzate nel grafo di Figura 4.1):

- settore industriale:
 - industria agroalimentare: pomodoro;
 - industria del legno: residui della lavorazione del legno;
- settore agricolo: residui di frumento, granturco, soia, orzo, pomodoro e barbabietola da zucchero;
- settore forestale: residui forestali provenienti da cedui e da fustaie;
- allevamento: reflui zootecnici da allevamenti di bovini e di suini;
- colture energetiche: SRF (Pioppi).

Come è già stato anticipato, le tipologie di biomassa sono alquanto differenti tra loro e per questo possono essere sottoposte a differenti processi di trasformazione energetica. Il fattore principale per la scelta del processo è il contenuto di umidità relativa. Diviene così opportuno riclassificare le biomasse in base a biomassa secca e biomassa umida, utilizzando come limite tra le due classi un contenuto di umidità relativa pari al 60%. I dati relativi alle percentuali di umidità delle singole biomasse sono presentati nel Capitolo 5 relativo ai metodi di stima; conviene comunque anticipare la classificazione ottenuta secondo questo criterio (le stesse informazioni sono visualizzate nel grafo di Figura 4.2):

- biomassa secca:
 - industria del legno: residui della lavorazione del legno;

- settore agricolo: residui del frumento, granturco, soia, orzo;
- settore forestale: residui forestali provenienti da cedui e da fustaie;
- colture energetiche: SRF (Pioppi);
- biomassa umida:
 - industria agroalimentare: pomodoro;
 - settore agricolo: residui del pomodoro e della barbabietola da zucchero;
 - allevamento: reflui zootecnici da allevamenti di bovini e di suini.

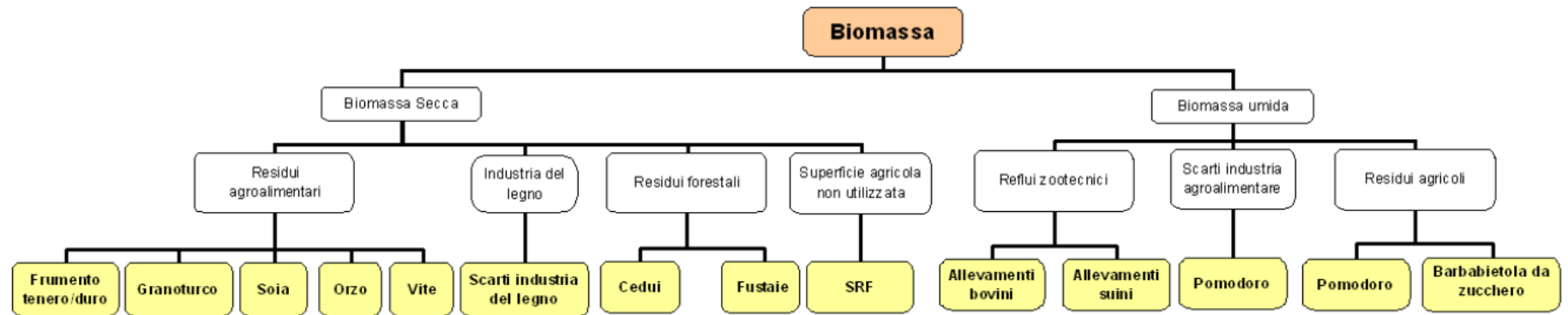


Figura 4.1: Grafo di classificazione delle biomasse in base al settore d'origine.

