



Regione Puglia



ALLEGATO A

Banca Dati Regionale del potenziale di biomasse in Puglia METODOLOGIA E RISULTATI



“Azioni per la valorizzazione energetica delle biomasse.
Studi di prefattibilità per l’individuazione dei distretti
agro-energetici e per progetti di filiera”



Regione Puglia

Novembre 2012



Regione Puglia

INDICE

PREMESSA	2
INTRODUZIONE	2
1. BIOMASSE AGRICOLE RESIDUALI	3
1. COLTURE ARBOREE	6
1.1.1. <i>residui provenienti dalla coltivazione dell'olivo</i>	6
1.1.2 <i>residui provenienti dalla coltivazione della vite</i>	7
1.1.3 <i>residui provenienti dalla coltivazione degli agrumi</i>	9
1.1.4 <i>residui provenienti dalla coltivazione dei fruttiferi</i>	11
1.2 COLTURE ERBACEE	14
1.2.1 <i>residui provenienti dalle colture cerealicole</i>	14
2. BIOMASSE FORESTALI RESIDUALI	16
3. BIOMASSE DA RESIDUI AGROINDUSTRIALI	22
3.1 residui provenienti dall'industria olearia	22
3.2 residui provenienti dall'industria casearia	27
3.3 residui provenienti dall'industria vinicola	31
3.4 residui provenienti dall'industria di trasformazione del pomodoro	34
4. BIOMASSE DA REFLUI ZOOTECNICI	37
5. BIOMASSE DA COLTURE ENERGETICHE	44



Regione Puglia

PREMESSA

Con Deliberazione della Giunta Regionale n.1370del 03/08/2007 è stato approvato il Programma Regionale Biocombustibili PROBIO “Azioni per la valorizzazione energetica delle biomasse: studi di prefattibilità per l’individuazione dei distretti agro-energetici e per progetti di filiera”, nell’ambito del quale è stata realizzata la Banca dati regionale, finalizzata a determinare la disponibilità potenziale delle biomasse in Puglia.

I dati e le informazioni ottenuti sono stati sottoposti ad aggiornamento,implementazione e validazione da parte del Dipartimento di Scienze Agroambientali e Territoriali dell’Università degli Studi di Bari, a seguito degli studi svolti dal ‘Laboratorio di Competenze’ per l’assistenza tecnica e scientifica all’attuazione del Programma ‘PROBIO’ (Convenzione tra Regione Puglia e Istituto Agronomico Mediterraneo IAMB-CIHEAM).

La Banca dati regionale è uno strumento di consultazione ad uso del sistema imprenditoriale e delle amministrazioni locali a vario titolo interessate al tema delle fonti di energia rinnovabile di origine agricola, agroindustriale, zootecnica e forestale, nonché un supporto alla definizione di linee strategiche di pianificazione energetica del territorio, e assicura altresì la possibilità di identificare ‘distretti agro-energetici’.

INTRODUZIONE

Le biomasse sono definite dal D.Lgs. n. 28/2011 ‘Attuazione della direttiva 2009/28/CE sulla promozione dell’uso dell’energia da fonti rinnovabili, recante modifica e successiva abrogazione delle direttive 2001/77/CE e 2003/30/CE’ come “*la frazione biodegradabile dei prodotti, rifiuti e residui di origine biologica provenienti dall’agricoltura (comprendente sostanze vegetali e animali), dalla silvicoltura e dalle industrie connesse, comprese la pesca e l’acquacoltura, gli sfalci e le potature provenienti dal verde pubblico e privato, nonché la parte biodegradabile dei rifiuti industriali e urbani*”.

Nel presente documento (allegato A) sono dettagliate le fonti e le metodologie per la determinazione della disponibilità annua in peso di ciascuna tipologia di biomassa considerata, i cui valori sono riportati nell’allegato B)in termini di valore del potenziale disponibile ad uso energetico per ciascuna fonte di biomassa, sulla base territoriale dei Comuni pugliesi .L’approccio metodologico adottato tiene conto della biomassa effettivamente destinabile alla produzione energetica, nell’ambito della quantità totale determinata, ed in questa, di quella netta resa disponibile. Di seguito, si riportano le tipologie di biomassa di cui si è determinata la disponibilità:

1. **BIOMASSE AGRICOLE RESIDUALI**
 - 1.1 **COLTURE ARBOREE**
 - 1.1.1 *residui provenienti dalla coltivazione dell’olivo*
 - 1.1.2 *residui provenienti dalla coltivazione della vite*
 - 1.1.3 *residui provenienti dalla coltivazione degli agrumi*
 - 1.1.4 *residui provenienti dalla coltivazione dei fruttiferi*
 - 1.2 **COLTURE ERBACEE**
 - 1.2.1 *residui provenienti dalle colture cerealicole*
2. **BIOMASSE FORESTALI RESIDUALI**
3. **BIOMASSE DA RESIDUI AGRO-INDUSTRIALI**
 - 3.1 *residui provenienti dall’industria olearia*
 - 3.2 *residui provenienti dall’industria casearia*
 - 3.3 *residui provenienti dall’industria vinicola*
 - 3.4 *residui provenienti dall’industria di trasformazione del pomodoro*



Regione Puglia

4. **BIOMASSE DA REFLUI ZOOTECNICI**
5. **BIOMASSE DA COLTURE ENERGETICHE**

1. BIOMASSE AGRICOLE RESIDUALI

Oltre il 50% dei circa 1,2 milioni di ettari della superficie agricola utilizzata (SAU) regionale è interessato da seminativi, nella quasi totalità rappresentati da colture cerealicole vernive, ed il 41% a colture legnose quali olivo, con circa 300 mila ettari, e vite, con circa 120 mila ettari.

La valorizzazione energetica della frazione residuale delle principali colture è uno degli elementi di forza per la sostenibilità delle filiere agroenergetiche regionali. La consistenza delle produzioni agricole è tale da poter ritenere che una corretta e attenta stima dei residui colturali da esse derivati consenta di operare una razionale pianificazione nell'utilizzo di tali matrici da parte delle differenti tipologie di impianti per la produzione di energia, calore e biocombustibili.

Metodologia

Ai fini dell'applicazione di un appropriato metodo per la determinazione della disponibilità di biomasse agricole residuali è stato necessario individuare una fonte statistica che consentisse di definire, su scala comunale, l'incidenza delle superfici investite a colture di interesse ai fini della produzione di biomassa residuale. Tra le fonti statistiche disponibili sono state analizzate quelle fornite dall'Agenzia per le Erogazioni in Agricoltura (AGEA) per l'anno 2007 e dal 5° Censimento Generale Agricoltura del 2000 - ISTAT. La suddetta base è un elemento dinamico, dipendente dalla disponibilità dei dati, pertanto alla completa disponibilità dei dati aggiornati al 6° Censimento 2010 il database verrà aggiornato; in ogni caso, dal primo esame dei dati resi disponibili non si evincono, ai fini della banca dati, differenze significative.

L'AGEA, Organismo ufficiale pagatore dei contributi comunitari in agricoltura, a seguito dell'introduzione dei criteri di condizionalità e del premio unico disaccoppiato, si è dotata di un procedimento automatico, basato sul sistema di informazione geografico per la determinazione delle superfici oggetto di premio e quindi "produttive" dal punto di vista della gestione tecnico/amministrativa.

Tale metodologia di acquisizione, riferita alla coltura dell'olivo, abbinata ad un'epoca di rilevamento più recente rispetto a quella del 5° Censimento Generale dell'Agricoltura induce a considerare, all'attualità, la fonte AGEA 2007 come più appropriata. Per la determinazione delle superfici occupate dalla vite, dagli agrumi e dalle altre coltivazioni arboree (mandorlo, ciliegio e pesco) sono stati utilizzati i dati pubblicati dall'ISTAT, prodotti a livello di dettaglio comunale a cadenze periodiche decennali ed aggiornati annualmente al dettaglio provinciale. Per poter avere un dato aggiornato sulla superficie comunale sono stati utilizzati i dati ISTAT 2000 su base comunale e ISTAT 2007 a livello provinciale. In base a questi dati è stato possibile verificare le differenze di superficie coltivate a livello provinciale tra l'anno 2000 ed il 2007; in funzione dello scostamento rilevato e sulla base dei più recenti dati disponibili, ancorché parziali, sono stati riproporzionati i dati relativi all'anno 2000. Riguardo alle superfici viticole, inoltre, le elaborazioni dell'ISTAT consentono di differenziare le superfici investite ad uva da vino e quelle ad uva da tavola; tale rilievo assume importanza per la successiva determinazione dei coefficienti di produttività descritti di seguito.

Sulla base dell'entità delle superfici agricole comunali interessate alle principali colture pugliesi così acquisite, è stata realizzata la determinazione della disponibilità di biomassa residuale, su base annua, mediante una metodologia classica che prevede, in tre fasi successive, la determinazione:

- della disponibilità lorda di biomassa
- della disponibilità netta di biomassa
- della disponibilità netta di biomassa per gli utilizzi energetici non tradizionali (esclusa quindi la legna da ardere, l'utilizzo di balle per piccoli forni, ecc.); di seguito, tale tipologia sarà definita come "biomassa per usi energetici".



Regione Puglia

La determinazione della disponibilità lorda riviene dal prodotto tra la superficie occupata dalla coltura considerata ed il coefficiente di produttività. Il coefficiente di produttività indica la quantità di biomassa residuale (potature, espunti e residui colturali) che viene prodotta sull'unità di superficie ed è condizionato da fattori di carattere agronomico. La determinazione della disponibilità netta è data dal prodotto della disponibilità lorda per un coefficiente di raccolta che risente prevalentemente delle condizioni di accessibilità e meccanizzazione delle operazioni di raccolta ed indica quindi l'effettiva possibilità di valorizzare il sottoprodotto.

La determinazione della disponibilità netta per usi energetici è data dal prodotto della disponibilità netta (al lordo degli utilizzi tradizionali) per un coefficiente di uso attuale, che tiene conto dell'incidenza, a livello territoriale, degli utilizzi tradizionali delle biomasse residuali e quindi dell'effettivo uso attuale in mercati già consolidati e più remunerativi rispetto a quello energetico non tradizionale.

La metodologia adottata richiede una attenta valutazione dei coefficienti di produttività delle colture in esame sul territorio, per l'inevitabile variabilità dovuta alle differenti scelte varietali e pratiche agronomiche adottate localmente, che influenzano non poco la quantità di biomassa producibile.

L'analisi della bibliografia esistente mette chiaramente in evidenza come i dati a disposizione siano scarsi e difficilmente confrontabili. La specificità delle varie realtà agricole regionali rappresentata da pochi casi di studio distribuiti sull'intero territorio nazionale, non consente, per il momento, una determinazione puntuale di coefficienti di produttività sito-specifici. Conseguentemente, per definire con ragionevole accuratezza le quantità di biomassa residuale ottenibile si è ritenuto opportuno far riferimento ad un metodo basato sul rapporto tra il prodotto principale ed il co-prodotto (potature, espunti, residui colturali, ecc.).

Tale approccio, già utilizzato dall'Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente (ANPA) nello "Studio di Settore: i rifiuti del comparto agroalimentare, 11/2001" è stato rivisitato, per arrivare ad una determinazione delle biomasse residuali al livello comunale. La valutazione, infatti, si è basata sul calcolo della biomassa residuale utilizzando la superficie delle singole colture considerate, ottenuta a partire dai dati statistici citati, ISTAT e AGEA, riferiti ai singoli Comuni della Puglia e le produzioni areiche suddivise in prodotto principale e co-prodotto ottenuti dai dati ISTAT integrati con fonti bibliografiche e dati forniti da fonti ed esperti di agricoltura a livello locale. Quindi si è proceduto, secondo la metodologia riportata da ANPA (2001), a definire una serie di parametri per ciascuna coltura:

- superficie in produzione
- quantità di prodotto raccolto
- quantità di co-prodotto/prodotto
- umidità media al recupero del co-prodotto
- frazione del co-prodotto attualmente riciclata.

Per tutte le colture arboree, ad esclusione dell'olivo, coltura secolare, si è tenuto conto anche della quantità di biomassa residuale disponibile a fine ciclo produttivo a seguito dell'espanto della coltura, stimando, su base bibliografica, la quantità di legna (massa dendrometrica) e relativa umidità e rapportando il valore alla durata economica degli impianti, dato ricavato da esperti del settore e da fonti bibliografiche (ANPA, 2001). Ovviamente, tale metodologia ha richiesto la determinazione delle produzioni areiche in prodotto principale delle diverse colture in esame, che si è basata sulla media dei dati ISTAT provinciali dell'ultimo quinquennio (2006-2010).

La determinazione dei valori dei parametri individuati ha consentito la stima della disponibilità lorda di biomassa residuale.

Nello specifico per le colture erbacee quali frumento, orzo ed avena per la determinazione dei coefficienti di produttività in paglia si è seguito un procedimento differente rispetto a quello utilizzato per le biomasse residuali delle colture arboree. La quantità del co-prodotto (paglie) è stata determinata con maggior dettaglio, utilizzando indici di raccolta (prodotto principale/biomassa totale)



Regione Puglia

riportati in letteratura e pesati in base alla potenzialità produttiva in granello dei cereali vernini per Comune, elaborata secondo la metodologia di classificazione agronomica del territorio “CATII” (Giardini et al., 1997).

Nella determinazione dei coefficienti di disponibilità lorda sono state acquisite notizie di carattere agronomico sulle colture cerealicole presenti nella regione, ottenute tramite interviste a tecnici operanti sui territori della regione.

Nel caso delle colture arboree per la stima della disponibilità lorda di biomassa residuale è stato necessario individuare i coefficienti di produttività attraverso il rapporto tra prodotto principale e co-prodotto, rilevato da riferimenti bibliografici (ENEA, 2009; ANPA, 2011) e consultazione di dati e di esperti locali. Unica eccezione è stata fatta per le colture della vite e dell'olivo. Per la vite è stata messa a punto sperimentalmente una correlazione lineare tra la produzione in uva ($t\ ha^{-1}$) e la quantità di biomassa da potatura ottenibile ($t\ ha^{-1}$):

$$\text{biomassa potature vite } (t\ ha^{-1}) = 0,113 \cdot \text{produzione uva } (t\ ha^{-1}) + 2,000$$

Altrettanto si è fatto per l'olivo, tenendo però conto delle caratteristiche peculiari della zona di coltivazione e tali da definire funzioni di correlazione tra produzione in olive ($t\ ha^{-1}$) e quantità di residui di potatura ($t\ ha^{-1}$), distinte su scala provinciale:

1. biomassa potature olivo ($t\ ha^{-1}$) = $0,566 \cdot \text{produzione olive } (t\ ha^{-1}) + 1,496$
(*province di Foggia e Bari*)
2. biomassa potature olivo ($t\ ha^{-1}$) = $0,305 \cdot \text{produzione olive } (t\ ha^{-1}) + 1,401$
(*province di Taranto, Brindisi e Lecce*)

Per quanto riguarda la stima della disponibilità netta di biomassa residuale, si è tenuto conto di una serie di fattori connessi con le condizioni di accessibilità agli appezzamenti presso i quali la biomassa è presente, con le condizioni climatiche medie al momento della raccolta e con la disponibilità ed efficienza lavorativa delle macchine operatrici utilizzate. La stima di questi fattori consente di definire il coefficiente di raccolta, attraverso il quale è possibile stabilire la quantità di biomassa residuale effettivamente utilizzabile. Si è fatto riferimento in particolare all'influenza delle caratteristiche altimetriche e climatiche degli ambienti di coltivazione, tenuto conto della minore efficienza lavorativa delle macchine operatrici in condizioni di maggiore pendenza. Attraverso l'Atlante Statistico Italiano è stato possibile suddividere il territorio regionale a livello di dettaglio comunale secondo le zone altimetriche.

Una stima dell'efficienza nella raccolta delle biomasse da potatura delle principali colture arboree, verificata ed integrata anche da consultazioni di esperti contoterzisti locali, ha consentito di attribuire, indipendentemente dalla tipologia di macchina raccogliitrice (imballatrici o trincia sarmenti), una percentuale di perdita di biomassa raccogliibile pari al 20% in condizioni di pianura, del 60% in collina e dell'80% in montagna.

A completamento della stima della disponibilità potenziale netta di biomassa residuale ad uso energetico proveniente da potatura, è stato opportuno determinare il coefficiente di uso attuale inteso come quella quota di biomassa destinata a mercati già strutturati e spesso più competitivi come quello, ad esempio, della legna da ardere o balle per i forni. Nello specifico, per la coltura dell'olivo questo coefficiente è stato determinato, a livello provinciale, attraverso indagini volte a verificare l'attuale utilizzo di questi residui da parte degli imprenditori agricoli. In particolare, sono stati utilizzati i dati contenuti nei questionari informativi elaborati da Agriconsultig presenti nel lavoro svolto per l'Unaprol¹. Da tali indicazioni e per ciascun comprensorio, è stato possibile determinare la reale disponibilità netta di biomassa da potature di olivo da destinare alla valorizzazione energetica.

¹ Unaprol: Studio sulla valorizzazione energetica delle biomasse ritraibili dalla filiera olivicola.



Regione Puglia

Attraverso questa indagine a livello locale è stato rilevato un discreto mercato per gli usi energetici tradizionali delle potature di olivo nelle provincie di Lecce e Brindisi, quasi del tutto assente nelle altre provincie; per cui, con un buon livello di approssimazione, si è ritenuto opportuno attribuire al coefficiente di uso attuale un valore pari al 10% per le provincie di Lecce e Brindisi e pari 0% per il resto della regione. Pur non disponendo di dati puntuali sugli utilizzi energetici tradizionali (legna da ardere e balleste per forni) delle potature delle altre colture arboree, in base a valutazioni con esperti locali del commercio della legna, si è ritenuto considerare come coefficiente di uso attuale un valore compreso tra il 5 e 10%.

Per la determinazione della disponibilità lorda della biomassa proveniente dalle operazioni di espianto, eccetto per l'olivo, coltura secolare, la metodologia applicata ha seguito le stesse fasi operative utilizzate per la determinazione dei residui provenienti dalle operazioni di potatura. In generale, considerata la necessità di definire una disponibilità potenziale di biomassa per anno, si è ritenuto opportuno ripartire la quota di biomassa ottenibile dall'espianto di una coltura arborea tra gli anni di durata dello stesso impianto. Stante la scarsa variabilità temporale del dato, per determinare questo parametro si è fatto riferimento ai dati bibliografici riportati nel lavoro edito dall'ANPA nel 2001 integrati con valutazioni fornite da esperti locali per una maggiore rispondenza con le realtà operative.

Per la determinazione della disponibilità netta della biomassa da espianto, non è stato utilizzato alcun coefficiente di raccolta. Questo, a seguito di considerazioni relative all'intervallo temporale piuttosto ampio con cui si effettuano queste operazioni, abbinato all'elevata quantità di biomassa disponibile per le finalità energetiche, che favorirebbero il superamento dei limiti ambientali e logistici a cui può essere soggetto l'intervento di raccolta meccanizzato. La disponibilità netta dei residui provenienti dalle operazioni di espianto è stata quindi considerata pari a quella lorda.

Per i residui provenienti dalle operazioni di espianto della vite, così come per le potature, è stata considerata una disponibilità netta per usi energetici pari al 95%, confermando l'inesistenza di un mercato alternativo nel territorio regionale. Situazione abbastanza simile si verifica per gli espiantri dei fruttiferi, dove dati forniti da esperti locali individuano una quota pari all'80% disponibile per impieghi energetici non tradizionali. I residui culturali provenienti dall'espianto degli agrumeti sulla base di indagini locali trovano utilizzo nel mercato della legna da ardere, essendo tale destinazione remunerativa. Questo ha portato a stimarne la disponibilità potenziale netta per usi energetici pari al 20% della disponibilità netta.

I dati di base utilizzati non possono tener conto del dettaglio relativo alla Provincia Barletta-Andria-Trani. I dati finali riportati nell'allegato B si riferiscono tuttavia puntualmente ai comuni ivi ricompresi.

1.1 COLTURE ARBOREE

1.1.1. Residui provenienti dalla coltivazione dell'olivo

Disponibilità lorda di biomassa da potature di olivo

In base alla metodologia adottata per la stima della disponibilità lorda di potature di olivo è stato possibile calcolare i coefficienti di produttività di biomassa (tab. 1) correlandoli all'espressione produttiva in olive per provincia, acquisita come media delle produzioni in olive del quinquennio 2006-2010 (dati ISTAT).

Tabella 1: Produzione olive e coefficiente di produttività da potature di olivo

PROVINCIA	Produzione areica olive*	Coefficienti di produttività
		(t ha ⁻¹)



Regione Puglia

Foggia	2,7	3,0
Bari	3,0	3,2
Taranto	3,3	2,4
Brindisi	2,5	2,2
Lecce	3,5	2,5
* elaborazione Regione Puglia su dati ISTAT 2006-2010		

Mediante l'adozione dei valori provinciali dei coefficienti di produttività a livello di superficie comunale investita ad olivo è stato possibile determinare la disponibilità lorda regionale (tab. 2) delle biomasse residuali agricole ottenibili dalle potature di olivo, pari a 1.027.022 t anno⁻¹. La provincia di Bari da sola esprime il 39% circa della disponibilità lorda regionale, seguita da quella di Lecce con il 23%, quasi pari a quella delle provincie di Foggia e Brindisi (15 e 14% rispettivamente), mentre Taranto detiene solo l'8%. Tale ripartizione, pur considerando i differenti coefficienti di produttività provinciali ripropone, com'è ovvio, quasi specularmente l'incidenza in ambito regionale dell'olivicoltura di ciascuna provincia.

Tabella 2: Disponibilità Lorda di biomassa da potature di olivo

PROVINCIA	Potature olivo (t anno ⁻¹)
Foggia	157.473
Bari	398.525
Taranto	84.540
Brindisi	145.600
Lecce	240.884
Puglia	1.027.022

Disponibilità netta di biomassa da potature di olivo

Per poter stimare tale disponibilità, è stato necessario applicare alla disponibilità lorda il coefficiente di raccolta che rappresenta la quantità di biomassa che può essere effettivamente recuperata, tramite attività meccanizzate, nelle diverse zone altimetriche. Per la determinazione di questo coefficiente sono state considerate, tra l'altro, le caratteristiche dei diversi comprensori olivicoli regionali. La successiva tabella (tab. 3) riporta i coefficienti utilizzati, nelle diverse condizioni altimetriche, che hanno portato a determinare una disponibilità netta regionale pari a 735.396 tanno⁻¹. Nella successiva tabella (tab. 4) sono riportati i quantitativi determinati per le diverse provincie.

Tabella 3: Coefficiente di raccolta - potature di olivo

Condizioni altimetriche	Coefficiente di raccolta	PROVINCIA	Potature olivo (t anno ⁻¹)
Pianura	80	Foggia	110.484
Collina	60	Bari	262.993
Montagna	20	Taranto	63.423
		Brindisi	105.788
		Lecce	192.707
		Puglia	735.396

Tabella 4: Disponibilità netta di biomassa da potature di olivo

Disponibilità netta di biomassa da potature di olivo per usi energetici

Per determinare questo valore è stato necessario applicare alla disponibilità netta un coefficiente di uso attuale, come descritto nella metodologia. In funzione dei valori acquisiti a livello provinciale è



Regione Puglia

stata identificata una disponibilità netta regionale di potature di olivo, da destinare al mercato energetico pari a 705.610 t anno⁻¹ (tab. 5).

Tabella 5: Disponibilità netta di biomassa da potature di olivo per usi energetici

PROVINCIA	Potature olivo
	(t anno ⁻¹)
Foggia	110.484
Bari	262.993
Taranto	63.423
Brindisi	95.210
Lecce	173.500
Puglia	705.610

1.1.2 Residui provenienti dalla coltivazione della vite

Per la determinazione dei residui colturali provenienti dalla coltivazione della vite, a differenza della biomassa derivata dall'olivo, è stato necessario distinguere due diverse fonti di provenienza delle biomasse: le potature e gli espanti. Per la determinazione di questi quantitativi di biomasse è stata utilizzata la medesima metodologia di stima descritta precedentemente.

Disponibilità lorda di biomassa da potature di vite

Questo valore è stato determinato attraverso il prodotto tra la superficie viticola ed il coefficiente di produttività, distinguendo tra uva da vino e da tavola, in considerazione della differente gestione agronomica e del diverso sviluppo vegetativo delle due colture (tab. 6).

Tabella 6: Produzione vite e coefficiente di produttività da potature di vite

PROVINCIA	Produzione areica*		Coefficienti di produttività	
	uva da vino	uva da tavola	uva da vino	uva da tavola
	(t ha ⁻¹)			
Foggia	14,0	20,4	3,6	4,3
Bari	8,5	25,4	3,0	4,9
Taranto	6,8	20,0	2,8	4,3
Brindisi	8,3	17,6	2,9	4,0
Lecce	8,0	17,8	2,9	4,0

* elaborazione Regione Puglia su dati ISTAT 2006-2010

In base a questi dati, si è determinata una disponibilità lorda annua di potature di vite pari a 533.033 t anno⁻¹ (tab. 7).

Tabella 7: Disponibilità Lorda di biomassa da potature di vite

PROVINCIA	Potature vite
	(t anno ⁻¹)
Foggia	154.902
Bari	147.335
Taranto	135.879
Brindisi	56.998
Lecce	37.920
Puglia	533.033

Disponibilità netta di biomassa da potature di vite

Come detto precedentemente, la disponibilità netta indica la quantità di biomassa effettivamente raccogliabile. Considerato che nel territorio pugliese le principali forme di allevamento della vite risultano essere il tendone ed il *guyot*, con distanza tra le file maggiori di 2 m, non si evidenziano



Regione Puglia

particolari problemi per la raccolta meccanizzata delle potature, eccetto che per la localizzazione altimetrica degli impianti, per cui i coefficienti di raccolta utilizzati sono gli stessi dell'olivo. La disponibilità potenziale netta è stata quindi stimata pari a 400.091 tanno⁻¹(*tab. 8*).

Tabella 8: Disponibilità netta di biomassa da potature di vite

PROVINCIA	Potature vite (t anno ⁻¹)
Foggia	122.918
Bari	103.674
Taranto	98.668
Brindisi	44.495
Lecce	30.336
Puglia	400.091

Disponibilità netta di biomassa da potature di vite per usi energetici

Per le potature della vite, diversamente da quelle provenienti dalla coltivazione dell'olivo, non esiste attualmente nella regione un mercato alternativo per questi residui colturali. In funzione di questa considerazione, la quantità di potature destinabile alla produzione energetica attraverso impianti a biomassa è stata stimata pari al 95% della disponibilità netta (coefficiente di uso attuale pari al 5%). Nella seguente tabella 9 è riportato il potenziale netto annuo di potature di vite destinabile agli impianti a biomassa.

Tabella 9: Disponibilità netta di biomassa da potature di vite per usi energetici

PROVINCIA	Potature vite (t anno ⁻¹)
Foggia	116.772
Bari	98.490
Taranto	93.735
Brindisi	42.270
Lecce	28.819
Puglia	380.087

Disponibilità di biomassa proveniente dall'espianto della vite

In base alla metodologia adottata (stima su base annua), la quantità di biomassa derivante dall'espianto dei vigneti è stata calcolata pari a 20 t ha⁻¹ e ripartita tra gli anni di durata economica dell'impianto, rispettivamente 35 anni per la vite da vino e 25 anni per quella da tavola.

Sulla base delle considerazioni relative al coefficiente di raccolta, nel caso degli espiantri di vite è possibile affermare che non sussiste differenza tra la disponibilità lorda e netta, in quanto l'entità e le caratteristiche fisiche della biomassa da espianto è tale da non determinare perdite durante l'operazione di raccolta meccanica. La disponibilità netta dei residui provenienti dalle operazioni di espianto dei vigneti pari a 96.304 t, è stata quindi considerata pari a quella lorda (*tab. 10*).

La disponibilità netta per usi energetici degli espiantri di vite trova al pari della biomassa da potature solo una trascurabile attenzione dal mercato tradizionale per usi energetici, per cui il coefficiente di utilizzo attuale è stato considerato pari al 95%. Nella tabella 11 sono riportati i valori, a livello di dettaglio provinciale, della disponibilità netta per usi energetici dei residui provenienti dalle operazioni di espianto dei vigneti.



Regione Puglia

Tabella 10: Disponibilità netta di biomassa proveniente dall'espianto della vite

PROVINCIA	Espianti vite (t anno ⁻¹)
Foggia	25.318
Bari	25.997
Taranto	26.442
Brindisi	11.113
Lecce	7.435
Puglia	96.304

Tabella 11: Disponibilità netta di biomassa proveniente dall'espianto della vite per usi energetici

PROVINCIA	Espianti vite (t anno ⁻¹)
Foggia	24.052
Bari	24.697
Taranto	25.119
Brindisi	10.558
Lecce	7.063
Puglia	91.489

1.1.3 Residui provenienti dalla coltivazione degli agrumi

In Puglia, le coltivazioni agrumicole sono presenti su una superficie di circa 10.000 ha, localizzata per oltre l'85% nella provincia di Taranto, in particolare nella zona dell'Arco Ionico Tarantino, tradizionalmente vocata per le produzioni agrumarie di qualità. Sono state considerate le specie arancio, clementine e mandarino.

Disponibilità lorda di biomassa da potature di agrumi

Per poter definire un coefficiente di produttività per la realtà agrumicola pugliese, si è fatto riferimento ai dati del Report RSE/2009/50 "Rilievo indici di relazione tra produzioni agricole e biomassa residuale associata, analisi del mercato della biomassa residuale nelle province delle regioni: Molise, Campania, Puglia, Basilicata, Calabria, Sicilia, Sardegna" (ENEA, 2009). I dati sono stati elaborati per definire una correlazione tra la quantità di prodotto principale (arancio, mandarino e clementine) ed il co-prodotto rappresentato dalle potature. Ovviamente, tale procedura ha tenuto conto dei livelli produttivi delle tre principali specie agrumarie presenti sul territorio regionale acquisiti come media dei dati ISTAT 2006-2010 ed opportunamente pesati per l'incidenza percentuale della superficie investita da ciascuna specie.

Tabella 12: Produzione agrumi e coefficiente di produttività da potature di agrumi

PROVINCIA	Produzione areica*				Coefficienti di produttività		
	Aranci o (t ha ⁻¹)	mandarino	clementina	arancio	Mandarino	clementina	agrumi*
Foggia	14,8	14,4	15,4	3,7	3,3	4,2	3,7
Bari	15,0	15,5	18,8	3,8	3,6	5,1	3,9
Taranto	32,8	31,2	25,0	8,2	7,2	6,8	7,5
Brindisi	11,9	11,4	11,1	3,0	2,6	3,0	2,9
Lecce	14,2	12,7	14,2	3,5	2,9	3,8	3,6

*media ponderata sulla base del peso delle superfici investite per ciascuna coltura

Le superfici occupate dalle coltivazioni agrumicole a livello comunale sono state determinate attraverso i dati Istat 2000 aggiornati con i dati provinciali ISTAT 2007. Tale analisi ha permesso di stimare un potenziale lordo di potature pari a 58.754 tanno⁻¹(tab. 13).

Tabella 13: Disponibilità Lorda di biomassa da potature di agrumi(t)

PROVINCIA	Potature agrumi (t anno ⁻¹)
Foggia	1.888
Bari	155



Regione Puglia

Taranto	52.580
Brindisi	1.463
Lecce	2.669
Puglia	58.754

Disponibilità netta di biomassa da potature di agrumi

Nella valutazione della disponibilità netta è stata sempre considerata la quantità di biomassa che può essere effettivamente raccolta tramite attività meccanizzate. Nel territorio pugliese è diffusa un'unica forma di allevamento (globo) con sestri d'impianto 5x5 m, caratterizzato da una notevole libertà di accrescimento delle piante, che tendono a vegetare liberamente; questo comporta che una quota del materiale asportato sia rappresentato da rami e branche di grosse dimensioni il cui coefficiente di raccolta è stimato tra l'80% nelle aree pianeggianti ed il 60% nelle aree collinari litoranee, in particolare del Gargano.

Il valore di biomassa netta così determinato è pari a 44.367 tonnellate, di cui circa il 90% disponibile nella provincia di Taranto (*tab. 14*).

Tabella 14: Disponibilità netta di biomassa da potature di agrumi

PROVINCIA	Potature agrumi (t anno ⁻¹)
Foggia	1.184
Bari	102
Taranto	39.785
Brindisi	1.160
Lecce	2.135
Puglia	44.367

Disponibilità netta di biomassa da potature di agrumi per usi energetici

Le indagini condotte presso i mercati locali della legna da ardere e presso interviste agli stakeholders hanno portato a valutare un coefficiente di utilizzo attuale delle potature di agrumi nell'ordine del 10%, con una disponibilità per impianti a biomassa pari a 39.930 t anno⁻¹ (*tab. 15*).

Tabella 15: Disponibilità netta di biomassa da potature di agrumi per usi energetici

PROVINCIA	Potature agrumi (t anno ⁻¹)
Foggia	1.066
Bari	92
Taranto	35.807
Brindisi	1.044
Lecce	1.922
Puglia	39.930

Disponibilità di biomassa proveniente dall'espianto di agrumi

Al pari delle altre coltivazioni arboree, per la stima delle biomasse da espiantri di agrumeti si è fatto riferimento ai dati riportati in ANPA, 2001. I valori dell'indagine hanno messo in evidenza una vita economica media dell'agrumeto della durata di 50 anni ed una produzione media in biomassa da espianto pari a 45 t ha⁻¹, da cui è stato possibile calcolare una produzione di biomassa annua da espiantri pari a 0,9 t ha⁻¹.

Anche nel caso degli agrumi la disponibilità netta (*tab. 16*) è stata considerata pari a quella lorda, non esistendo limiti di carattere agronomico per la raccolta meccanizzata. Inoltre, il possibile recupero di



Regione Puglia

elevate quantità di biomasse destinabili ai mercati energetici permette il superamento dei limiti altimetrici e di tipo logistico.

Contrariamente a quanto avviene per le potature di agrumi, per la legna di agrumi da espanti si è rilevato un discreto interesse per usi energetici tradizionali. I residui colturali provenienti dalla coltivazione degli agrumeti trovano, infatti, generalmente utilizzo nel mercato della legna da ardere; essendo questo mercato maggiormente remunerativo rispetto a quello degli impianti industriali a biomasse, è risultato opportuno applicare un coefficiente di uso attuale pari all'80%. E' stato pertanto stimato un potenziale netto nel territorio regionale pari a 1.585 t anno⁻¹ (tab. 17).

Tabella 16: Disponibilità netta di biomassa proveniente dall'espanto di agrumi

PROVINCI A	Espanti agrumi (t anno ⁻¹)
Foggia	460
Bari	36
Taranto	6.296
Brindisi	460
Lecce	672
Puglia	7.923

Tabella 17: Disponibilità netta di biomassa proveniente dall'espanto degli agrumi per usi energetici

PROVINCI A	Espanti agrumi (t anno ⁻¹)
Foggia	92
Bari	7
Taranto	1.259
Brindisi	92
Lecce	134
Puglia	1.585

1.1.4 Residui provenienti dalla coltivazione dei fruttiferi

Tra le colture arboree prese in esame si è tenuto conto anche dei fruttiferi significativamente presenti sul territorio regionale come il mandorlo, presente su una superficie di circa 26.000 ha di cui il 70% in provincia di Bari, il ciliegio con 17.000 ha, quasi tutti concentrati nella stessa provincia ed il pesco, con 4.700 ha circa, distribuiti prevalentemente tra le province di Foggia, Bari e Brindisi. La valutazione della disponibilità delle biomasse dei fruttiferi è stata calcolata come insieme delle tre colture considerate, pur adottando criteri che tengono conto delle peculiarità di ciascuna.

Disponibilità lorda di biomassa da potature di fruttiferi

I coefficienti di produttività utilizzati per i frutteti (tab. 18), derivano dalla citata analisi condotta dall'Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente (ANPA, 2001) in quanto, nel confronto con esperti del settore, sono stati ritenuti più aderenti alle realtà produttive regionali.