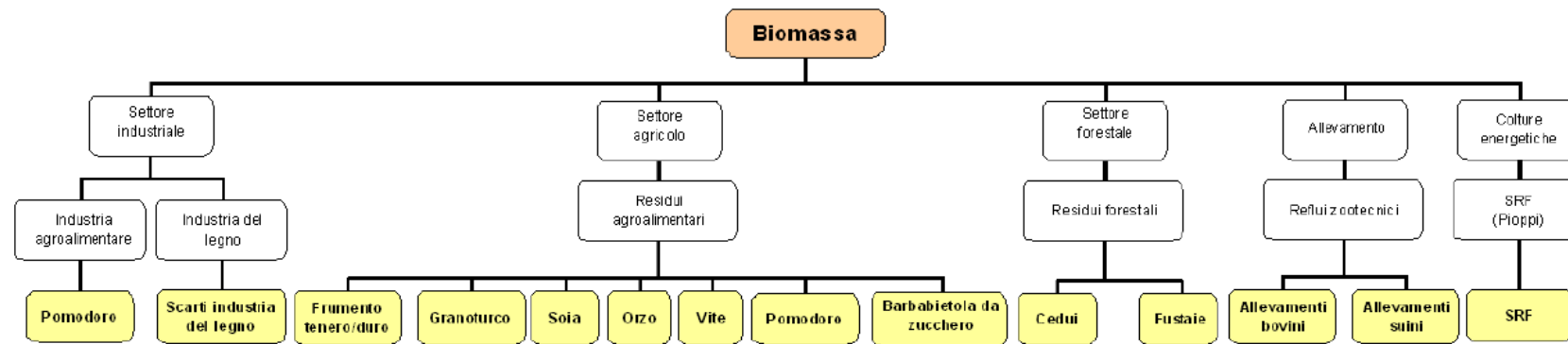


Figura 4.2: Grafo di classificazione delle biomasse in base al contenuto di umidità relativa (biomasse secche e biomasse umide).

5. METODI DI STIMA DELLA DISPONIBILITÀ DI BIOMASSA

In questo capitolo sono presentati i metodi utilizzati per la stima delle biomasse elencate nel capitolo precedente. In questi calcoli entrano in gioco numerosi dati e metodi, proposti da fonti bibliografiche differenti, per ottenere uno stesso risultato. Può capitare che diverse fonti diano risultati discordanti tra loro o che ci sia l'assenza, o non disponibilità, di dati; in questi casi sarà necessario effettuare delle ipotesi o delle semplificazioni del problema per poter arrivare al risultato finale. Per ogni tipologia di biomassa vengono dunque presentate tutte le assunzioni effettuate, i percorsi metodologici seguiti e le fonti informative utilizzate.

5.1 Residui forestali

La superficie forestale provinciale complessiva (boschi, arbusteti, castagneti da frutto, cenosi di ripa, giovani rimboschimenti) raggiunge circa 76.000 ha (esclusi parchi e pioppeti industriali), di cui meno del 2% è localizzato in pianura, quasi il 20% in aree collinari, poco meno del 2% in aree fluviali e la parte restante in aree montane. Nel territorio di montagna la copertura forestale risulta pari a circa 60.000 ha di cui la maggioranza (circa il 90%) è governata a ceduo, quindi molto povera di alberi grandi e maturi [16]. Le vallate piacentine raggiungono indici di boscosità (rapporto tra la superficie boscata e la superficie totale) tra i più elevati a livello regionale, circa il 45-50% [8] e questo rappresenta un grosso potenziale di disponibilità di biomassa da utilizzare a fini energetici per la provincia piacentina.

Per quanto riguarda le tipologie forestali dell'Appennino piacentino, i boschi rappresentano circa l'88% della superficie forestale, seguono le macchie arbustive (5%), i castagneti da frutto (2%) e le cenosi di ripa (1%). I querceti misti occupano la maggiore superficie (valli Tidone e Trebbia: 33%; valli Nure e Arda: 41%), seguono le faggete (valli Tidone e Trebbia: 14%; valli Nure e Arda: 28%), le carpinate (valli Nure e Arda: 7%; valli Tidone e Trebbia: 14%) e i querceti xerofili (valli Nure e Arda: 9%; valli Tidone e Trebbia: 13%). Sono presenti, in minor quantità, anche cerrete, boschi di castagno e cenosi di ripa. Gli impianti di conifere costituiscono solo una piccola porzione del territorio boscato (dal 2 al 4%).

Confrontando le tipologie forestali rilevate nelle Comunità montane del piacentino si evidenziano alcune differenze significative tra le Valli Nure-Arda e le valli Trebbia-Tidone: i dati più significativi riguardano i querceti misti e le faggete maggiormente rappresentati in Val Nure e in Val d'Arda, mentre nelle valli Trebbia-Tidone si rileva una maggiore estensione per querceti xerofili, carpinate, cerrete, boschi di castagno e impianti di conifere [16].