Tabella 18: Produzione areica di frutti e coefficiente di produttività da potature di fruttiferi

PROVINCIA	Produzione areica*			Coefficienti di produttività			
	mandorlo	ciliegio	Pesco	mandorlo	ciliegio	Pesco	fruttiferi *
	(t ha ⁻¹)						
Foggia	2,1	3,9	19,9	3,9	0,4	4,0	3,5
Bari	1,0	2,7	25,0	1,9	0,3	5,0	2,3
Taranto	2,1	7,0	15,3	4,0	0,7	3,1	2,7
Brindisi	0,8	6,3	10,2	1,5	0,6	2,0	2,6
Lecce	1,9	3,7	14,1	3,7	0,4	2,8	4,1

*media ponderata sulla base del peso delle superfici investite per ciascuna coltura

Le superfici interessate da queste colture fanno riferimento ai dati ISTAT 2000 a livello comunale aggiornati al 2007, come indicato nella metodologia. Anche in questo caso, il livello produttivo delle tre specie fruttifere è stato determinato come media dei dati ISTAT 2006-2010 ed opportunamente



Regione Puglia

pesato per l'incidenza percentuale della superficie investita da ciascuna coltura. In tal modo è stato possibile determinare la disponibilità lorda di potature dei fruttiferi maggiormente rappresentati sul territorio regionale, complessivamente pari a 71.180 t anno⁻¹ (tab. 19).

Tabella 19: Disponibilità lorda di biomassa da potature di fruttiferi

PROVINCIA	Potature fruttiferi (t anno ⁻¹)
Foggia	11.384
Bari	42.019
Taranto	6.684
Brindisi	9.140
Lecce	1.953
Puglia	71.180

Disponibilità netta di biomassa da potature di fruttiferi

L'intervento di raccolta meccanizzata dei residui colturali dei fruttiferi è influenzato dalla frammentazione aziendale e dalla consociazione colturale; per la determinazione del coefficiente di raccolta si sono quindi acquisite ed analizzate informazioni di carattere agronomico, anche attraverso interviste ai tecnici operanti sul territorio regionale, ed utilizzate varie fonti bibliografiche. In tal modo è stato definito uno scenario regionale, relativamente alla coltivazione di mandorlo, ciliegio e pesco, caratterizzato da una discreta presenza di impianti specializzati, soprattutto tra quelli più recenti, a fronte di una tradizionale presenza di impianti promiscui, dove si può registrare qualche limitazione nelle operazioni di raccolta meccanizzata delle potature.

Pur tuttavia, l'incidenza degli impianti promiscui può essere ritenuta marginale rispetto agli impianti specializzati in particolare di ciliegio e pesco, per cui i coefficienti di raccolta sono stati stimati con la stessa metodologia utilizzata per le altre arboree.

In generale, nelle situazioni di pianura si è ritenuta pari all'80% la quota di potature raccogliabili, per scendere al 60% nelle situazioni di collina. La *disponibilità netta* di potature di fruttiferi così calcolata è risultata di 46.744 t anno⁻¹ (tab. 20).

Tabella 20: Disponibilità netta di biomassa da potature di fruttiferi

PROVINCIA	Potature fruttiferi (t anno ⁻¹)
Foggia	7.900
Bari	26.478
Taranto	4.356
Brindisi	6.447
Lecce	1.562
Puglia	46.744

Disponibilità netta di biomassa da potature di fruttiferi per usi energetici

Il coefficiente d'uso attuale, come detto precedentemente, è determinato in base alla presenza di mercati già consolidati e più remunerativi rispetto a quello energetico non tradizionale. Poiché non esistono mercati alternativi per le potature dei fruttiferi, la disponibilità netta per gli impianti industriali a biomassa è stata determinata pari al 95%. E' stata pertanto determinata una disponibilità netta pari a 44.406 t anno⁻¹ (tab. 21).

Tabella 21: Disponibilità netta di biomasse da potature di fruttiferi per usi energetici

PROVINCIA	Potature fruttiferi (t anno ⁻¹)
Foggia	7.505
Bari	25.154



Regione Puglia

Taranto	4.138
Brindisi	6.125
Lecce	1.484
Puglia	44.406

Disponibilità di biomassa proveniente dall'espianto di fruttiferi

La carenza di dati acquisiti direttamente sul territorio relativamente alla disponibilità di biomasse da espianti di fruttiferi ha stimolato una indagine presso esperti del settore per una verifica della possibilità di mutuare i dati disponibili in bibliografia (ANPA, 2001; ENEA,2009) per la loro stima sul territorio regionale. Tale lavoro, al pari di quanto avvenuto per la stima delle biomasse da potatura dei fruttiferi, ha confermato la maggiore aderenza dei valori ottenuti dall'ANPA alle realtà frutticole pugliesi. La durata media della vita economica del mandorlo e del ciliegio è stata valutata pari a 20 anni, con produzioni di biomassa a seguito dell'espianto rispettivamente di 40,0 e di 50,0 t ha⁻¹, per il pesco è stata stimata una vita economica pari a 15 anni ed una produzione di biomassa di 75,0 t ha⁻¹.

Per la stima su base annua dei residui da espianto si è calcolato il coefficiente di produttività per ciascuna coltura, da cui si è ottenuto un valore unico corrispondente alla media ponderata sulla base della superficie investita da ogni singola specie. La disponibilità potenziale netta è stata considerata pari a quella lorda per le stesse ragioni precedentemente illustrate per le colture della vite e degli agrumi. La disponibilità potenziale netta per usi energetici è stata considerata pari all'80% della disponibilità netta, in considerazione dello scarso apprezzamento nel mercato della legna da ardere. Tale disponibilità netta è stata quindi stimata pari a 87.663 t anno⁻¹(tab. 23).

Tabella 22: Disponibilità netta di biomassa proveniente dall'espianto di fruttiferi

PROVINCIA	Espianti fruttiferi (t anno ⁻¹)
Foggia	14.316
Bari	72.468
Taranto	5.137
Brindisi	14.983
Lecce	2.674
Puglia	109.578

Tabella 23: Disponibilità netta di biomassa proveniente dall'espianto di fruttiferi per usi energetici

PROVINCIA	Espianti agrumi (t anno ⁻¹)
Foggia	11.452
Bari	57.974
Taranto	4.110
Brindisi	11.986
Lecce	2.139
Puglia	87.663

1.2 COLTURE ERBACEE

1.2.1 Residui provenienti dalle colture cerealicole

Nell'ambito delle superfici a seminativi regionali, i cereali a paglia occupano il 70% circa con oltre 400 mila ettari coltivati prevalentemente a frumento duro (90%) ed in misura più contenuta ad orzo ed avena. Oltre il 60% della superficie coltivata a cereali a paglia è localizzata nella provincia di Foggia a conferma della spiccata vocazionalità di questo territorio verso le coltivazioni granarie; segue la provincia di Bari con un 16% circa, quella di Taranto e Lecce con un 8% circa e quella di Brindisi con meno del 3%.

Il livello produttivo di queste colture, espresso come prodotto principale, è di circa 1 milione di tonnellate di granella, a fronte di una quantità di co-prodotto, rappresentato dalle paglie, la cui entità



Regione Puglia

non è riportata nelle statistiche ufficiali ma che può essere ragionevolmente stimata sulla base di opportune valutazioni di carattere tecnico-agronomico.

Si è applicata una metodologia basata sulle produzioni areiche medie in granella per il comprensorio, tenuto conto delle caratteristiche delle varietà in coltivazione (taglia, resistenza all'allettamento, rusticità) e dell'attitudine produttiva del territorio, e calcolata la quantità di paglia utilizzando indici di raccolta riportati in bibliografia. Come per il frumento, anche per l'orzo si sono diffuse nuove varietà a taglia bassa con elevata resistenza all'allettamento. Per l'avena, a differenza degli altri cereali autunno vernini, si è riscontrata una minore diffusione di varietà migliorate, per cui la tendenza diffusa è il riutilizzo di sementi prodotte a livello aziendale, non ascrivibili a varietà note. Questa specie presenta la caratteristica di avere un elevato rigoglio vegetativo rispetto agli altri cereali autunno vernini. Considerata l'entità delle superfici occupate da cereali minori (orzo e avena), si è applicato lo stesso coefficiente di produttività del frumento anche alle superfici occupate da orzo e avena, poiché tale assunto non comporta cambiamenti sostanziali nel risultato della stima.

Allo scopo di individuare le produzioni areiche unitarie o coefficienti di produttività di paglia, nei differenti contesti pedoclimatici regionali è stato effettuato uno studio di vocazionalità territoriale del frumento secondo la metodologia (Giardini *et al.*, 1997) riportata per le colture dedicate, concepita per avere una classificazione che consenta di stimare la potenzialità produttiva agricola in termini quantitativi, e che inoltre si presta molto bene per una stima della "potenzialità agronomica generale" del territorio, vale a dire dell'attitudine ad ospitare l'insieme delle più importanti specie agrarie di una certa fascia climatica, fino a spingersi ad una definizione della "vocazione culturale specifica".

L'analisi ha consentito di costruire una mappatura del territorio regionale con l'individuazione, per ciascun punto della mappa, della potenzialità produttiva in granella (coefficienti di produttività) del frumento.

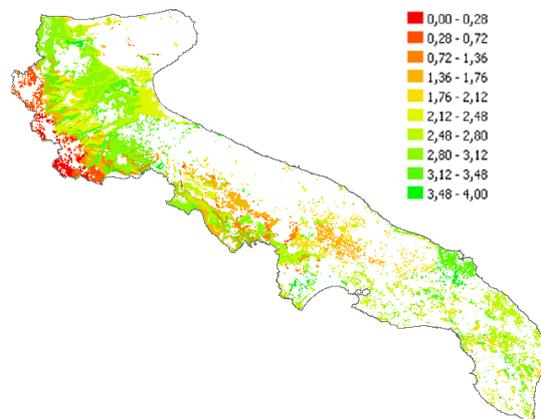


Fig. 1: Cartografia delle produzioni areiche in paglia di frumento ($t\ ha^{-1}$)

A partire da tale elaborazione, e sulla base di indici di raccolta (prodotto principale/biomassa totale) riportati in letteratura (Baltoni e Giardini, 1993; Larsson, 2006; ANPA, 2001; ENEA, 2011) si è ritenuto di adottare un valore per l'indice di raccolta pari a 0.5, ottenendo così i coefficienti di produttività in paglie al livello di dettaglio comunale. Dalle superfici comunali e dai coefficienti di produttività in paglia è stato possibile calcolare infine la disponibilità potenziale lorda di biomassa da residui agricoli erbacei. Per le successive stime della disponibilità potenziale netta e della disponibilità potenziale netta per usi energetici sono stati utilizzati gli stessi criteri descritti nella metodologia generale per la stima delle biomasse agricole residuali.

Disponibilità lorda di biomassa da paglia

Le superfici considerate sono state quelle occupate dalle coltivazioni di cereali a paglia, considerando il frumento (duro e tenero), l'orzo e l'avena ed escludendo le superfici, poco diffuse, di cereali a ciclo primaverile-estivo (mais e sorgo). La fonte statistica per la determinazione di queste superfici infatti



Regione Puglia

fa capo ai dati ISTAT 2000 relativi al Censimento Generale dell'Agricoltura, integrati con i dati ISTAT 2007 su base provinciale.

I coefficienti di produttività in paglie sono stati calcolati secondo la metodologia descritta a livello comunale, sulla base dell'attitudine produttiva del territorio regionale alla produzione di granella di frumento; l'indice di raccolta utilizzato è stato di 0,5; nella tabella seguente (tab. 24) sono riportati i valori medi dei coefficienti per le diverse province. Questa metodologia di stima ha portato ad individuare un potenziale lordo di paglie pari a 1.214.674 t anno⁻¹ (tab. 25).

Tale disponibilità risulta differenziata per le diverse province, con una prevalenza nella provincia di Foggia in cui è presente il 62% del totale regionale (circa 750.000 t anno⁻¹), mentre si è stimato un valore del 16% nella provincia di Bari, con localizzazione soprattutto nelle aree interne e in quelle al confine con la regione Basilicata; le altre province detengono disponibilità inferiori, anche per effetto della minore incidenza delle superfici a seminativi.

Tabella 24 : Produzione areica in granella e coefficienti di produttività di paglia

Tabella 25 : Disponibilità potenziale lorda di biomassa da paglia

PROVINCIA	Produzione areica granella* (t ha ⁻¹)	Coefficiente di produttività paglia	PROVINCIA	paglie cereali (t anno ⁻¹)
Foggia	2,8	2,8	Foggia	754.774
Bari	2,4	2,4	Bari	188.887
Taranto	2,6	2,6	Taranto	92.999
Brindisi	2,9	2,9	Brindisi	72.160
Lecce	2,8	2,8	Lecce	105.854
* elaborazione regione Puglia su metodologia CATI			Puglia	1.214.674

Disponibilità netta di biomassa da paglia

La disponibilità netta di biomassa è stata considerata pari al 95% di quella lorda. Difatti, la raccolta meccanizzata di questi residui colturali non incontra specifiche difficoltà che possano determinare una riduzione della biomassa raccogliabile. Inoltre, attraverso interviste a tecnici regionali ed imprenditori agricoli del territorio è stato riscontrato che la paglia non viene pressochè utilizzata come ammendante organico. La disponibilità potenziale netta è risultata essere pari a 1.153.940 t anno⁻¹(tab. 26).

Tabella 26 : Disponibilità netta (t) di biomassa da paglia

PROVINCIA	paglie cereali (t anno ⁻¹)
Foggia	717.035
Bari	179.443
Taranto	88.349
Brindisi	68.552
Lecce	100.561
Puglia	1.153.940

Disponibilità netta di biomassa da paglia per usi energetici

Nella Provincia di Foggia, attraverso indagini sul posto, è stata riscontrata la vendita dei residui delle colture cerealicole verso i mercati zootecnici della Campania e del Centro Nord Italia (esclusivamente per la paglia proveniente dai cereali autunno-vernini). Dati rilevati dalla Camera di Commercio di Foggia evidenziano una spiccata tendenza all'innalzamento del prezzo della paglia di frumento nell'ultimo triennio (2009-2011) (fig. 2). I valori hanno fatto registrare in questo arco temporale incrementi variabili tra il 60 ed il 150%, in parte attribuibili a forti richieste di paglia ad uso zootecnico provenienti dai mercati del nord afflitti da carenza di prodotto per avversi andamenti

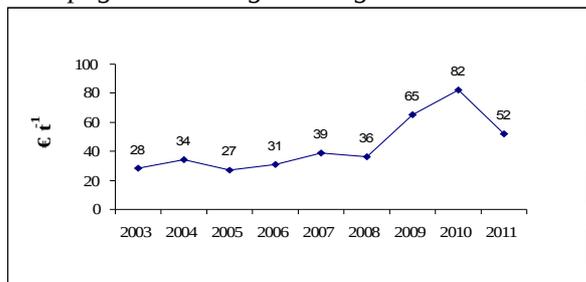


Regione Puglia

climatici. Il prezzo di riferimento è applicato franco arrivo nei centri di stoccaggio della paglia dove viene venduta in balle di forma circolare o di parallelepipedo di 400 - 450 kg. Da indagini nel territorio è emerso che la vendita della paglia da parte dell'agricoltore verso i piazzali di stoccaggio avviene nella forma franco destinazione. Questa modalità di compravendita prevede che sia il compratore della paglia a preoccuparsi delle spese relative all'imballatura ed al trasporto della paglia. Il mercato della paglia è inoltre condizionato da fattori esogeni che causano sostanziali variazioni di prezzo. In particolare, la crisi attuale del settore zootecnico e le forti oscillazioni in questi ultimi anni del prezzo del grano duro determinano l'instabilità del mercato della paglia.

In questo contesto, iniziative industriali volte alla valorizzazione energetica delle paglie possono rappresentare una alternativa, soprattutto se supportate da accordi di filiera a garanzia di una stabilità di approvvigionamento e di prezzo della materia prima. In base a queste considerazioni la quantità di paglia, proveniente dai cereali autunno-vernini, che può essere destinata alla valorizzazione energetica è di almeno l'80% della disponibilità netta; pertanto è stato stimato un potenziale netto per le finalità energetiche non tradizionali pari a 923.152 t anno⁻¹(tab. 27).

Figura 2: Evoluzione del prezzo medio annuo della paglia nella Regione Puglia



Fonte: elaborazioni Regione Puglia su dati Camera di Commercio Foggia

Tabella 27: Disponibilità netta di biomassa da paglia per usi energetici

PROVINCIA	paglie cereali (t anno ⁻¹)
Foggia	573.628
Bari	143.554
Taranto	70.679
Brindisi	54.842
Lecce	80.449
Puglia	923.152

2. BIOMASSE FORESTALI RESIDUALI

L'analisi della potenzialità delle biomasse forestali tiene conto di un approccio sistemico, articolato in: protezione delle foreste e tutela dell'ambiente; sviluppo economico del settore forestale; informazione ed educazione ambientale; potenziamento degli strumenti conoscitivi, attività di ricerca e sperimentazione. Le basi d'analisi, per la determinazione della biomassa disponibile da residui forestali, sono stati la ripartizione territoriale delle superfici forestali e la loro tipologia, dedotta dal CORINE LAND COVER 2004 del 5° livello, i dati relativi alle tavole alsometriche e dendrometriche dell'Istituto Sperimentale per l'Assessment Forestale e per l'Alpicoltura (ISAFSA) ed i risultati dell'Inventario Nazionale delle Foreste e del Carbonio (INFC) del 2005.

La Regione Puglia presenta un basso indice di boscosità, in un contesto territoriale dominato da paesaggi agrari. La superficie forestale regionale (bosco + altre terre boscate) è la più bassa d'Italia (INFC 2005) ovvero il 7,5 % rispetto alla superficie totale della Regione². Il nuovo Inventario Forestale Nazionale, realizzato nel corso 2005, stima in 179.040 ha la superficie boscata della Regione Puglia, di cui 145.889 ha di bosco e 33.151 ha di altre terre boscate, queste ultime sono costituite fondamentalmente da bosco basso e dalla macchia mediterranea. L'analisi effettuata per il presente lavoro, con le informazioni del CORINE L.C., non differisce molto rispetto ai dati totali del soprassuolo forestale forniti dall'INFC 2005. Tuttavia vi è una forte differenza nella ripartizione delle superfici fra soprassuolo classificato bosco ed altre terre boscate. Il CORINE L.C. presenta infatti la

² Quest'affermazione si limita alla consistenza delle superfici e non al valore ambientale e sociale dei soprassuoli forestali della Puglia.