Da questo inquadramento generale appare appieno la difficoltà di identificazione di un metodo valido per la stima dei residui forestali. La grande varietà spaziale e tipologica delle specie vegetali presenti nelle aree forestali e la mancanza di dati a livello comunale, ci obbligano a semplificare il problema senza tenere in considerazione il livello di dettaglio utilizzato per descrivere il contesto su cui si opera.

La conoscenza della dislocazione spaziale a livello comunale delle aree forestali è, infatti, fondamentale per il nostro scopo in quanto sarà necessario localizzare in ogni comune la biomassa ottenibile. Dall'Inventario Forestale della Regione Emilia Romagna [16] non è stato

possibile estrarre dati comunali; perciò si è seguito un percorso alternativo basato solamente sulla distinzione tra aree occupate da boschi cedui (semplici e composti) e da fustaie. Per ottenere questa tipologia di dati a livello comunale sono state utilizzate le seguenti fonti:

- dati censiti dall'ISTAT;
- Corine Land Cover (elaborazione di immagini satellitari).

I dati ISTAT si riferiscono al 5° Censimento dell'Agricoltura del 2000 e differenziano i boschi cedui dalle conifere e dalle aree ricoperte da latifoglie [5]. L'immagine satellitare è invece relativa ad un rilevamento effettuato nel 1992 per la creazione della carta tematica della copertura del suolo Corine Land Cover come parte di un più ampio progetto CORINE (Coordination of Information on the Environment) gestito dalla Commissione Europea. La classificazione da essa ottenibile differenzia conifere, latifoglie e altro. Utilizzeremo quindi la seguente metodologia per affrontare il problema e per ottenere i dati elencati di seguito:

- *superficie occupata da cedui*: l'unico dato a livello comunale di cui disponiamo è fornito dall'ISTAT. Utilizzeremo dunque i dati ISTAT per identificare l'estensione in ogni comune delle superfici occupate da cedui (distinguendo cedui semplici e cedui composti). L'estensione totale provinciale dei cedui ottenuta in questo modo risulta essere coerente con i dati presentati *on line* nel portale della Val Trebbia ricavati dall'Inventario Forestale della Regione Emilia Romagna.
- *superficie occupata da fustaie*: non sono stati utilizzati i dati ISTAT perché, relativamente alle fustaie, dal confronto con la copertura forestale Corine sono sottostimati. Questo dato è stato dunque ottenuto come differenza tra le superfici boschive totali e le superfici boschive governate a bosco ceduo (calcolate nel punto precedente). La superficie totale è stata ottenuta a livello comunale tramite la carta tematica della copertura del suolo Corine Land Cover. Questo valore si discosta da quello fornito dall'Inventario Forestale di alcuni punti percentuali (4%) a causa dell'azione di disboscamento avvenuta tra il 1992 (data dell'immagine satellitare) e il 1998 (ultimo aggiornamento dell'Inventario Forestale). Questa è dunque un'approssimazione che dobbiamo accettare per poter disporre di dati a livello comunale.

A questo punto, è necessario adottare un metodo per il calcolo della quantità di residui forestali ottenibili per ogni ettaro di bosco ceduo e di fustaie. A tale scopo si è utilizzato uno studio svolto dall'ANPA (Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente), che gentilmente ci ha reso disponibili i dati a livello provinciale [17]. I dati a disposizione contengono informazioni relative alla percentuale di superficie tagliata annualmente e le rispettive quantità di residui forestali. Però le percentuali di taglio assumono valori relativamente bassi (0,8% per i cedui semplici, 0,4% per i cedui composti e 0,3% per le fustaie) e questo significa che i turni di taglio sarebbero troppo lunghi per essere realistici (rispettivamente 125, 250 e 333 anni). La motivazione di questa discrepanza può essere dovuta sostanzialmente a due fattori: le superfici tagliate non sono state tutte censite e/o alcune superfici non sono soggette a taglio periodico, a causa della conformazione del territorio appenninico e alla conseguente irraggiungibilità di alcune aree. Purtroppo non siamo a conoscenza della locazione delle percentuali di taglio censite e quindi non possiamo utilizzarle. L'unica cosa che possiamo fare, dato che lo scopo è calcolare il potenziale delle biomasse, è di considerare soggette a taglio periodico tutte le aree boschive della provincia, escludendo le superfici con pendenza troppo elevata.

Tramite un DEM (Digital Elevation Model) e l'utilizzo di un GIS (Arcview) si è provato a selezionare le aree con pendenze elevate. Il risultato è apparso però poco soddisfacente in

quanto, a causa della bassa risoluzione del DEM disponibile (celle di 250m x 250m), non è stato possibile stimare le zone effettivamente caratterizzate da pendenze elevate presenti nell'Appennino. La Figura 5.1 mostra una visualizzazione dell'esposizione della provincia ai punti cardinali e una mappa tematica delle pendenze. Le pendenze sono inoltre sintetizzate nel grafico di Figura 5.2. La bassa attendibilità del risultato è dovuta al fatto che è poco credibile che su tutta la superficie appenninica della provincia, solamente 1.100 ha abbiano pendenza compresa tra i 30 e i 35 gradi e 300 ha abbiano pendenza superiore ai 35 gradi.

Per quanto detto sopra, non ci resta che considerare tutte le superfici boschive come potenziale fonte di residui forestali considerando veritiera l'ipotesi che la quasi totalità delle aree attualmente non raggiungibili possano diventarlo grazie all'apertura di nuove strade forestali o allo sviluppo tecnologico di nuovi mezzi idonei a lavorare su pendenze elevate. Questa approssimazione in eccesso permette di bilanciare la bassa percentuale (da 0,3 a 0,8%) di superficie forestale sottoposta al taglio, che probabilmente è un valore sottostimato.

Non rimane che calcolare le produzioni annue per ettaro. A questo scopo utilizziamo lo studio effettuato dall'ANPA. Secondo la stima da loro effettuata, nell'anno 2001, sono state ottenute le quantità di legna (legna da lavoro e da energia) presentate in Tabella 5.1. Queste quantità di legna non sono però le quantità di legna ottenibili annualmente da un ettaro di bosco in quanto dopo il taglio il bosco deve ricrescere e quindi prima del successivo taglio bisognerà attendere decine di anni. Per calcolare la produttività annua di un bosco bisogna, quindi, conoscere i turni di taglio. Secondo le Prescrizioni di Massima e Polizia Forestale della Regione Emilia Romagna (art. 47 e art. 57 PMPF) i turni minimi di taglio variano con la tipologia di bosco e i loro valori sono visualizzati in Tabella 5.2 [18].

Dato che non possediamo dati a livello comunale sulla tipologia di alberi presenti nelle fustaie e nei cedui, consideriamo i seguenti valori orientativi dei turni di taglio, da cui conseguono le percentuali annue di superficie tagliata (tra parentesi):

- turno di taglio delle fustaie: 80 anni (1,25% di superficie annua tagliata);
- turno di taglio dei cedui semplici e composti: 20 anni (5% di superficie annua tagliata).

Infine, conoscendo la massa volumica (0,90 t/m³), la percentuale di sottoprodotto (20%) e l'umidità relativa (40%) forniti dallo studio svolto dall'ANPA, è possibile calcolare le tonnellate di sostanza secca per ettaro e quindi per comune.



Figura 5.1: Esposizione della provincia ai punti cardinali e qualitativa rappresentazione delle pendenze (la tonalità del colore è proporzionale alla pendenza).

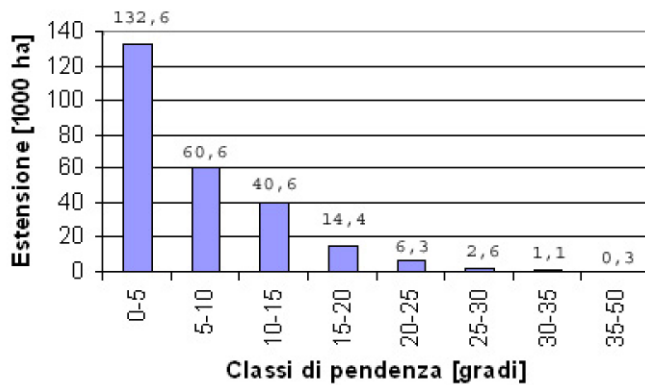


Figura 5.2: Istogramma di distribuzione delle classi di pendenza.