Regione Puglia

ripartizione seguente: 185.570 ha di superficie boscata di cui 109.394 ha di bosco e 76.176 ha di zone caratterizzate da vegetazione arbustiva.

In stretta correlazione con la finalità del lavoro, riferita alla stima su base comunale della biomassa per usi energetici non tradizionali, l'attenzione si è focalizzata sulle superfici riconosciute come soprassuolo "bosco" secondo la classificazione del CORINE L.C. Questa scelta permette di effettuare le analisi spaziali su base comunale. Secondo il CORINE L.C., la provincia con la più elevata presenza di soprassuoli forestali è Foggia (60,1%), seguita da Taranto (17,9%), Bari (17,8%), Lecce (2,5%) e Brindisi (1,8%). Sempre secondo detti dati, il 45,5% delle superfici a bosco ricade in ZPS. Nel contesto forestale, un fattore certamente negativo è il ripetersi di incendi boschivi con oltre 3.500 ha bruciati in media ogni anno (dati Corpo Forestale dello Stato, servizio antincendio boschivo e Legambiente, periodo 1996-2007), equivalenti a circa il 2% di superficie forestale regionale perduta ogni anno.

Per le caratteristiche dei boschi della Puglia si utilizzano le informazioni dell'INFC 2005 considerate in valore percentuale. Secondo questa classificazione il 64,2 % della superficie boscata appartiene a privati, il restante 35,1 % è di proprietà pubblica, lo 0,7% non è classificabile. Il vincolo idrogeologico è presente nella grande maggioranza dei boschi, in oltre l'80% del totale. Questo aspetto non impedisce che la disponibilità al prelievo raggiunga la quasi totalità della superficie forestale (97,1% del totale). I boschi sono altresì esenti per oltre il 96 % da fenomeni di dissesto, fattori determinati dalla debole altimetria e clivometria del territorio. Il 60% delle foreste è situato infatti sotto i 500 m slm e le pendenze dei terreni sono lievi e non accidentate su quasi il 70% dei boschi. Permane comunque il dato generale di una limitata consistenza del patrimonio forestale della Puglia con le tipologie forestali più caratteristiche che appaiono di notevole significato ecologico-ambientale, ma di modesta rilevanza produttiva. L'estensione delle tagliate e le quantità di massa legnosa prelevata evidenziano in modo molto chiaro la scarsa rilevanza della risorsa in termini energetici ed una tendenza all'accumulo della risorsa.

Da questo primo quadro sintetico emerge con evidenza che le funzioni prevalenti dei boschi pugliesi sono legate al loro valore ecologico, paesaggistico e di tutela della biodiversità. Gli interventi a sostegno delle attività forestali sono stati orientati, negli anni più recenti, a risultati di protezione delle superfici esistenti (attività antincendio) e di miglioramento strutturale e funzionale, risultati ottenibili tuttavia solo sul lungo periodo. Benché i boschi pugliesi si caratterizzino per valori di provvigione assai contenuti, vi sono Comuni e territori intercomunali con aree boscate di un certo rilievo, nei quali potrebbero essere ipotizzabili specifici interventi a sostegno di una maggiore efficienza di utilizzo della biomassa forestale.

Metodologia

La conoscenza della disponibilità di biomassa forestale per ambiti territoriali successivi (comunale, provinciale, regionale) permette una programmazione integrata del territorio in un sistema di gestione ambientale sostenibile. La determinazione del potenziale di biomassa forestale della Regione Puglia è stata condotta per entità territoriali comunali. Per effettuarla, valutando le quantità usufruibili in un sistema di gestione sostenibile, si è fatto riferimento ad una matrice di valori; inoltre, si è operata una distinzione fra biomassa in provenienza da latifoglie o da conifere in considerazione della diversa domanda del mercato e della diversa destinazione.

La determinazione della disponibilità di biomassa da residui forestali in Puglia è ancora affetta da qualche incertezza. Si osserva da un lato la diversità nella ripartizione dei soprassuoli forestali fra l'INFC del 2005 ed il CORINE L.C. 2004 di 5° livello. Il primo strumento d'analisi (INFC, 2005) non permette l'identificazione territoriale dei soprassuoli inventariati, ma offre un'analisi di dettaglio come il governo, la proprietà, le caratteristiche, i fattori ambientali, etc. Il CORINE L.C. non permette di associare alle tipologie forestali adottate le loro caratteristiche come nel caso dell'inventario forestale, ma consente di operare a livello spaziale, fattore determinante nella programmazione integrata del territorio e per la realizzazione di una banca dati su base comunale. Per questa ragione, la stima della potenzialità della biomassa forestale regionale è basata per i valori



Regione Puglia

relativi alla superficie sui dati del CORINE L.C. 2004 di 5° livello, per i valori dendrometrici sulle informazioni desunte dalle tavole pubblicate dall'ISAFa e per i coefficienti d'utilizzazione sulla conoscenza della realtà forestale regionale, del mercato locale del legno e sulle informazioni desunte dall'INFC 2005. Di seguito (tab.28) sono riportati i dati disponibili e ricavati da fonti ufficiali regionali e nazionali:

Tabella 28: Stime di riferimento in ambito forestale in Puglia

Stima di riferimento	Bosco (ha)	Altre terre boscate (ha)	Superficie forestale totale
CORINE L.C. 1990	127.469	50.545	178.014
CORINE L.C. 1999	141.057	32.765	173.822
Istat 2000, anno di riferimento 1997	101.417	15.112	116.529
CORINE L.C. 2004	109.394	76.176	185.570
INFC 2005	145.889	33.151	179.040

Note: i valori riportati a volte differiscono di centinaia di unità secondo la bibliografia consultata.

L'analisi fornisce la valutazione della potenzialità della biomassa forestale a livello regionale in termini di produzione sostenibile. La metodologia fornisce la valutazione della potenzialità della biomassa da destinarsi alla filiera della produzione di calore ed energia elettrica da impianti specifici, separandola da quella destinata al riscaldamento tradizionale. La quantità di biomassa forestale per area comunale è stata calcolata in due categorie: legname (legna da opera e legna da ardere) e sottoprodotti.

La stima del potenziale in legname è suddivisa secondo la loro provenienza da soprassuoli costituiti da latifoglie, da conifere o formazioni miste. I dati così ottenuti sono successivamente aggregati in due categorie finali di biomassa destinata al riscaldamento tradizionale (latifoglie) oppure alla filiera della produzione di calore ed energia elettrica da impianti specifici (conifere e sottoprodotti forestali da soprassuoli di conifere e latifoglie posti al di sotto di 500 m s.l.m.). La biomassa ritraibile dalle conifere viene considerata disponibile per il mercato energetico su scala industriale, non trovando utilizzi validi nei mercati tradizionali (legna da ardere e da opera). Allo stesso modo è possibile immaginare il recupero dei sottoprodotti della gestione forestale solo per boschi presenti ad altitudini non eccessive (< 500 m s.l.m.) dovendo ricorrere ad interventi di meccanizzazione.

La categoria di biomassa destinata a legna da ardere per riscaldamento tradizionale è comprensiva della legna da opera. Infatti dall'analisi dei dati disponibili e dalle considerazioni sul mercato locale la quota di legname dei soprassuoli forestali della Regione Puglia e destinato ad opera (esclusivamente faggio) è minimo e quindi non significativo nell'obiettivo della determinazione. I dati sono forniti per ciascun Comune senza soglia minima limite di superficie di soprassuolo boschivo. Sono state pertanto prese in considerazione anche realtà con produttività esigua, poiché utilizzabili dal punto di vista dell'identificazione di aree intercomunali e interprovinciali per la valorizzazione a fini energetici delle potenzialità di biomasse forestali.

La determinazione della biomassa forestale nella sua articolazione territoriale (comunale, provinciale e regionale), dai dati di copertura del suolo del CORINE LAND COVER, 2004 del 5° livello, ed i valori delle tavole alometriche e stereometriche dendrometriche dei boschi italiani (ISAFa), è espressa, per tipologie forestali, in t/anno di legname ad umidità normale 12-15 % ed è dedotta dalla formula: $B = S \cdot B_t \cdot M \cdot C$, dove:

- B = Biomassa usufruibile (t/anno)
- S = Superficie della tipologia forestale adottata dal CORINE L.C. (ha)
- B_t = Biomassa annua prelevabile per tipologia forestale adottata dal CORINE L.C. ($m^3/ha/anno$)
- M = Massa volumica del legno ad umidità 12%-15% (t/m^3)
- C = Coefficiente d'utilizzazione (%)

La biomassa usufruibile rappresenta la stima della disponibilità di legname ritraibile in media annualmente dagli ecosistemi territoriali della Regione Puglia adottando una gestione sostenibile.



Regione Puglia

Riguardo le tipologie forestali, si opera una distinzione fra biomassa in provenienza da latifoglie e da conifere; per la biomassa da latifoglie la destinazione principale è il mercato della legna da ardere e secondario quello da opera (faggio), la biomassa da conifere, in considerazione della scarsità di domanda del mercato, può essere destinata alla filiera della produzione di calore ed energia elettrica da impianti specifici.

La superficie della tipologia forestale ricavata dall'analisi del CORINE L.C. è espressa in ettari. Il livello di base sono le superfici dei soprassuoli del territorio per ogni singolo Comune, in seguito raggruppate per province ed infine per l'intera Regione. I soprassuoli appartenenti al sistema di aree protette sono stati separati rispetto alle altre categorie di boschi in ragione di una diversa gestione.

La biomassa annua prelevabile per tipologia forestale corrisponde alla media annua ad ettaro ricavata per analisi ponderata dai dati delle tavole alsometriche e stereometriche dei boschi italiani a livello nazionale (ISAFA). La biomassa forestale prelevabile è espressa in m³/ha/anno. Il valore di biomassa annua ad ettaro per tipologia forestale adottata dal CORINE L.C. è desunta da quella delle singole specie. La biomassa forestale annua prelevabile per specie (Bs), espressa anch'essa in m³/ha/anno, è dedotta dalla massa principale a fine turno, comprensiva della massa intercalare nel caso delle fustaie. Per ogni singola specie è stato adottato il valore medio del turno riferito alla classe di fertilità media utilizzando le tavole alsometriche e stereometriche dell'ISAFA.

La formula adottata per la determinazione della biomassa forestale annua per specie è la seguente:

$$Bs = \frac{\text{Massa principale}}{T} + \frac{\text{Massa intercalare}}{T}$$

dove:

- Bs = biomassa forestale annua per specie (m³/ha/anno).
- Massa principale = massa principale a fine turno della specie dedotta dalla classe di fertilità media per la durata di turno medio (m³/ha).
- Massa intercalare = massa intercalare come sommatoria degli interventi colturali (solamente per le fustaie) della specie dedotta dalla classe di fertilità media per la durata di turno medio (m³/ha).
- T = turno definito come durata media della specie.

I valori di biomassa forestale ad ettaro annua per ogni singola specie risultano quindi come ponderali di molteplici valori a rappresentatività della varietà dei soprassuoli riscontrabile a livello della realtà di terreno. Si è provveduto infine ad adottare un valore di biomassa annua ad ettaro per tipologia forestale adottata dal CORINE L.C. secondo i parametri della composizione della tipologia stessa.

I valori di riferimento della massa volumica a umidità normale (12-15%) sono stati ricavati da G. Giordano, Tecnologia del legno, Volume 3°. I valori adottati per ogni singola specie sono di "valore medio" espressi in t/m³. Come nella determinazione degli altri parametri, è stato adottato un valore ponderale di massa volumica per ogni tipologia forestale utilizzata per le classificazioni del CORINE L.C. I valori così ottenuti sono stati inseriti in una matrice di riferimento.

Il coefficiente d'utilizzazione è espresso in termini percentuali e si applica alla biomassa forestale ottenibile da una tipologia di soprassuolo adottata dal CORINE L.C. Il coefficiente di utilizzazione è dedotto dal grado di protezione del territorio (ZPS), dalla tipologia di soprassuolo in analisi e dalla conoscenza del mercato locale. Per i soprassuoli forestali classificati in aree ZPS, sono state prese in considerazione la missione conservativa e l'importanza naturalistica e turistica nella gestione delle foreste. Quest'approccio prevede forme di gestione non lineari ed estensive previste dalla selvicoltura sistemica. Ne consegue che gli interventi prevedibili sono cauti, continui e capillari con l'obiettivo di seguire i processi evolutivi dell'ecosistema. Il prelevamento è basato sulla ripresa colturale con un prodotto periodico finalizzato alla conservazione ed all'aumento della complessità. In tale contesto, il coefficiente d'utilizzo è stimato fra ¼ ed ⅓ della biomassa forestale annua prelevabile per tipologia forestale adottata dal CORINE L.C. Non è considerata l'utilizzazione dei sottoprodotti forestali



Regione Puglia

(ramaglia), poiché è stimato che tale biomassa sia conservata direttamente sul posto a protezione ed arricchimento del suolo (salvo i problemi di prevenzione degli incendi).

Il coefficiente d'utilizzo per i soprassuoli forestali al di fuori delle ZPS assume un valore maggiore sino all'equivalente della biomassa forestale annua prelevabile per tipologia forestale adottata dal CORINE L.C.

Tuttavia, i valori di utilizzazione sono più prudenti per le conifere rispetto alle latifoglie. Di fatto gli impianti di conifere sono spesso associati ad attività ricreative e turistiche; di conseguenza è prevista un'utilizzazione inferiore rispetto ai soprassuoli a latifoglie. Su quest'ultima categoria di piante si esercita la forte pressione del mercato della legna da ardere, per cui il coefficiente di utilizzazione è leggermente più elevato. Infine per tutte le tipologie di soprassuoli sotto i 500 m s.l.m. in ragione della loro presunta facilità d'accesso e quindi di prelievo, è presa in considerazione la possibilità di commercializzazione dei sottoprodotti forestali. I coefficienti utilizzati variano dal 15 al 20 % dell'incremento medio annuo.

I valori stimati sono stati inseriti in una matrice di riferimento. Un'ulteriore precisazione è necessaria per i valori di biomassa annua media prelevabile ad ettaro. Questo valore medio è utilizzato per i soprassuoli di latifoglie in grado di garantire una rigenerazione vegetativa per la loro capacità pollonifera e per quelli di conifere che non hanno questa capacità di riproduzione dopo il taglio alla ceppaia. Tuttavia le conifere, non possedendo la capacità pollonifera, non saranno in grado di mantenere lo stesso livello di produzione dei soprassuoli a latifoglie dopo interventi di taglio raso o di diradamento.

Questo aspetto diverrà tanto più importante a misura che si opereranno gli interventi nel tempo sino al taglio finale del soprassuolo di conifere per sopraggiunti limiti d'età della piantagione. La stima in oggetto pertanto è valida solamente nel caso i soprassuoli di conifere siano gestiti con operazioni in rotazione di piantagioni, cure colturali e/o diradamenti, tagli di prelievo e successivo imboscimento, per perpetuare la produttività media ad ettaro. Nel caso in cui questo tipo di gestione non sia applicato, i soprassuoli a conifere non potranno più essere presi in considerazione come risorsa potenziale in biomassa disponibile. In quest'ultima ipotesi i prelievi da soprassuoli di conifere saranno limitati ad interventi puntuali nel tempo per i diradamenti ed al taglio finale secondo la gestione del bosco.

Pertanto, in caso di una gestione non continuativa per le conifere, sarebbe più corretto considerare solo la disponibilità una tantum di biomassa sulla base della massa intercalare come sommatoria degli interventi colturali e della massa principale a fine turno della specie.

Per effettuare queste stime però, si renderebbe necessaria una base informativa più dettagliata (non disponibile al momento), soprattutto in riferimento all'età della piantagione. E' per questo motivo che, anche per le conifere, la determinazione è stata effettuata sugli accrescimenti.

Disponibilità di biomassa forestale

La tabella seguente (tab. 29)riporta i dati complessivi a livello regionale suddivisi per provincia (valori espressi in t anno⁻¹ di biomassa forestale ad umidità normale = 12-15%).

Tabella 29: Superficie dei boschi e relative potenzialità di biomassa forestale

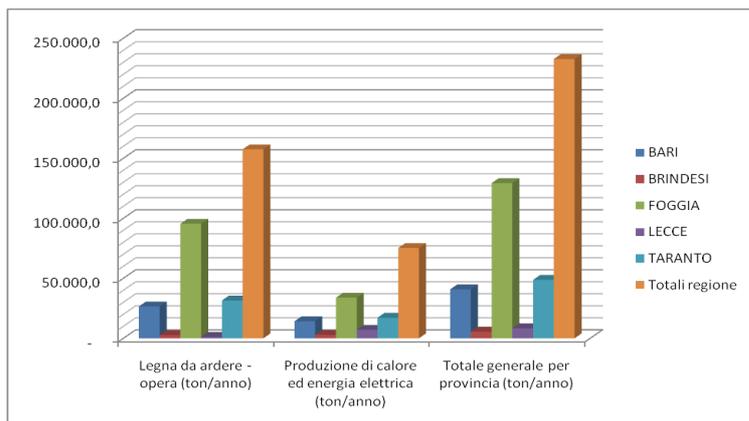
Provincia	Superficie boschi (ha)	Totali per destinazione		Totale generale per Provincia (t anno ⁻¹)
		Legna da ardere - opera (t anno ⁻¹)	Produzione di calore ed energia elettrica (t anno ⁻¹)	
BARI	19.418,7	26.588,1	14.200,2	40.788,3
BRINDISI	1.937,8	2.705,8	2.866,7	5.572,5
FOGGIA	65.754,6	95.465,4	33.882,4	129.347,8
LECCE	2.700,9	1.203,6	7.125,4	8.329,0
TARANTO	19.582,4	31.514,4	17.192,1	48.706,5
Totali	109.394,4	157.477,4	75.266,8	232.744,1
% del Totale		67,7%	32,3%	100,0%



Regione Puglia

Fonte: Elaborazione Agriconsulting S.p.A

Figura 3: Ripartizione per Provincia del potenziale in biomassa forestale da destinarsi al riscaldamento tradizionale (legna da ardere) e ad usi energetici

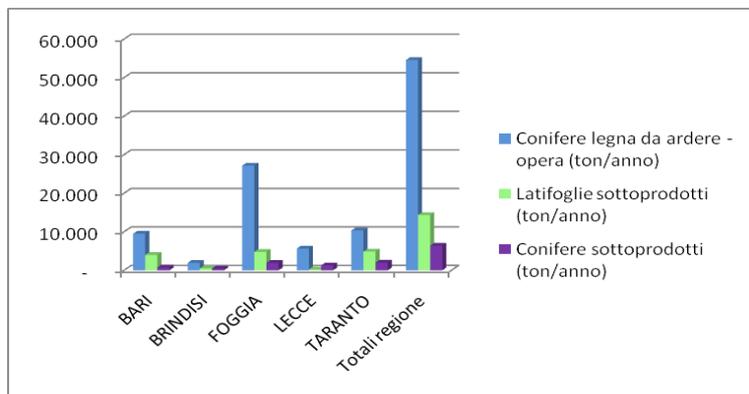


La disponibilità media annua di legna da ardere ad utilizzazione tradizionale, e marginalmente di legna da opera, in provenienza da formazioni forestali costituite da latifoglie pure o in prevalenza se associate a conifere, assomma a circa 157.500 tonno⁻¹.