In conclusione, quindi, le superfici di fustaie e boschi cedui sono state stimate utilizzando in parallelo i dati ISTAT e le immagini satellitari della provincia, mentre i turni di taglio sono stati basati sulle Prescrizioni di Massima e Polizia Forestale della Regione Emilia Romagna e i parametri relativi alla produzione per ettaro e alla tipologia di biomassa (massa volumica, umidità relativa e quantità di sottoprodotti) sono stati ricavati dallo studio svolto dall'ANPA.

Tabella 5.1: Produzione di legna per ettaro di superficie tagliata.

Tipologia di bosco	Superficie tagliata (ha)	Produzione (m ³)
Cedui semplici	385	32.642
Cedui composti	25	2.190
Fustaie	22	4.721

Tabella 5.2: Turni minimi di taglio [18].

Tipologia di bosco	Turno minimo di taglio (anni)
Fustaie di faggio	90
Fustaie di querce	90
Fustaie miste di conifere e latifoglie	70
Fustaie di pini	70
Fustaie di castagno	60
Fustaie di douglasia	50
Cedui semplici di faggio	28
Cedui semplici di querce e carpino	20
Cedui semplici di castagno	10
Cedui semplici di ontano, robinia e salice	8

Per i cedui composti si considera la specie dominante

5.2 Residui industriali

Tra i residui industriali sono considerati i residui vegetali provenienti dalle attività di lavorazione

e conservazione di ortaggi e i residui prodotti dall'industria del legno.

5.2.1 Attività di lavorazione e conservazione di ortaggi

Questa categoria di biomasse è rappresentata, nella nostra stima, dai residui industriali provenienti dalla lavorazione della barbabietola da zucchero e del pomodoro. Per quanto riguarda la barbabietola da zucchero, la sua lavorazione non è più effettuata in Provincia di Piacenza (fino a circa due anni fa era lavorata nel comune di Sarmato), ma è svolta al di fuori della provincia. Di conseguenza, dato che la biomassa è intesa come una risorsa da utilizzare a livello locale, non la prenderemo in considerazione nella nostra stima.

Relativamente al pomodoro sono state contattate due grosse ditte locali allo scopo di ottenere dei dati affidabili sulla quantità e tipologia di residui da loro annualmente prodotti. Purtroppo, però, queste non si sono rese disponibili a fornire i dati. Come percorso alternativo sono stati, quindi, utilizzati i dati provenienti dalle dichiarazioni MUD. Il MUD (Modello Unico di Dichiarazione Ambientale), comunemente detto modello "740 ecologico", è un modulo attraverso il quale devono essere denunciati i rifiuti prodotti dalle attività economiche. Dato che le attività artigianali con non più di 3 dipendenti sono esonerate dalla presentazione di questo modello, la stima effettuata con l'utilizzo di questi dati risulterà leggermente sottovalutata. D'altronde, se si raccogliessero i residui provenienti anche da piccolissime aziende, sarebbe necessario impiegare un'enorme quantità di risorse solamente nella fase relativa alla raccolta, diminuendo così l'efficienza generale del sistema.

Attraverso l'Agenzia Regionale Prevenzione e Ambiente (ARPA) dell'Emilia Romagna è stato possibile ottenere i dati relativi alla quantità di rifiuti classificati per comune, per codice CER (Catalogo Europeo dei Rifiuti) e per codice ISTAT relativo all'attività economica. Il tipo di rifiuto a cui siamo interessati è quello degli scarti di tessuti vegetali (codice CER 020103) relativi alle attività di lavorazione e conservazione di frutta e ortaggi, in particolare del pomodoro (codice attività ISTAT 153).

In conclusione dunque, nella stima delle biomasse provenienti da residui industriali sono state considerate solamente quelle prodotte dalla lavorazione del pomodoro e le relative quantità sono state ottenute tramite la consultazione dei dati ricavati dalle dichiarazioni MUD (dichiarazioni MUD della provincia di Piacenza relative all'anno 2002).

5.2.2 Residui dell'industria del legno

Per la stima della quantità annuale di residui legnosi prodotti a livello comunale dall'industria del legno, ci si è basati su uno studio svolto da AssoLegno [19]. In questo studio si ritiene che la quantità di residui legnosi prodotti dall'industria del legno sia proporzionale al numero di addetti in essa impiegati. Per la precisione, ad ogni addetto corrisponde una produzione annua pari a 11,2 tonnellate di scarti legnosi con un'umidità relativa del 15%. Inoltre, il 50% degli scarti è già attualmente impiegato in altri scopi e quindi, nella stima della biomassa disponibile, verrà preso in considerazione solamente il restante 50%. Per stimare il numero di addetti impiegati nell'industria del legno ci si è appoggiati ai dati ISTAT, relativi all'8° Censimento dell'Industria svolto nell'anno 2001 [4].

Per avere una conferma della validità del metodo presentato da AssoLegno è stata fatta una

verifica incrociata con i dati ricavabili dalle dichiarazioni MUD del 2002. Considerando che il modello MUD deve essere presentato solamente dalle ditte con un numero di impiegati maggiore o uguale a tre, la loro sottostima è giustificata. Dall'analisi della distribuzione delle aziende per classe di addetti si otterrà un riscontro dell'affidabilità della stima effettuata.

5.3 Residui agroalimentari

Per stimare i residui agroalimentari si è partiti considerando le estensioni delle superfici utilizzate per le varie colture [5]. Da questa prima ricerca sono state selezionate le colture più significative rispetto alle altre dal punto di vista della quantità. Le colture prese in considerazione sono dunque:

- frumento tenero e duro;
- pomodoro da industria;
- granturco;
- orzo;
- barbabietola da zucchero;
- soia;
- vite.

Tabella 5.3: Parametri utilizzati per la stima della biomassa proveniente dai residui agroalimentari [17].

Coltura	P* [t/ha/anno]	SP1** [%]	U*** [%]	SSU**** [%]
Frumento tenero	5,69	61	15	90
Frumento duro	4,83	70	15	90
Pomodoro	58	30	15	2
Granturco	8,44	130	55	50
Orzo	4,14	80	15	90
Barbabietola da zucchero	42,96	40	80	15
Soia	3,5	150	52	5

*Produttività; **Percentuale di Sottoprodotto Primario; *** Umidità;

**** Percentuale di Sostanza Secca già utilizzata per scopi non energetici

Tutti i parametri utilizzati per il calcolo delle tonnellate di biomassa secca sono stati presi da uno studio svolto in associazione dall'ANPA e dall'ONR [17]. La Tabella 5.3 mostra, per ogni coltura, i parametri che sono stati utilizzati per calcolare rispettivamente: la produzione annua per ettaro coltivato (P), la percentuale di sottoprodotti primari sul totale del prodotto (SP1), l'umidità (U) e la percentuale di sostanza secca già in utilizzo (SSU). Per quanto riguarda la vite (Tabella 5.4) c'è una differenza: la quantità di sottoprodotti non è fornita in percentuale, ma in tonnellate calcolabili in funzione della resa.

La biomassa proveniente dai residui agroalimentari è stata dunque calcolata moltiplicando la superficie (ha) per la produttività ([t/ha/anno]), per la percentuale di sostanza secca (1-U) e per la percentuale di sottoprodotto disponibile (1-SSU).

Tabella 5.4: Parametri utilizzati per la stima della biomassa proveniente dalla vite [17].

Coltura	Produttività [t/ha/anno]	SP1 [t/ha/anno]	U [%]	SSU [%]
Vite	58,65	2,094*	50	5

* Calcolato in funzione della resa [17]

5.4 Reflui zootecnici

I reflui zootecnici presi in considerazione sono quelli provenienti dagli allevamenti di bovini e di suini. Al fine di stimare l'esatta quantità di liquami zootecnici disponibili per la produzione di energia sarebbe necessario possedere le seguenti dettagliate informazioni:

- dislocazione degli allevamenti;
- caratteristiche tecniche degli allevamenti (edifici, sistemi di raccolta e trattamento liquami, presenza di lettiere,...);
- numero di capi differenziati per tipologia e per classe d'età;
- alimentazione a cui sono soggetti i capi.