I soprassuoli a conifere puri o misti con presenza di latifoglie in minoranza ed i sottoprodotti dei boschi di latifoglie ricadenti a quote inferiori ai 500 m slm possono fornire circa 75.000 tonno⁻¹ di materiale da destinarsi alla produzione di energia elettrica

o calore tramite impianti dedicati, che rappresenta circa il 32 % del totale della potenzialità della biomassa ricavabile annualmente dalle foreste della Puglia in una gestione ambientale sostenibile (fig. 3). La Provincia di Foggia dispone del maggior potenziale a finalità di produzione di energia, seguono le Province di Taranto e Bari (fig. 4).

Figura 4: Ripartizione del potenziale in biomassa forestale da destinarsi ad usi energetici (t).



Fonte: Elaborazione Agriconsulting S.p.A

Disponibilità di biomassa forestale per usi energetici

La distribuzione dei soprassuoli forestali non è egualmente ripartita nel territorio ma accentrata nella Provincia di Foggia e quasi completamente assente in quella di Lecce (2,5% del totale) e Brindisi (1,8% del totale). L'estensione delle tagliate e le quantità di massa legnosa prelevata evidenziano in modo molto chiaro la tendenza all'accumulo della risorsa e la scarsa rilevanza della risorsa in termini di valorizzazione energetica. Attualmente la biomassa forestale è finalizzata al riscaldamento tradizionale con l'uso della legna da ardere; questa destinazione persisterà anche nel prossimo futuro in considerazione di più fattori, non ultimo quello della forte domanda e dei relativi alti prezzi di mercato della legna da ardere. Tuttavia, il legname in provenienza da soprassuoli a conifere (legna e sottoprodotti) e dagli scarti dei boschi di latifoglie a facile accessibilità (<500 m) ed in zone non protette possono essere destinati alla produzione di energia elettrica o di calore mediante l'uso



Regione Puglia

d'impianti specifici. La determinazione si è dunque articolata in quest'ottica pur presentando l'analisi totale della biomassa forestale potenziale.

Sono stati determinati i valori suddivisi in biomassa a destinazione di riscaldamento tradizionale e la stima della biomassa indirizzabile alla produzione d'energia con impianti specifici. Appare evidente che le biomasse per la produzione d'energia hanno rilevanza modesta, salvo aree circoscritte, nelle quali si possono ipotizzare interventi specifici di maggiore efficienza ed una più valida utilizzazione per la produzione di calore e energia elettrica (tab. 30).

Tabella 30: Disponibilità di biomassa forestale per usi energetici

Provincia	Superficie boschi (ha)	Biomassa destinabile ad usi energetici (t anno ⁻¹)	Totale generale di biomassa per provincia (t anno ⁻¹)
BARI	19.418,7	14.200,2	40.788,3
BRINDISI	1.937,8	2.866,7	5.572,5
FOGGIA	65.754,6	33.882,4	129.347,8
LECCE	2.700,9	7.125,4	8.329,0
TARANTO	19.582,4	17.192,1	48.706,5
Totali	109.394,4	75.266,8	232.744,1
	% del Totale	32,3%	100,0%

Fonte: Elaborazione Agriconsulting S.p.A

3. BIOMASSE DA RESIDUI AGRO INDUSTRIALI

I residui agroindustriali provenienti da differenti fonti possono essere utilizzati per fini energetici. Attualmente lo smaltimento di queste biomasse rappresenta un costo elevato, a causa delle pratiche operate dalle imprese di trasformazione dei prodotti agricoli, poiché alcune tipologie sono considerate rifiuti speciali. Valutata tale opportunità di reimpiego, si è determinato il quantitativo di residui provenienti dalla principali filiere agroindustriali in Puglia ed indirizzabili alla valorizzazione energetica.

3.1 Residui provenienti dall'industria olearia

Disponibilità lorda di biomassa di sansa vergine

La sansa vergine trova tradizionalmente due destinazioni finali in funzione della sua natura e delle condizioni di mercato, in particolare:

- utilizzo nei sansifici per la produzione di olio di sansa e sansa esausta;
- smaltimento, attraverso spargimento nel terreno e compatibilmente alla normativa vigente³, come ammendante agricolo.

Alla prima destinazione viene principalmente orientata la sansa derivante dai processi di estrazione in grado di generare residuo ad un livello di umidità non elevato, ovvero la sansa vergine derivante dal processo di estrazione tradizionale e trifase. Con il diffondersi dei sistemi di estrazione bifase e con la produzione di sansa vergine ad elevato contenuto di umidità, se n'è fortemente limitato l'utilizzo nei sansifici, per i quali il costo di stoccaggio e di essiccazione risulta spesso oneroso soprattutto in una congiuntura di mercato che tende a penalizzare l'olio di sansa, ed il ricorso allo spargimento nel terreno ha assunto sempre più rilevanza. A questi due canali di destinazione della sansa vergine si sono aggiunti:

- la valorizzazione energetica;
- l'utilizzo della sansa vergine come matrice nelle attività di compostaggio.

³ Legge n. 748 del 1984; Legge n. 574 del 1996; Decreto legislativo n. 152 del 1999; Decreto del Ministero delle Politiche Agricole e Forestali del 6 luglio 2005



Regione Puglia

La sansa vergine può essere utilizzata nei campi senza specifici limiti quantitativi, qualora risponda ai requisiti stabiliti dalla legge 19 ottobre 1984, n. 748 (tipologia di ammendante vegetale semplice non compostato). Tali limiti non sono però rispettati dalla sansa generata nei sistemi di estrazione bifase, ad elevato contenuto di umidità, il cui spargimento, così come per le acque di vegetazione, è fortemente limitato in termini quantitativi e soggetto a stringenti requisiti tecnici ed amministrativi. Il processo di compostaggio può permettere una gestione ‘pianificata’ delle attività di smaltimento, tuttavia i benefici non sempre sono in grado di compensare le difficoltà tecniche e la sostenibilità economica di tali processi.

La valorizzazione energetica delle sansi vergini entra in diretta competizione con il mercato dei sansifici, dal momento che si indirizza sulle tipologie di sansi vergini a minore tenore di umidità. Il livello di competizione non è sempre facile da stimare, dal momento che è influenzato da molteplici fattori. Le sansi vergini presentano livelli di umidità tali che risulta tecnicamente possibile il loro utilizzo solo nei grandi impianti industriali. Anche in tali impianti, un ulteriore limite è rappresentato dalla gestione in fase di stoccaggio e handling, poiché il materiale, fermentescibile e pertanto maleodorante se lasciato per lunghi periodi all’aperto, deve essere stoccato in apposite aree chiuse in depressione, determinando una complicazione dal punto di vista impiantistico, economico ed organizzativo.

Per la determinazione della disponibilità di sansa vergine sono stati utilizzati quali fonti informative i dati ISTAT 2007 di produzione oleicola (tab. 31)⁴, i dati su base provinciale di diffusione dei diversi sistemi di estrazione, i bilanci di massa e quindi la resa in sansa vergine per i diversi sistemi di estrazione ed i dati Agea 2007 di superficie olivicola su base comunale.

Tabella 31: Produzione di olive raccolte

OLIVE	Produzione Raccolta (t anno ⁻¹)
Foggia	130.387,5
Bari	416.000,0
Taranto	118.540,5
Brindisi	157.500,0
Lecce	237.191,1
PUGLIA	1.059.619,1

Fonte: ISTAT 2007

Da una pubblicazione dell’Unaprol⁵ (Unione Nazionale Produttori Oleicoli) si sono rilevati, per i diversi ambiti provinciali, i dati relativi alla diffusione dei differenti sistemi di estrazione dell’olio.

Tabella 32: Incidenza percentuale dei diversi sistemi di estrazione in Puglia

ZONA REGIONALE	Sistema continuo per centrifugazione			Sistema per percolamento	Sistema per pressione
	totale	tre fasi	due fasi		
Foggia e Bari	83,50%	46,91%	36,59%	0,60%	15,90%
Taranto, Brindisi e Lecce	92,80%	52,14%	40,67%	0,10%	7,00%

Fonte: Unaprol

Ciascun sistema di estrazione è caratterizzato da un determinato bilancio di massa e conseguentemente dalla produzione di una determinata quantità di sansa vergine con variabili contenuti di umidità (tab. 33)⁶:

Tabella 33: Sansa vergine generata dai diversi sistemi di estrazione in Puglia

⁴ Non è stata fatta la distinzione tra olive da olio e da mensa essendo la percentuale d’incidenza di queste ultime inferiore all’1%.

⁵ Unaprol: Filiera olivicola – Analisi strutturale e monitoraggio di un campione di imprese – campagna 2004/2005.



Regione Puglia

Tecnologia di estrazione	Acqua aggiunta (%)	Acque di vegetazione (kg/ 100 olive)	Sansa (kg/ 100 olive)	Umidità sansa (%)
3 fasi	50	80-100	55-57	48-54
2 fasi a risparmio d'acqua	0-20	33-35	56-60	50-52
2 fasi	0-10	0	75-80	60-64
Pressione	0-10	56-58	30-35	25-30

Fonte: Roberto Altieri (relazione al Convegno Medoliva, 2008)

Attraverso tali fonti è stato possibile determinare approssimativamente la quantità e la tipologia di sansa vergine prodotta su base provinciale. Tale metodologia ha permesso di determinare una disponibilità lorda complessiva di 619.946 t anno⁻¹ di biomassa di sansa vergine (tab. 34). La determinazione non considera i flussi di materia prima tra le province e tra la Puglia e le regioni limitrofe; inoltre la diffusione dei sistemi di estrazione non considera la capacità produttiva degli impianti, con riflessi sul processo determinazione quando questo è riferito alle quantità lavorate. Pur tuttavia, per le finalità della banca dati tali approssimazioni si considerano tollerabili.

Utilizzando la disponibilità dei dati Agea sulle superfici oleicole comunali riferiti al 2007, è stato possibile proporzionare i dati di disponibilità di sansa vergine ottenuti con l'incidenza della superficie oleicola comunale rispetto a quella provinciale. Si sottolinea che i dati di disponibilità lorda di sansa vergine su base comunale sono associati alla prevista produzione oleicola stimabile a livello comunale. Analogamente a quanto già rilevato, il dato comunale non tiene conto dei flussi di materia prima tra i Comuni pugliesi.

Tabella34: Disponibilità lorda di biomassa di sansa vergine (t anno⁻¹)

ZONA REGIONALE	Sistema continuo per centrifugazione			Sistema per percolamento	Sistema per pressione	Totale
	totale	tre fasi	due fasi			
Foggia	67648,43	34252,27	33396,15	250,34	6634,12	74632,89
Bari	215831,62	109281,5	106550,08	798,72	21166,08	237796,4
Taranto	68358,57	34609,27	33747,29	37,93	2655,31	71049,81
Brindisi	90822,63	45983,95	44838,68	50,40	3528	94401,03
Lecce	136776,6	69250,69	67525,93	75,90	5313,08	142166,61
PUGLIA	579437,9	293377,73	286058,13	1213,30	39296,58	620046,7

Fonte: Elaborazione Agriconsulting S.p.A

Disponibilità netta di biomassa di sansa vergine

Si è detto che difficilmente la sansa vergine derivante dai sistemi di estrazione bifase può essere destinata al mercato dei sansifici e tantomeno al mercato energetico, ma piuttosto viene abitualmente smaltita attraverso lo spandimento in campo, secondo la normativa vigente. Per la determinazione della disponibilità netta di sansa vergine destinabile all'utilizzo energetico si è pertanto considerata la differenza tra la disponibilità lorda di sansa vergine e la sansa derivante dal sistema di estrazione bifase. In altri termini, si è ritenuto che esclusivamente la sansa vergine derivante dai sistemi di estrazione trifase e tradizionali possa raggiungere il mercato per successivi utilizzi.

Secondo tale criterio, è stata determinata una quantità complessiva netta di sansa vergine destinabile all'utilizzo energetico pari a 333.887 t anno⁻¹.

Tabella 35: Disponibilità netta di biomassa di sansa vergine (t anno⁻¹)

ZONA REGIONALE	Sistema continuo per centrifugazione			Sistema per percolamento	Sistema per pressione	Totale
	totale	tre fasi	due fasi			

6 Roberto Altieri – Istituto per i Sistemi Agricoli e Forestali del Mediterraneo. Convegno Aspetti innovativi per la filiera olivo-oleicola – MEDOLIVA – Arezzo 19 maggio 2008. Relazione: “Soluzioni alternative allo spandimento in campo dei sottoprodotti dei frantoi: organizzazione, fasi ed azioni della ricerca, considerazioni sui risultati conseguiti”.



Regione Puglia

Foggia	34252,27	34252,27	0	250,34	6634,12	41136,73
Bari	109281,54	109281,54	0	798,72	21166,08	131246,34
Taranto	34609,27	34609,27	0	37,93	2655,31	37302,51
Brindisi	45983,95	45983,95	0	50,40	3528	49562,35
Lecce	69250,69	69250,69	0	75,90	5313,08	74639,67
PUGLIA	293377,7	293377,7	0	1213,30	39296,58	333887,6

Fonte: Elaborazione Agriconsulting S.p.A

Disponibilità netta di biomassa di sansa vergine per usi energetici

La biomassa di sansa vergine pone difficoltà all'uso tal quale come combustibile, per due principali motivi: il suo elevato contenuto di umidità ne esclude l'utilizzo in piccoli e medi impianti, e l'utilizzo in impianti industriali di grande taglia deve comunque essere previsto compatibilmente con le vigenti norme in materia di utilizzo delle biomasse vergini combustibili e rifiuti.

Sulla base di queste considerazioni e delle informazioni relative al mercato regionale delle biomasse combustibili, sono stati adottati i seguenti coefficienti di utilizzo per la stima della biomassa di sansa vergine destinabile al mercato energetico, rispetto alle quantità determinate:

- 50% della biomassa di sansa vergine proveniente dai sistemi di estrazione tradizionali;
- 10% della biomassa di sansa vergine proveniente dai sistemi di estrazione trifase.

Attraverso il ricorso a tali coefficienti è possibile stimare in circa 50.000 t anno⁻¹ la quantità di biomassa di sansa vergine direttamente utilizzabile a scopo energetico (tab. 36).

Tabella 36: *Disponibilità netta di biomassa di sansa vergine per usi energetici (t anno⁻¹).*

	Sistema continuo per centrifugazione			Sistema per percolamento	Sistema per pressione	Totale
	totale	tre fasi	due fasi			
<i>Foggia</i>	<i>3425,23</i>	<i>3425,23</i>	<i>0</i>	<i>125,17</i>	<i>3317,06</i>	<i>6867,46</i>
<i>Bari</i>	<i>10928,15</i>	<i>10928,15</i>	<i>0</i>	<i>399,36</i>	<i>10583,04</i>	<i>21910,55</i>
<i>Taranto</i>	<i>3460,93</i>	<i>3460,93</i>	<i>0</i>	<i>18,97</i>	<i>1327,65</i>	<i>4807,55</i>
<i>Brindisi</i>	<i>4598,40</i>	<i>4598,40</i>	<i>0</i>	<i>25,20</i>	<i>1764,00</i>	<i>6387,60</i>
<i>Lecce</i>	<i>6925,07</i>	<i>6925,07</i>	<i>0</i>	<i>37,95</i>	<i>2656,54</i>	<i>9619,56</i>
PUGLIA	29337,77	29337,77	0	581,45	19648,29	49592,71

Fonte: Elaborazione Agriconsulting S.p.A

Disponibilità lorda di biomassa di sansa esausta

È stata determinata la disponibilità di sansa esausta, che si ottiene dal processo di lavorazione della sansa vergine. Il processo di estrazione dell'olio di sansa ha rappresentato la naturale destinazione delle sansa vergini in un mercato dove tale prodotto aveva una sua rilevanza economica, mentre la sansa esausta residuava quale sottoprodotto del processo produttivo. Negli ultimi anni l'olio di sansa ha progressivamente perso quote di mercato, determinando una forte crisi tra i sansifici, che sempre più spesso riescono a mantenere il loro livello di redditività grazie alla crescente domanda di sansa esausta da parte del mercato energetico. Lo sviluppo del mercato bioenergetico ha creato una competizione sulla materia prima, cosicché che le centrali di grande taglia si approvvigionano direttamente presso i frantoi, soprattutto quando la sansa vergine assume caratteristiche tecniche favorevoli in riferimento al basso tenore di umidità.

La sansa esausta risulta essere un materiale granulare con buone caratteristiche per la combustione in caldaie. Il potere calorifico della sansa essiccata è elevato, attorno a 4.500 kcal/kg, ed è adatto all'impiego nelle apparecchiature ad alimentazione automatica con coclea, quindi anche per applicazioni di piccola taglia.

Dal punto di vista normativo, la sansa esausta, con il decreto del Presidente del Consiglio, del 8/10/2004 pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale n. 295 del 17-12-2004, deve possedere requisiti specifici e deve essere ottenuta dal trattamento delle sansa vergini con n-esano, per l'estrazione



Regione Puglia

dell'olio di sansa destinato all'alimentazione umana e da successivo trattamento termico, purché tali trattamenti siano effettuati all'interno del medesimo impianto. La sansa esausta che non possiede tali caratteristiche può essere utilizzata come combustibile, purché gestita all'interno delle procedure previste per la termovalorizzazione dei rifiuti.