Tutti questi dati non sono però disponibili e sono ricavabili solamente da un'analisi in loco, che dovrebbe essere estesa a tutto il territorio della Provincia di Piacenza. Dato che questo tipo di analisi richiederebbe un notevole investimento di tempo e di risorse, senza magari migliorare significativamente il risultato della stima, ci limiteremo ad utilizzare i dati già disponibili, gentilmente forniti dalla sezione veterinari della AUSL di Piacenza (aggiornati al mese di Maggio 2005):

- dislocazione degli allevamenti;
- numero di capi presente in ogni allevamento;
- peso vivo presente in ogni allevamento.

In questo caso la stima non sarà precisa come se avessimo a disposizione tutti i dati, ma, per i fini di questo studio, è accettabile.

In genere i reflui zootecnici possono essere sparsi sui terreni agricoli. La questione però non è così semplice in quanto non tutti gli allevamenti possiedono dei terreni agricoli su cui spandere i liquami e inoltre non è detto che, se li possiedono, siano in grado di accettare il carico d'azoto presente nei liquami. La decisione di quanto liquame spandere non è a discrezione dell'allevatore, ma esistono dei valori definiti per legge a livello provinciale. La Provincia ha eseguito una classificazione dei terreni, in cui sono state definite alcune aree maggiormente vulnerabili e quindi aventi capacità di carico inferiore. Nel caso in cui la quantità di azoto ecceda la massima capacità di ricezione posseduta dal terreno ed imposta per legge, gli allevamenti sono costretti a provvedere allo smaltimento dei reflui; in genere questa operazione è svolta da ditte specializzate alla raccolta e alla depurazione dei reflui.

Per stimare la quantità di liquami disponibili a fini energetici, sono stati considerati solamente gli allevamenti di bovini e di suini con un numero di capi superiore a 50 unità. Inoltre, sono stati presi in considerazione solamente gli allevamenti localizzati in comuni di pianura e di collina, in quanto in montagna, oltre al fatto che gli allevamenti sono di piccole dimensioni, in genere, gli animali sono fatti pascolare e risulterebbe quindi impossibile la raccolta dei liquami.

La Tabella 5.5 mostra la quantità annua di liquami prodotta per capo e la percentuale di sostanza organica in essi contenuta [1]. La parte organica presente nei liquami sarà

fondamentale per calcolare la quantità di biogas producibile attraverso il processo di fermentazione anaerobica a cui verranno sottoposti.

Tabella 5.5: Produzione annua di liquami (espressa in tonnellate di liquame su tonnellate di peso vivo) e percentuale di sostanza organica in essi contenuta.

Parametro	Valore	Unità di misura
Bovini: produzione liquami	24	$\frac{t}{t_{PV} \cdot anno}$
Suini: produzione liquami	24	$\frac{t}{t_{PV} \cdot anno}$
Bovini: percentuale di sostanza organica	11	%
Suini: percentuale di sostanza organica	7,5	%

5.5 Biomassa ottenibile da coltivazioni energetiche

Per la stima della quantità di biomassa ottenibile da Short Rotation Forestry (SRF) si sono considerate le superfici agrarie non utilizzate [5]. Per motivi di efficienza sono stati esclusi dalla stima i comuni la cui somma delle superfici agrarie non utilizzate è risultata essere di estensione inferiore a 50 ettari. In base alle direttive presenti nel "Piano Regionale di Sviluppo Rurale", sono state escluse dalla stima anche le superfici localizzate all'interno di comuni montani. Le zone montane non sono, infatti, idonee a pratiche agricole meccanizzate tipiche delle SRF. Per lo stesso motivo sono state considerate idonee a questo tipo di coltura solo il 50% delle superfici agrarie non utilizzate localizzate in comuni collinari.

La specie arborea considerata è il pioppo, in particolare il clone *Luisa Avanzo*, la cui produttività risulta essere pari a 12,93 ton/ha/anno. Anche in questo caso va sottratta l'umidità che è mediamente pari al 17,5% [20].

6. CONCLUSIONI

In questa relazione dell'attività di ricerca del primo semestre è stato presentato, insieme all'inquadramento territoriale ed economico della Provincia di Piacenza, il metodo per la stima della disponibilità di biomasse sul territorio provinciale. Abbiamo ritenuto fondamentale rivolgere grande attenzione alla individuazione dei possibili settori di provenienza delle biomasse nel territorio piacentino proprio per sottolineare la necessità di garantire un approvvigionamento locale, sicuro nel tempo e sostenibile dal punto di vista ambientale agli impianti di trasformazione energetica alimentati a biomasse. Solo rispettando queste caratteristiche le biomasse possono costituire una fonte rinnovabile di energia. Il metodo di stima delle biomasse sarà applicato alla provincia di Piacenza nei prossimi mesi di lavoro e presentato nella successiva relazione. Inoltre, saranno formulate differenti alternative di utilizzo delle biomasse secche e umide per la produzione di energia.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Niccoli V., Fanti A. Prontuario dell'Agricoltore e del Tecnico Agrario. Ventunesima edizione. HOEPLI, 2000.
- [2] OPS, Osservatorio Provinciale sulla Sostenibilità dello Sviluppo. Il bilancio energetico in Provincia di Piacenza. Amministrazione Provinciale di Piacenza, SPTU - Servizio Programmazione Territoriale e Urbanistica, Rapporto Interno n. 08/04, 2004.
- [3] ISTAT. 14° Censimento della Popolazione. www.istat.it, 2001.
- [4] ISTAT. 8° Censimento dell'Industria e dei Servizi. www.istat.it, 2001.
- [5] ISTAT. 5° Censimento dell'Agricoltura. www.istat.it, 2000.
- [6] Casali G. Relazione annata agraria 2002-2003. Provincia di Piacenza, Servizio Provinciale Agricoltura.
- [7] Casali G., Bianchi L. 50 censimento generale dell'agricoltura: come si è evoluta la struttura agricola piacentina. Provincia di Piacenza, Servizio Provinciale Agricoltura.
- [8] LIFE Ambiente. Dichiarazione ambientale comunità montana valli del Nure e dell'Arda. Progetto LIFE 02 ENV/IT/000092, 2004.
- [9] McKendry P. Energy production from biomass (part 1): overview of biomass. *Bioresource Technology*, 83:37-46, 2002.
- [10] Paine L. K., Peterson T. L., Undersander D. J., Rineer K. C., Bartelt G. A., Temple S. A., Sample D. W., Klemme R. M. Some ecological and socioeconomic considerations for biomass energy crop production. *Biomass and Bioenergy*, 10(4):231-242, 1996.
- [11] Afgan N. H., Carvalho M. G., Hovanov N. V. Energy system assessment with sustainability indicators. *Energy Policy*, 28:603-612, 2000.
- [12] Van Belle J., Temmerman M., Schenkel Y. Three level procurement of forest residues for power plant. *Biomass and Bioenergy*, 24:401-409, 2003.
- [13] Piccinini S. Buone prospettive per il biogas da residui agrozootecnici. *L'Informatore Agrario*, 1:27-31, 2004.
- [14] Regione Piemonte - Assessorato Ambiente e Energia. Biomasse lignocellulosiche per usi energetici. Inventario per il Piemonte, Fascicolo informativo redatto dalla FAST Federazione delle Associazioni Scientifiche e Tecniche - Milano, 1998.
- [15] Contaldi M., Ilacqua M. Analisi dei fattori di emissione di CO2 dal settore dei trasporti. ANPA - Unità interdipartimentale Censimento delle Fonti di Emissione, Roma, Italia, 1996/1997.
- [16] Regione Emilia-Romagna. Inventario Forestale della Regione Emilia-Romagna. 1997.
- [17] ANPA, ONR. I rifiuti del comparto agroalimentare. Studio di settore, Rapporti 11/2001, ANPA - Unità Normativa Tecnica, 2001.
- [18] Regione Emilia-Romagna. Prescrizioni di massima e di polizia forestale. Assessorato programmazione, Pianificazione e Ambiente (Ufficio Risorse Forestali, Servizio Parchi e Foreste), Bologna, Italia, Marzo 1995.
- [19] Cerullo S., Pellegrini A. Stima delle quantità di residui legnosi prodotti in Italia. AssoLegno, Associazione nazionale industrie forestali e lavorazione legno di Federlegno-Arredo, 2002.
- [20] Benetti D., Colombo A. Analisi a molti obiettivi per la produzione di energia da biomasse. Tesina di laurea, Politecnico di Milano, Milano, Italia, 1998/1999.