E' evidente come per la determinazione della disponibilità di biomassa di sansa esausta si debba partire dalla stima della disponibilità di sansa vergine destinabile ai sansifici calcolata nella sezione riguardante la sansa vergine. Al riguardo, la stima della sansa vergine destinata ai sansifici è pari al 50% della sansa vergine derivante dai sistemi di estrazione tradizionali ed al 90% della sansa vergine derivante dai sistemi di estrazione trifase. Anche i sansifici, così come le centrali a biomassa, hanno forti limitazioni tecniche ed economiche nel valorizzare la sansa derivante dal sistema di estrazione bifase. Partendo da tali valori, è possibile determinare la quantità lorda di sansa esausta producibile, facendo riferimento ai parametri del bilancio di massa del processo di estrazione⁷.

Il punto di partenza nella stima della sansa esausta è rappresentato dai coefficienti di utilizzo rivenienti dalla stima della sansa vergine per finalità energetiche. Tali coefficienti sono stati stimati pari al 50% della disponibilità lorda di sansa vergine proveniente dai sistemi di estrazione tradizionali e dal 10% della disponibilità lorda di sansa vergine proveniente dal sistema di estrazione trifase. Le percentuali complementari a queste fanno riferimento alla sansa vergine "intercettata" dai sansifici e quindi quella oggetto della determinazione. Di conseguenza, la disponibilità lorda di sansa vergine da destinare ai sansifici, in funzione ai coefficienti sopra esposti, è pari a 284.295 t anno⁻¹ (tab. 37). È stato calcolato che alla fine del processo di lavorazione nel sansificio, il quantitativo di sansa esausta lorda ottenibile è pari al 55% di quella vergine in ingresso. Di conseguenza la stima della disponibilità lorda di biomassa di sansa esausta è pari a 156.362 t anno⁻¹. La sansa esausta ottenuta dai sansifici generalmente viene mediamente utilizzata per il 30-35% a scopo energetico all'interno degli stessi stabilimenti per l'alimentazione delle caldaie utilizzate per il processo di essiccamento della sansa vergine. La restante parte (65-70%) può essere venduta come combustibile al libero mercato ed indirizzata alla valorizzazione energetica. La disponibilità netta di sansa esausta da destinare alle finalità energetiche è stimata pari a 101.635 t anno⁻¹ (tab. 37).

Tabella 37: Disponibilità netta di sansa esausta per usi energetici (t anno⁻¹)

	Disponibilità lorda sansa vergine da destinare ai sansifici	Disponibilità lorda sansa esausta	Disponibilità netta sansa esausta per usi energetici
Foggia	34.269	18.848	12.251
Bari	109.336	60.135	39.088
Taranto	32.495	17.872	11.617
Brindisi	43.175	23.746	15.435
Lecce	65.020	35.761	23.245
PUGLIA	284.295	156.362	101.635

Fonte: Elaborazione Agriconsulting S.p.A

Disponibilità lorda di biomassa di acque di vegetazione

È stata determinata la disponibilità di biomassa relativa alle acque di vegetazione che si ottengono dal processo di trasformazione delle olive. Le acque di vegetazione rappresentano, tradizionalmente, il refluo più difficilmente gestibile per i frantoi; tradizionale destinazione è lo spargimento sul terreno, nei limiti della normativa vigente⁸. La tecnica di estrazione con sistemi bifase si è andata diffondendo anche quale possibile soluzione all'annoso problema dello smaltimento delle acque di

⁷ Fonte: Giovanni Molinari, Francesca Bonfà. Utilizzazione di biomasse per alimentazione di gruppi cogenerativi con motori a vapore alternativi per utenze piccole e medie.

⁸ Legge n. 748 del 1984; Legge n. 574 del 1996; Decreto legislativo n. 152 del 1999; Decreto del Ministero delle Politiche Agricole e Forestali del 6 luglio 2005



Regione Puglia

vegetazione, spostando in parte il problema sulle sanse vergini che, con contenuto di umidità più elevato, presentano minore valore commerciale.

Negli anni recenti sono state avanzate ipotesi di utilizzazione delle acque di vegetazione, tra cui l'utilizzo energetico attraverso la digestione anaerobica per la produzione di biogas. Il trattamento anaerobico è di solito applicabile per acque di vegetazione a forte carico di sostanze organiche ($BOD_5 > 3.000 \text{ mg/l}$), che sono molto spesso quelle derivanti dai sistemi di estrazione tradizionali ovvero quelle derivanti da processi che non prevedono aggiunta di acqua. Tale matrice presenta pertanto forti limiti all'utilizzo energetico tanto che ancora oggi non è possibile identificare tecnologie mature in grado di rappresentare una concreta soluzione industriale al problema del loro smaltimento.

La determinazione della disponibilità di biomassa da acque di vegetazione si è basata su diverse fonti informative, dati ISTAT 2007 relativi alla produzione oleicola provinciale, dati comunali Agea 2007 relativi alla superficie olivicola, dati su base provinciale di diffusione dei diversi sistemi di estrazione, bilanci di massa e quindi resa dell'acqua di vegetazione per i diversi sistemi di estrazione. Attraverso la citata pubblicazione di Unaprol, è stato possibile reperire le distribuzioni percentuali nella diffusione dei diversi sistemi di estrazione dell'olio, che hanno permesso di determinare i relativi bilanci di massa e le conseguenti quantità di acqua di vegetazione prodotte nei processi di estrazione.

In base a queste informazioni è stato possibile individuare a livello provinciale la quantità di acque di vegetazione producibili per sistema di estrazione, e determinare una disponibilità lorda complessiva di $561.518 \text{ t anno}^{-1}$ (tab. 38).

Tabella 38: Disponibilità lorda di biomassa da acque di vegetazione (t anno^{-1})

	Sistema continuo per centrifugazione			Sistema per percolamento	Sistema per pressione	Totale
	totale	tre fasi	due fasi			
Foggia	57.280,9	48.931,8	8.349,0	438,1	11.609,7	69.328,6
Bari	182.754,0	156.116,5	26.637,5	1.397,8	37.040,6	221.192,4
Taranto	57.878,6	49.441,8	8.436,8	66,4	4.646,8	62.591,8
Brindisi	76.901,0	65.691,4	11.209,7	88,2	6.174,0	83.163,2
Lecce	115.811,0	98.929,6	16.881,5	132,8	9.297,9	125.241,7
PUGLIA	490.625,6	419.111,0	71.514,5	2.123,3	68.769,0	561.517,8

Come nel caso della determinazione delle sanse vergini, non sono considerati i flussi di materia prima tra le province e tra la Puglia e le regioni limitrofe; inoltre la diffusione dei sistemi di estrazione non considera la capacità produttiva degli impianti, con riflessi sul processo di determinazione quando questo è riferito alle quantità lavorate. Pur tuttavia, per le finalità della banca dati tali approssimazioni si considerano tollerabili.

Attraverso l'ausilio dei dati Agea 2007, relativi alle superfici olivicole a livello comunale, è stato possibile riproporzionare i dati di disponibilità delle acque di vegetazione in funzione all'incidenza della superficie olivicola comunale rispetto a quella provinciale. Anche in tale circostanza, il dato di disponibilità lorda dell'acqua di vegetazione su base comunale non è associato al numero di frantoi ed al relativo dato di produzione, ma alla presunta produzione oleicola stimabile a livello comunale. Il valore della banca dati non tiene pertanto conto dei flussi di materia prima tra Comuni.

Disponibilità netta di biomassa di acque di vegetazione per usi energetici

Si è ritenuto inopportuno distinguere livelli di dettaglio ulteriori nel processo di determinazione della disponibilità di tale biomassa, nella considerazione che tale reflu, rappresentando il principale



Regione Puglia

problema nella gestione di un frantoio, rappresenta al contempo una matrice totalmente disponibile, non avendo utilizzi alternativi. Pertanto, si conferma il dato di disponibilità netta per finalità energetica pari a 561.518 t anno⁻¹.

3.2 Residui provenienti dall'industria casearia

Disponibilità lorda di biomassa di siero

Il principale sottoprodotto proveniente dall'industria casearia è il siero. Questo residuo agroindustriale può essere utilizzato per la produzione di biogas attraverso la digestione anaerobica. Il siero non presenta una elevata concentrazione di sostanza organica, il contenuto di solidi totali è pari al 6%, la restante parte è costituita da acqua. Queste sostanze sono rappresentate principalmente dai glucidi. Il siero si caratterizza per una carica inquinante molto alta, con BOD5 e COD rispettivamente di circa 35.000 mg/l e 70.000 mg/l, cosicché non può essere scaricato direttamente al suolo o nella rete fognaria, ma necessita di trattamento di depurazione; il riutilizzo del siero per fini energetici rappresenterebbe quindi una opportunità di smaltimento di questo sottoprodotto per le imprese di trasformazione.

La determinazione della disponibilità di siero da destinare ai fini energetici si è realizzata attraverso i seguenti passaggi:

- reperimento dei dati riguardanti le produzioni provenienti dall'industria di trasformazione;
- determinazione della quantità di sottoprodotto proveniente dall'industria casearia;
- stima della disponibilità di biomassa di siero da destinare agli impianti industriali per finalità energetiche.

Le fonti statistiche utilizzate, necessarie per determinare in prima istanza la quantità di latte trasformato e di formaggio prodotto, fanno riferimento ai dati ISTAT relativi agli anni 2002-2006 ed ai dati dell'IZS (Istituto Zooprofilattico Sperimentale) relativi all'anno 2007. Il quantitativo di siero prodotto è infatti in correlazione a questi valori. Il latte da specie bovina presenta una diversa composizione chimica rispetto a quello ovino, che possiede una maggiore concentrazione proteica; questa caratteristica determina una differente resa di caseificazione e di conseguenza una diversa produzione di siero.

Il quantitativo di questo sottoprodotto, come detto precedentemente, varia anche in funzione del prodotto finale ottenuto; nei processi di cagliatura dei formaggi a pasta filata, si ottiene un quantitativo di siero maggiore rispetto alla produzione degli altri tipi di formaggio. Per poter determinare il quantitativo di siero nei diversi caseifici regionali è stato necessario reperire il numero di caseifici operanti nel territorio regionale. Questi dati sono stati ricavati attraverso le pubblicazioni di Infoimprese relative all'anno 2006.

Nel territorio regionale la produzione latte deriva principalmente dagli allevamenti bovini, mentre quella proveniente dai capi ovini è piuttosto esigua, l'allevamento ovino è infatti poco diffuso ed è localizzato prevalentemente nella Provincia di Foggia. La produzione latte proveniente dagli allevamenti ovini e caprini è piuttosto esigua, rappresenta solamente il 3% della produzione totale. In funzione di queste considerazioni, in questo lavoro, si è ritenuto non necessario considerare il latte proveniente dalle specie ovina e caprina. Come detto precedentemente, la quantità di siero prodotta, varia in funzione del prodotto ottenuto e della quantità di latte destinato ai processi di caseificazione. La successiva tabella (tab. 39) riporta il quantitativo di latte che è stato destinato all'industria casearia nell'anno 2006.

Tabella 39: Quantità di latte trasformato in Puglia nell'anno 2006

totale latte trasformato (q)	latte per formaggi stagionati (q)	latte per paste filate (q)
------------------------------	-----------------------------------	----------------------------



Regione Puglia

875.519

124.324

751.195

Fonte : dati ISTAT 2006

Come si può osservare, meno del 50 % del latte prodotto nel territorio regionale è destinato ai processi di trasformazione. Inoltre il 90 % del latte trasformato è rivolto alla produzione di formaggi a pasta filata. Nella successiva tabella viene rappresentata la quantità dei prodotti ottenuti dall'industria casearia negli anni di riferimento.

Tabella 40: Produzione annua dell'industria casearia in Puglia

Anno	Formaggi				
	A pasta dura (q)	A pasta semidura (q)	A pasta molle (q)	Freschi (q)	Totale (q)
2006	7.083	31.786	16.684	335.985	391.538
2005	7.418	28.999	42.468	320.201	399.086
2004	7.731	36.477	9.725	413.474	467.407
2003	9.778	24.294	9.478	390.732	434.282
2002	9.001	29.473	5.246	354.861	398.581

Fonte : dati ISTAT 2006

Per poter determinare la quantità di siero si sono utilizzate diverse fonti bibliografiche, tra cui ANPA, 2011 (*i rifiuti del comparto agroalimentare*)⁹ dove viene riportato il quantitativo di siero prodotto, per differenti prodotti, in diversi stabilimenti industriali. Secondo questo studio la quantità di siero prodotta è pari all' 80% del latte trasformato per la produzione di formaggi duri, semiduri e molli, mentre per la produzione di paste filate la quantità di siero prodotta è pari all'83% del latte utilizzato. Questi dati hanno trovato conferma nelle interviste rivolte alle imprese di trasformazione presenti nel territorio regionale. In base ai dati reperiti, è possibile determinare il quantitativo di siero prodotto per i diversi prodotti realizzati, attraverso la seguente formula di calcolo:

$$\text{SIERO PRODOTTO (Q)} = (\% \text{ R.S}) \times (\text{Q.L.T}) \times (\% \text{ P. F})$$

R.S : Resa in siero

Q.L.T: Quantità di latte trasformato

P.F: Prodotto finito

La successiva tabella riporta il quantitativo siero prodotto dall'industrie di trasformazione operanti nel territorio regionale.

Tabella 41: Quantità di siero prodotto in Puglia nell'anno 2006

siero formaggi stagionati (q)	siero paste filate (q)	siero totale prodotto (q)
99.378	623.576	722.954

Fonte: ANPA

Per la determinazione del siero prodotto a livello provinciale (tab. 42) sono stati utilizzati i dati dell'IZS riguardanti la produzione latte a livello provinciale ed i dati di Infomprese sul numero di caseifici, con dettaglio comunale, che risultano maggiormente presenti nelle province di Bari e Foggia. Questi ultimi dati fanno riferimento all'anno 2007.

Tabella 42: Produzione di siero a livello provinciale

Provincia	Bari	Foggia	Taranto	Brindisi	Lecce	Totale
-----------	------	--------	---------	----------	-------	--------

⁹ Pubblicazione dell' ANPA (Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente) e dell' ONR (Osservatorio Nazionale sui Rifiuti). Studio di Settore: I rifiuti del comparto agroalimentare. 11/2001



Regione Puglia

Produzione siero formaggi misti (q)	23.661	19.640	17.550	2.908	3.024	66.784
Produzione siero paste filate (q)	160.052	132.853	118.717	19.668	20.458	451.750
Totale Provinciale (q)	183.713	152.494	136.268	22.576	23.483	518.533

Fonte : Dati IZS 2007

Come si può osservare nella tabella, il quantitativo di siero totale, risulta essere inferiore ai dati elaborati a livello regionale. Questa differenza è giustificata dall'utilizzo, in quest'ultima elaborazione, della produzione latte proveniente dai soli allevamenti presenti nel territorio regionale. In Puglia la produzione latte è infatti inferiore rispetto alle richieste da parte dell'industria di trasformazione, di conseguenza i caseifici importano latte da allevamenti di altre regioni, quantità considerate nel precedente calcolo effettuato a livello regionale per la determinazione del siero. Nella tabella seguente (tab. 43) sono rappresentate le disponibilità di siero a livello provinciale.

Tabella 43: Disponibilità lorda di biomasse di siero a livello provinciale

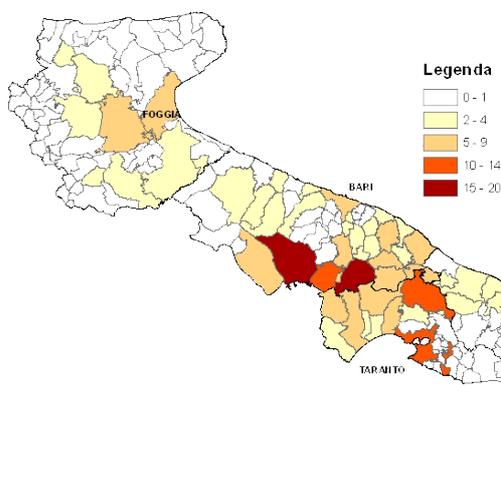
PROVINCIA	Siero di latte (t anno ⁻¹)
Foggia	20.411
Bari	25.614
Taranto	18.999
Brindisi	3.148
Lecce	4.124
Puglia	72.295

Nella seguente tabella e successiva figura viene rappresentato il numero di caseifici operanti nel territorio regionale.

Tabella 44: Numero di caseifici operanti nel territorio regionale

Provincia	Foggia	Bari	Taranto	Brindisi	Lecce	Totale
N. caseifici	50	159	67	18	20	314

Fonte : Dati Infoimprese 2006



La zona della Murgia Barese e Tarantina presenta il più alto numero di attività lattiero-casearie. In questa area territoriale della Puglia è presente inoltre un'elevata concentrazione di allevamenti zootecnici.

Questa zona si può quindi considerare un'area particolarmente vocata alla produzione di matrici organiche per la produzione di biogas. Infatti, oltre ai sottoprodotti dell'industria casearia, possono trovare reimpiego nella produzione di biogas le deiezioni solide e liquide provenienti dagli allevamenti zootecnici.

Figura 7: Industrie di trasformazione operanti nel territorio regionale (densità t/kmq)



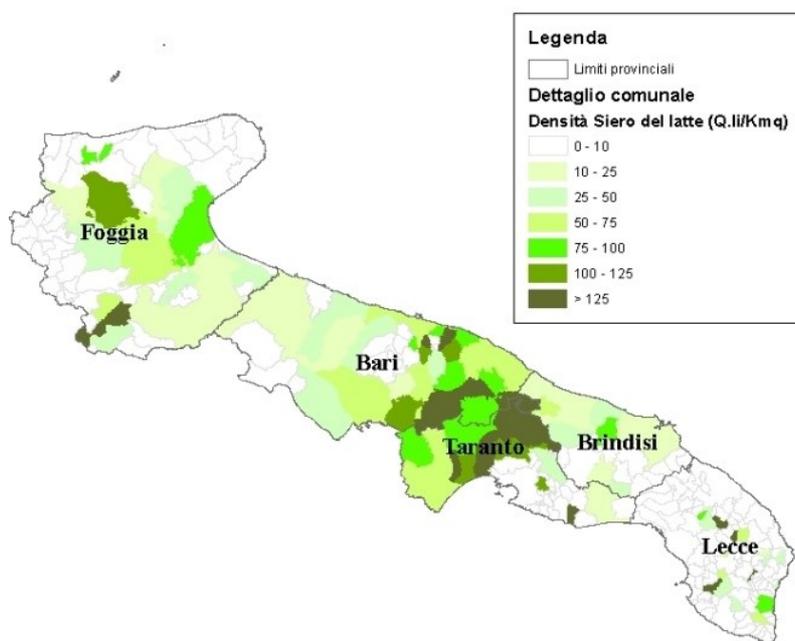
Regione Puglia

Fonte: Elaborazione Agriconsulting S.p.A

Per la determinazione a livello comunale si sono utilizzati i dati riportati nella tabella 60, relativi alla quantità di siero prodotto al livello regionale, ed i dati di Infomprese sul numero di caseifici operanti nei territori comunali.

La densità produttiva risulta essere un importante parametro nella determinazione della quantità di siero suscettibile alla valorizzazione energetica. Nella seguente figura viene rappresentata la densità produttiva di siero nel territorio regionale.

Figura 8:



Distribuzione del siero nei territori comunali

Il maggior quantitativo di siero prodotto a livello comunale (fig. 8) riguarda principalmente due diversi distretti territoriali.

La prima area individuata riguarda la zona del Gargano, mentre il secondo distretto territoriale riguarda il territorio delle Murge baresi tarantine. Nella zona del Gargano l'elevata densità di siero prodotto è stata riscontrata solo in alcuni Comuni, come San Severo e Rocchetta Sant'Antonio.

Nel distretto territoriale delle Murge Baresi Tarantine sono infatti diversi i Comuni, contigui tra loro, che presentano un'elevata densità produttiva.

Fonte: Elaborazione Agriconsulting S.p.A

Disponibilità netta di biomassa di siero per usi energetici



Regione Puglia

Nel territorio regionale, come nel resto d'Italia secondo i dati ISTAT, l'utilizzo del siero è principalmente indirizzato alla produzione di ricotte. Questi latticini non vengono comunque prodotti da tutte le imprese di trasformazione e la maggior parte di esse riutilizzano solamente il 50% del siero prodotto, nei processi di cagliata. Il riutilizzo di questo sottoprodotto per l'alimentazione suina e bovina non è largamente diffuso. Questa pratica è parzialmente presente nella zona della Murgia Barese Tarantina. Il riutilizzo del siero per la produzione di lattosio e/o di sieroinnesto non viene significativamente effettuato nel territorio regionale. Di conseguenza, si è generalmente applicato un coefficiente di utilizzo del siero pari al 50%, per i caseifici localizzati nei comuni nella zona della Murgia barese tarantina, considerato il riutilizzo del siero per l'alimentazione animale, si è ritenuto di utilizzare un coefficiente di utilizzo del 40%. I dati ottenuti sono riportati nella tabella 45.

Tabella 45 : *Disponibilità netta di biomassa di siero per usi energetici (t anno⁻¹)*

PROVINCIA	Siero di latte
Foggia	10.205
Bari	11.873
Taranto	8.932
Brindisi	1.574
Lecce	2.062
Puglia	34.646

3.3 Residui provenienti dall'industria vinicola

I principali sottoprodotti provenienti da questo settore industriale sono le vinacce vergini e le vinacce esauste. Le prime sono ordinariamente indirizzate alla distillazione per la produzione di prodotti alcolici, le seconde rappresentano il principale residuo proveniente dai processi di distillazione delle vinacce vergini. Le vinacce vergini sono rappresentate dalle bucce, dai vinaccioli e dai raspi e derivano dal processo di ottenimento del mosto. Rispetto al siero, presentano una maggiore concentrazione di sostanza organica. Il loro contenuto di acqua è intorno al 65%, i residui solidi totali sono rappresentati principalmente dai glucidi, da sostanze azotate e da lipidi; questi composti rappresentano un ottimo substrato fermentativo per i batteri metanigeni, rendendo questo sottoprodotto ideale per la produzione di biogas. Le vinacce esauste derivano dal processo di produzione dei prodotti distillati.

La stima della disponibilità di biomassa proveniente da residui dell'industria vinicola si concretizza attraverso i passaggi metodologici descritti precedentemente per la stima della quantità di siero valorizzabile energeticamente.

Disponibilità lorda di biomassa da vinacce vergini

Per poter determinare il quantitativo di vinacce vergini proveniente dall'industria vinicola regionale è stato necessario avvalersi di diverse fonti statistiche e di alcune fonti bibliografiche. Poiché la produzione delle vinacce è strettamente legata alla produzione di uva da vino è stato necessario determinare le superfici viticole. Per la determinazione delle superfici coltivate sono state utilizzati i dati ISTAT 2000 relativi al 5° censimento generale dell'agricoltura italiana. I suddetti dati su base comunale sono stati integrati dai dati ISTAT 2006-2010 a livello provinciale. È stato possibile quindi verificare le differenze di superficie coltivata a livello provinciale tra il 2000 e la media 2006-2010, ed in funzione dello scostamento rilevato, riproporzionare i dati su base comunale relativi all'anno 2000. Questi dati sono stati utilizzati nella determinazione della disponibilità di biomassa. Per poter determinare la quantità di vinacce vergini prodotte a livello regionale, è stato necessario determinare la produzione di uva da vino nelle diverse province. La resa produttiva di uva/ha varia in funzione delle caratteristiche pedoclimatiche della zona di riferimento ed in base a diversi fattori agronomici,



Regione Puglia

come la cultivar e la forma di allevamento. Quest'ultima, ed il conseguente sistema di potatura, incidono in maniera significativa nel determinare la produzione di uva da vino.

In Puglia 28 vini hanno acquisito la DOC, 6 riportano la denominazione IGP e 4 la denominazione DOCG. L'attribuzione di queste denominazioni è soggetta a disciplinari di produzione che impongono al viticoltore regole di carattere agronomico, tra cui la resa produttiva di uva/ha. Visto l'elevato numero di prodotti vinicoli che hanno ottenuto la certificazione di qualità è parso appropriato utilizzare i dati ISTAT 2007 sulla produzione di uva da vino nelle diverse province. La successiva tabella 46 riporta la produzione (q/ha) di uva da vino a livello provinciale.

Tabella 46: Resa produttiva in q/ha di uva da vino a livello provinciale

Province	Foggia	Bari	Taranto	Brindisi	Lecce
Resa produttiva (q/ha)	140	85	68	83	80

Fonte : elaborazioni Regione Puglia su dati ISTAT 2006-2010

In base ai dati sulle superfici coltivate, in dettaglio comunale, e alle produzioni in q/ha è stato possibile determinare il quantitativo di uva da vino prodotto a livello provinciale nel territorio regionale (tab. 47).

Tabella 47: Produzione di uva da vino a livello provinciale

Province	Foggia	Bari	Taranto	Brindisi	Lecce
Produzione (q)	5.051.193	1.807.493	1.300.777	1.404.547	1.020.486

Fonte : elaborazioni Regione Puglia su dati ISTAT 2007

Per poter determinare il quantitativo di biomassa da vinacce vergini a livello regionale si sono utilizzate diverse fonti bibliografiche, tra cui il lavoro eseguito dall'ANPA (*i rifiuti del comparto agroalimentare*)¹⁰. Secondo quanto riportato in questa pubblicazione, la quantità di vinacce prodotta nei processi di pigiatura dell'uva è del 13%; questo dato trova conferma in interviste effettuate ad operatori locali. L'applicazione di questa percentuale ha permesso di determinare il quantitativo di vinacce prodotte, in funzione della produzione viticola (tab. 48).

Tabella 48: Produzione di biomassa da vinacce vergini a livello provinciale

Province	Foggia	Bari	Taranto	Brindisi	Lecce
Produzione vinacce (q)	656.655	234.974	169.101	182.591	132.663

Fonte: elaborazioni Regione Puglia su dati ISTAT e ANPA

Disponibilità netta di biomassa da vinacce vergini per usi energetici

Per determinare il quantitativo di vinacce vergini da destinare alla produzione di energia è stato necessario reperire ulteriori informazioni di carattere legislativo e inerenti il loro conseguente utilizzo. Questi sottoprodotti trovano reimpiego nella industria dei distillati per la produzione di prodotti a base di alcol. Questo mercato è regolato dai regolamenti comunitari, in particolare dal Reg CE n.1234/2007, che impone l'obbligo ai produttori vinicoli di consegnare le vinacce alla distillazione o alla distruzione sotto controllo. Il regolamento è stato recepito in Italia con il DM 5396 del 27/11/2008 e successive modifiche ed integrazioni. La recente riforma della OCM del vino ha inoltre portato alcune novità sulle modalità di destinazione e recupero di questo sottoprodotto. Attualmente la destinazione delle vinacce verso i mercati bioenergetici trova delle difficoltà soprattutto di tipo normativo. In base a queste considerazioni è evidente come il riutilizzo di questo sottoprodotto per la produzione di biogas sia ad oggi fortemente limitato. Le vinacce vergini

¹⁰ Pubblicazione dell' ANPA (Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente) e dell' ONR (Osservatorio Nazionale sui Rifiuti). Studio di Settore: I rifiuti del comparto agroalimentare. 11/2001



Regione Puglia

potrebbero invece trovare collocazione, previa sottrazione dell'alcol come vinacce esauste, negli impianti industriali a biomassa.

Disponibilità lorda di biomassa da vinacce esauste

Le vinacce esauste sono rappresentate principalmente dai residui delle buccette e dai vinaccioli.

Per la determinazione della quantità di vinacce esauste si è utilizzata, analogamente, come fonte bibliografica la pubblicazione dell'ANPA. In questo lavoro la quantità di vinaccia esausta è stimata intorno al 35% della vinaccia vergine utilizzata per i processi di distillazione. Questo valore ha trovato conferma in altre fonti bibliografiche. L'utilizzo di questo valore appare appropriato per la finalità del nostro lavoro, in quanto per poter essere utilizzata come combustibile la vinaccia deve subire un processo di denaturazione chimica, allo scopo di ridurre la quantità di alcol ed acqua. Nel caso in cui vengano utilizzate le vinacce esauste come combustibile, è applicabile la disciplina in tema di emissioni di cui al DM 5 febbraio 1998. In base a queste considerazioni è stato possibile determinare il quantitativo biomassa da vinacce esauste ottenibili nelle diverse province.

Tabella 49: Produzione di biomassa da vinacce esauste a livello provinciale

Province	Foggia	Bari	Taranto	Brindisi	Lecce
Produzione q/ha	229.829	82.241	59.185	63.907	46.432

Fonte: Elaborazione Agriconsulting S.p.A

Disponibilità netta di biomassa da vinacce esauste per usi energetici

Le vinacce esauste possono trovare reimpiego in diversi settori industriali, tra cui gli oleifici per la produzioni di olio di semi di vinaccioli e l'industria mangimistica. Questo sottoprodotto trova inoltre reimpiego come ammendante organico per i terreni agricoli e come combustibile nel processo di estrazione. Per poter determinare la disponibilità netta di biomassa da vinacce esauste da destinare alla produzione di energia, è stato necessario effettuare un'indagine sul territorio volta a determinare l'attuale utilizzo di questo sottoprodotto nella regione, ed è stato riscontrato che le vinacce esauste non vengono significativamente riutilizzate per l'alimentazione animale. Inoltre, non è diffusa la pratica dell'utilizzo di questo sottoprodotto come ammendante organico. Sono state inoltre intervistate le principali industrie di distillati operanti nel territorio regionale, ed è emerso che i principali stabilimenti riutilizzano oltre il 50 % delle vinacce esauste, generalmente le buccette, per i fabbisogni energetici degli impianti di produzione nei propri stabilimenti.

In base ad alcune interviste è stata inoltre constatata l'esistenza di iniziative imprenditoriali nella Provincia di Foggia, volte alla valorizzazione dei residui agroindustriali. Inoltre la presenza di un impianto industriale a biomasse nel Comune di Termoli rappresenta attualmente un'opportunità di mercato per le vinacce esauste prodotte dalle industrie di distillazione operanti nel centro-nord della Regione.

Appare pertanto evidente che il riutilizzo di questo sottoprodotto, per le finalità energetiche, sia una pratica già in uso nel territorio regionale. I semi di vinaccioli trovano invece generalmente collocazione nel settore dell'industria olearia per la produzione di olio di semi di vinaccioli. Questo sottoprodotto viene acquistato soprattutto dagli oleifici presenti nel territorio nazionale, in particolare nel Lazio e in Emilia Romagna, ed in minima parte dagli stabilimenti oleari operanti in Puglia.

La vendita di questo sottoprodotto verso l'industria olearia avviene nella forma franco destinazione. Questa modalità di compravendita prevede che sia il venditore dei vinaccioli a preoccuparsi delle spese relative al trasporto del prodotto. Questo mercato, considerate le elevate spese di trasporto, non appare quindi particolarmente remunerativo per le industrie di distillati. Non essendo in possesso di dati attendibili sull'attuale produzione di vinaccioli nelle industrie di distillazione non è possibile effettuare una stima veritiera sulla quantità di questo sottoprodotto da destinare alle finalità energetiche. In base a queste considerazioni, la quantità di vinacce esauste destinabile alle finalità energetiche è stata considerata pari a quella lorda.



Regione Puglia

3.4 Residui provenienti dall'industria di trasformazione del pomodoro

Per la determinazione dei residui provenienti dal settore agroindustriale, in Puglia in larga parte interessato dalla trasformazione dei prodotti orticoli, è risultato opportuno considerare i reflui provenienti dalle industrie di trasformazione del pomodoro e del carciofo. Questi residui sono infatti spesso utilizzati in impianti per la produzione di biogas che operano in codigestione. Inoltre, queste due colture orticole assumono un ruolo di primaria importanza nel comparto orto-frutticolo regionale. Le successive tabelle riportano i quantitativi di pomodoro e carciofo prodotti nel territorio regionale.

Tabella 50: Produzione di pomodoro da industria in Puglia.

Province	Superficie totale (ha)	Produzione q ha ⁻¹	Produzione totale (q)	Produzione raccolta (q)
Foggia	23.600	716	16.892.000	15.987.400
Bari	850	350	297.500	295.800
Taranto	750	370	277.500	276.800
Brindisi	3.200	350	1.120.000	1.100.000
Lecce	550	700	385.000	377.300
Totale	28.950	2.486	18.972.000	18.037.300

Fonte : Dati Istat 2007

Tabella 51: Produzione di carciofo in Puglia.

Province	Superficie totale (ha)	Produzione q ha ⁻¹	Produzione totale (q)	Produzione raccolta (q)
Foggia	8.200	117,1	960.000	912.000
Bari	1.255	55	69.025	68.780
Taranto	360	120	43.200	42.900
Brindisi	6.820	68,8	469.000	450.000
Lecce	140	70	9.800	9.605
Totale	16.775	430,9	1.551.025	1.483.285

Fonte : Dati Istat 2007

La maggior parte della produzione carcioficola prodotta nel territorio regionale viene acquistata dalle industrie della surgelazione e trasformazione presenti nelle regioni centrali (es., Marche e Lazio) e nella stessa regione, dove si vanno diffondendo, anche se attualmente in misura trascurabile rispetto alla produzione, le industrie di trasformazione e/o conservazione del carciofo, mentre una quota significativa della produzione viene indirizzata al consumo fresco. In funzione di queste considerazioni, i residui provenienti dalle industrie di trasformazione del carciofo non sono presi in considerazione. Tale esclusione si ritiene necessaria anche in riferimento alla qualità scadente delle matrici per la produzione di biogas.

Il pomodoro da industria è la principale coltivazione orticola presente nel territorio regionale, dove sono anche presenti stabilimenti industriali adibiti alla produzione di prodotti derivanti dai processi di trasformazione. Gli scarti di lavorazione del pomodoro derivano in parte dai difetti riscontrati sulla materia prima in arrivo (pomodori immaturi o con gravi difetti di pigmentazione, pomodori lesionati sia per cause meccaniche che microbiche) e in parte dal processo stesso di trasformazione e di lavorazione (scarti di raffinazione, di pulitura, bucce e semi). La successiva tabella riporta le percentuali di residuo producibile dalle industrie di trasformazione dei pomodori.

Tabella 52: Principali residui provenienti dai processi di trasformazione del pomodoro

Residui	% di residuo
Terra e fanghi	3
Pomodori verdi	2
Buccette	1,5
Semi	1,5
Pomodori marci	1



Regione Puglia

Foglie e rami	1
Totale	10

Fonte: Elaborazione Agriconsulting S.p.A (interviste operatori del settore)

Com'è possibile osservare, materiali come le buccette ed i semi, grazie alle loro caratteristiche chimico-fisiche costituiscono buone matrici organiche per la produzione di biogas. Secondo la letteratura corrente, il 50% dello scarto è rappresentato da fibre, il 18% da proteine e il 10% da grassi; in particolare, le bucce dei pomodori sono costituite da diversi polisaccaridi a lunga catena. Questi composti risultano essere ottimi substrati per le attività di fermentazione dei batteri anaerobi.

Analogamente alle biomasse generate da altri processi di trasformazione, determinazione della disponibilità dei residui della lavorazione del pomodoro da destinare ai fini energetici si è realizzata attraverso i seguenti passaggi:

- reperimento dei dati riguardanti le produzioni provenienti dall'industria di trasformazione;
- determinazione della quantità di sottoprodotto proveniente dall'industria casearia;
- stima della disponibilità di biomassa di siero da destinare agli impianti industriali per finalità energetiche.

Per determinare il numero delle imprese di trasformazione presenti nel territorio regionale si sono utilizzati i dati provenienti dal Ministero delle Politiche Agricole relativi alle imprese di trasformazione del pomodoro autorizzate all'esercizio dell'attività, in riferimento all'anno solare 2008. Sono stati inoltre rilevate le principali imprese di trasformazione operanti nel territorio regionale, per conoscere le quantità di prodotto trasformato e le modalità di gestione e conduzione aziendale. L'industria di trasformazione del pomodoro in Puglia è piuttosto diffusa ed è particolarmente localizzata nelle zone di provenienza della materia prima. In particolare, nella zona del tavoliere di Foggia sono concentrate le industrie più significative dal punto di vista produttivo; un discreto numero di imprese di trasformazione del pomodoro è presente anche nella Provincia di Brindisi. Nel resto del territorio regionale le unità produttive sono di piccole dimensioni, a conduzione familiare e generalmente associate alla conservazione o trasformazione di altri prodotti agroalimentari. In particolare, la zona del Salento è specializzata nella produzione di conserve di tipo artigianale ottenute con metodi tradizionali. Il successivo grafico riporta la distribuzione percentuale delle aziende operanti nel settore dell'industria di trasformazione del pomodoro.

Figura 9: Distribuzione provinciale dell'industria di trasformazione del pomodoro

Fonte: Prof. De Meo – Istituto di Ec. Agraria, Univ. degli Studi di Bari

Data l'esigenza di considerare significative quantità di biomassa da tale sottoprodotto, è risultato appropriato considerare le principali industrie di trasformazione in funzione della quantità di prodotto trasformato, come detto maggiormente presenti nelle Province di Foggia e Brindisi, escludendo le attività ricadenti nelle altre province (tab. 53).

Tabella 53: Principali industrie di trasformazione del pomodoro

Province	Imprese in attività
Foggia	11
Brindisi	5

Fonte: Prof. De Meo – Istituto di Ec. Agraria, Univ. degli Studi di Bari

Per poter individuare le quantità di sottoprodotti provenienti dall'industria di trasformazione del pomodoro si sono effettuate interviste ai principali operatori locali delle industrie di trasformazione. Per determinare questi valori è stato infatti necessario reperire informazioni dirette sulla quantità di prodotto trasformato nelle singole industrie e sulla quantità di residuo derivante dai processi di trasformazione. La successiva tabella (tab. 54) riporta il quantitativo di pomodoro lavorato dalle imprese di trasformazione presenti nelle Province di Foggia e Brindisi.



Regione Puglia

Tabella 54: Quantità di prodotto trasformato

Province	Quantità di prodotto trasformato (t anno ⁻¹)
Foggia	580.000
Brindisi	140.000
Totale	720.000

Fonte: Elaborazione Agriconsulting S.p.A (interviste operatori locali)

Le quantità sono soggette a variazioni piuttosto marcate negli anni, variando in funzione delle dinamiche del mercato nazionale ed internazionale. Com'è possibile osservare, la quantità di pomodoro trasformato è decisamente inferiore rispetto alla produzione raccolta. La maggior parte dei pomodori da industria prodotti nel territorio regionale viene infatti indirizzata verso il mercato delle industrie conserviere presenti nella regione Campania. Il quantitativo di sottoprodotti derivante dai processi di trasformazione del pomodoro è del 10% del totale della materia prima avviata alla trasformazione. In base ai dati della precedente tabella il quantitativo di scarti dell'industrie di lavorazione del pomodoro nelle province di Foggia e Brindisi è rispettivamente di 58.000 e 14.000 t anno⁻¹, per un totale regionale di 72.000 t anno⁻¹.

Disponibilità netta di biomassa da residui di trasformazione del pomodoro per usi energetici

Per determinare la quantità biomassa da residui **della trasformazione del pomodoro** che possono essere indirizzati ai processi di digestione anaerobica, si sono dovute considerare sia le attuali modalità di smaltimento che le caratteristiche chimico-fisiche dei residui di trasformazione. Attualmente gli scarti di lavorazione del pomodoro vengono conferiti a titolo gratuito alle aziende zootecniche per l'alimentazione del bestiame e solo in alcuni casi vengono destinati allo smaltimento. Non esiste quindi un mercato alternativo per i residui provenienti dalle industrie di trasformazione del pomodoro.

Com'è possibile osservare nella tabella 52, gli scarti provenienti dai processi di trasformazione sono costituiti da diversi elementi; le foglie, i rami e la terra derivano dai processi di lavaggio della materia prima, mentre i rimanenti, dai processi di trasformazione. Questi residui presentano differenti caratteristiche chimico-fisiche, che determinano il loro riutilizzo nei processi di produzione del biogas. Ne deriva che la quantità di biomassa da residuo che può essere indirizzata ai processi di digestione anaerobica è pari al 6 % del totale dei residui della lavorazione, determinata in 43.200 t anno⁻¹.

Il quantitativo totale di matrici organiche destinabili alla produzione di biogas è costituita come detto precedentemente da buccette, semi e pomodori verdi e marci. Questi substrati sono a loro volta differenti per la concentrazione di sostanza secca, la quale influenza le attività di fermentazione dei batteri e la conseguente produzione di biogas. La maggiore concentrazione di sostanza secca è presente nelle buccette (26%), mentre i semini ed i pomodori verdi e marci hanno un contenuto inferiore (5-10%).

Secondo la letteratura corrente 1 t. di buccette di pomodoro con una percentuale di sostanza secca del 26 % può produrre 120 m³ di biogas. I valori di resa in biogas dei semini e dei pomodori verdi e marci sono invece simili a quelli di altri residui agroindustriali, come il siero e la sanse vergini.

In base ai dati riportati dalla letteratura corrente sulle rese in biogas e sulle quantità di residui provenienti dall'industria di trasformazione del pomodoro nel territorio regionale, è stato possibile determinare la potenziale produzione di biogas attraverso il riutilizzo di questi residui. La successiva tabella riporta il quantitativo di biogas ottenibile e le quantità producibile di energia elettrica e termica.

Tabella 55: Quantità di biogas e di energia potenzialmente ottenibile

Biogas (m ³)	kWh energia elettrica	kWh energia termica
---------------------------	-----------------------	---------------------



Regione Puglia

1.555.200

3.110.400

4.665.600

Fonte: Elaborazione Agriconsulting S.p.A

Il valore del biogas ottenuto è stato determinato considerando una percentuale di metano pari al 51 % del biogas totale, mentre i valori di energia elettrica e termica sono stati determinati ipotizzando che i processi di combustione avvengano in cogeneratori che garantiscono un rendimento del 40-50%.

In base ai dati, è evidente come i residui dell'industria del pomodoro possano rappresentare un'importante risorsa per la produzione di biogas. I principali limiti per il riutilizzo ai fini energetici dei residui dell'industria del pomodoro sono rappresentati dalle alternanze piuttosto marcate delle produzioni annuali e dalla stagionalità dei processi di trasformazione. Quest'ultimo fattore comporta che questi residui vengano conservati attraverso processi di insilamento.

4. **BIOMASSE DA REFLUI ZOOTECNICI**

Ai fini della determinazione della biomassa costituita dai reflui zootecnici, si considerano le deiezioni solide e liquide e gli eventuali materiali usati come lettiera, che possono trovare reimpiego nei processi di produzione di biogas, attraverso la digestione anaerobica, venendo considerati, insieme ai residui provenienti dall'industria agroalimentare, ottimi substrati per tali processi. In questi ultimi sono coinvolti microrganismi batterici anaerobi che, attraverso processi idrolitici e fermentativi, scindono sostanze organiche complesse come i lipidi, i protidi ed i glucidi, e portano all'ottenimento di metano (CH₄) ed anidride carbonica (CO₂).

Il potenziale energetico dei reflui zootecnici è strettamente correlato con il contenuto di sostanza organica; la loro composizione chimica varia notevolmente in funzione della specie allevata, della eventuale diluizione con acque di lavaggio, dalle modalità di stabulazione e, quindi, dalla presenza, dal tipo e dalla quantità di materiale da lettiera utilizzato.

La letteratura corrente considera ottimali, per i processi di produzione di biogas, le deiezioni zootecniche che hanno un contenuto di sostanza secca inferiore al 12%. Una elevata concentrazione di biomassa lignocellulosica può infatti rallentare notevolmente l'attività dei batteri metanigeni e la conseguente produzione di biogas.

Nel caso dell'utilizzo di reflui provenienti da allevamenti zootecnici può inoltre presentarsi il problema derivante dalla presenza di elevate concentrazioni di antibiotici. Questi possono infatti decimare la flora microbica e di conseguenza ridurre o addirittura annullare la produzione di metano e anidride carbonica e la conseguente produzione di energia.

Il recupero delle deiezioni animali può rappresentare inoltre un'opportunità per l'allevatore in riferimento alla corrente legislazione sui reflui zootecnici. L'attuale normativa pone infatti forti vincoli all'utilizzo dei reflui zootecnici come ammendanti organici nei terreni agricoli.

Il settore della zootecnia non è particolarmente sviluppato in Puglia rispetto alle altre regioni, infatti contribuisce solo per il 2% all'intera produzione agricola nazionale. Il territorio regionale è caratterizzato da una maggiore presenza di aziende bovine ed in minor parte ovi-caprine, mentre gli allevamenti suinicoli ed avicoli sono poco diffusi. Il territorio regionale presenta inoltre differenziazioni a livello provinciale sulle specie zootecniche allevate.

La provincia di Foggia è caratterizzata, rispetto alle altre, da una maggiore presenza di allevamenti ovini e suini; la provincia di Bari è invece caratterizzata da una maggiore presenza di allevamenti bovini. Nelle province di Lecce e Brindisi l'allevamento ovi-caprino assume una consistenza prevalente rispetto alle altre specie zootecniche. In questi territori è comunque presente un numero consistente di capi bovini. Il territorio della provincia di Taranto è invece caratterizzato da una elevata presenza di capi bovini. In questa zona sono presenti diverse aziende ovine, inoltre l'allevamento ed il numero di capi suini allevati è maggiore rispetto a quello delle province di Lecce



Regione Puglia

e Brindisi. L'allevamento avicolo non è particolarmente sviluppato; solo nella provincia di Foggia è presente qualche allevamento avicolo di notevoli dimensioni.

Nella seguente tabella viene rappresentato il numero di capi allevati, per ciascuna specie zootecnica, nelle diverse province pugliesi .

Tabella 56: Numero di capi allevati nelle diverse a livello provinciale

Province	Foggia	Bari	Taranto	Brindisi	Lecce	Totale
Bovini-Bufalini	51.463	69.654	49.278	7.638	8.948	186.981
Suini	7.690	5.307	2.509	0	38	15.544
Avicoli	1.071.596	345.566	202.835	200.514	161.024	1.981.535
Ovini-caprini	157.772	92.731	50.677	30.186	56.177	387.543

Fonte : Dati IZS 2007 ed Istat 2000

Metodologia

Vengono analizzati i quantitativi dei reflui zootecnici provenienti dagli allevamenti bovini, suini, avicoli ed ovi-caprini; per ciascuna tipologia, la determinazione della disponibilità dei reflui prodotti ed eventualmente valorizzabili energeticamente si è realizzata attraverso i seguenti passaggi:

- reperimento dei dati riguardanti il numero di capi allevati ed il numero di aziende operanti nel territorio regionale;
- determinazione dei coefficienti di produzione dei reflui zootecnici prodotti dalle diverse specie animali;
- stima della disponibilità di reflui zootecnici da destinare alla valorizzazione energetica.

Per poter determinare il numero di capi allevati nel territorio regionale si sono utilizzate diverse fonti statistiche. In particolare per gli allevamenti bovini, suini ed ovi-caprini sono stati utilizzati i dati dell'Istituto Zooprofilattico Sperimentale di Teramo; i dati, che fanno riferimento all'anno 2007, oltre a riportare il numero di capi allevati indicano il numero delle aziende operanti nei territori comunali. Per gli allevamenti avicoli, non avendo attualmente a disposizione altre fonti, sono stati utilizzati i dati Istat derivanti dal Censimento generale dell'agricoltura italiana relativo all'anno 2000.

La quantità dei reflui zootecnici prodotti in un allevamento varia in funzione della specie allevata e della forma di allevamento. Lo stadio fisiologico e di crescita dell'animale influenzano inoltre la quantità di alimento ingerita e la conseguente quantità di deiezioni prodotte. In funzione di queste considerazioni è stato necessario individuare, all'interno del territorio regionale, le principali modalità di allevamento delle diverse specie zootecniche considerate. Per poter determinare i quantitativi di reflui prodotti si sono inoltre utilizzate diverse fonti bibliografiche. Di particolare importanza è stato il manuale per la gestione e l'utilizzazione agronomica dei reflui zootecnici, realizzato nell'ambito del progetto: 'Sviluppo della assistenza tecnica per l'impiego corretto dei fertilizzanti in agricoltura nelle aree ad elevato rischio di crisi ambientale', della Regione Emilia Romagna. Per ciascuna specie zootecnica, le quantità di deiezioni prodotte sono state calcolate in funzione dell'età, dello stadio fisiologico, della capacità produttiva, della razza e delle condizioni climatiche. Nella determinazione dei reflui zootecnici si sono inoltre considerate le diverse modalità di gestione dell'allevamento; sono state infatti calcolate le quantità di deiezioni prodotte sia negli allevamenti estensivi che nelle diverse modalità di stabulazione.

La quantità di reflui zootecnici destinabile alla valorizzazione energetica varia in funzione delle modalità di gestione dell'allevamento ed alla qualità dei reflui. Attraverso il rapporto tra il numero di capi allevati ed il numero di aziende, è possibile determinare la densità zootecnica. Questo parametro fornisce un'informazione di base sulla gestione degli allevamenti. Una elevata densità zootecnica è



Regione Puglia

infatti associata ai cosiddetti allevamenti senza terra, dove la stabulazione degli animali è effettuata principalmente in gabbie o in box e la pratica del pascolamento è praticamente inesistente. In queste modalità di gestione aziendale le deiezioni animali risultano un potenziale inquinante che trova spesso difficoltà di smaltimento ai sensi dell'attuale normativa; per contro, negli allevamenti estensivi dove viene praticato il pascolamento per la maggior parte delle ore giornaliere, i reflui zootecnici possono trovare reimpiego come fertilizzanti nei terreni agricoli. Le aziende che praticano l'allevamento intensivo, data l'elevata specializzazione aziendale, hanno la possibilità di minimizzare i costi logistici e di gestione dei reflui zootecnici, riutilizzandoli per le proprie finalità energetiche.

Per la determinazione della quantità di reflui zootecnici suscettibili di valorizzazione energetica, è risultato quindi appropriato utilizzare coefficienti di utilizzo in funzione della densità zootecnica. Le informazioni sulle principali caratteristiche degli allevamenti presenti nel territorio pugliese sono state acquisite mediante diverse fonti bibliografiche ed integrate da interviste a tecnici operanti nel territorio regionale.

Allevamenti bovini-bufalini

I reflui zootecnici, prodotti negli allevamenti bovini e bufalini, sono rappresentati principalmente dal letame. Questo è l'insieme degli escrementi (feci ed urine) dell'animale e della paglia (lettieria). Questa matrice organica viene considerata ottimale per i processi di digestione anaerobica in quanto è l'effluente organico animale con il maggiore rapporto CH₄/volume. Tuttavia possono venirsi a creare dei problemi, per l'attività dei batteri metanigeni, dovuti alla eccessiva presenza di paglia. Una elevata concentrazione di sostanza secca può infatti rallentare i processi idrolitici e fermentativi della flora batterica. Questa problematica è comunque strettamente correlata alla tipologia impiantistica degli impianti per la produzione di biogas. In particolare, il sistema di mescolamento e la tipologia del digestore utilizzato possono ridurre sensibilmente questa problematica.

Per determinare il numero di capi allevati sono stati utilizzati i dati provenienti dall'Istituto Zooprofilattico Sperimentale di Teramo, prodotti a livello di dettaglio provinciale e comunale. Questi dati riportano anche il numero di capi bovini e bufalini in funzione dell'età e del sesso. È stato necessario reperire anche il numero di aziende sul territorio regionale. Questi ultimi dati sono stati estrapolati dalla pubblicazione "La zootecnica in Puglia" realizzata dall'Assessorato alla Sanità ed ai Servizi Sociali. La seguente tabella (tab. 57) riporta il numero di capi allevati e le relative aziende nel territorio regionale.

Tabella 57: Numero di capi bovini, bufalini allevati e strutture aziendali in Puglia

Province	Foggia	Bari	Taranto	Brindisi	Lecce	Totale
Bovini	44.283	69.220	48.868	7.606	8.911	178.888
Bufalini	7.180	434	410	32	37	8.093
N. Aziende	1.221	1.955	1.242	415	922	5.755

Fonte : Dati IZS 2007. Pubblicazione: La zootecnica in Puglia 2002 sul numero di strutture.

Come si può osservare, l'allevamento delle specie bovine e bufaline è praticato prevalentemente nella Provincia di Foggia ed in quella di Bari. In particolare, l'allevamento della specie bufalina è presente quasi esclusivamente nella Provincia di Foggia.

Si è proceduto quindi con la determinazione dei coefficienti di produzione dei reflui zootecnici da allevamenti bovini-bufalini. Per determinare la quantità dei reflui prodotti è stato necessario acquisire elementi sulle modalità di stabulazione degli allevamenti bovini e bufalini. La seguente tabella (tab. 58) riporta la classificazione commerciale e zootecnica delle specie bovine e bufaline.

Tabella 58: Classificazione zootecnica e commerciale della specie bovina e bufalina

Specie	Classificazione Zootecnica	Classificazione
--------	----------------------------	-----------------



Regione Puglia

Categoria		Età	Peso (Kg)	Commerciale Categoria		
Bovina	Vitello da latte	Tradizionale	m 5-7	180-200	Bovino da latte	< Kg 220 p.v
		Leggero	m 4-5	120-150		
		Pesante	m 6-8	250-280	Bovino adulto	A giovenca
	Vitellone	Leggero	m 10-12	350-400		B toro
		Semipesante	m 12-15	450-500	C castrato	
		Pesante	m > 15	> 500	E vitellone	
	Adulto	Vacca	y 8-12	400-700		
		Toro	y 4-6	600-1500		
	Bufalina	Vitello da latte (bufalotto)		m 4-5	80-120	Annuotolo
			m 10-12	300-350		
Adulto		Bufala	y 10-12	500-600	Adulto	> y 1
		Toro	y 6-8	600-1000		

Fonte : Tecniche di produzione dei ruminanti 2004

Questa classificazione è di fondamentale importanza per le finalità della determinazione, poiché lo stato di accrescimento animale e la conseguente quantità di alimento ingerito varia in funzione dell'età dell'animale, in stretta correlazione con la quantità di deiezioni prodotte.

Secondo la metodologia illustrata, sono stati individuati i coefficienti di produzione di letame negli allevamenti bovini. Questi sono stati differenziati in base all'età, al sesso dei capi ed in funzione del tipo di gestione aziendale. In funzione di queste considerazioni è stato necessario individuare le principali forme di allevamento praticate nella Regione Puglia. Le relative informazioni sono state reperite tramite interviste ad operatori locali e stakeholders. Le principali forme di gestione aziendale praticate sono del tipo estensivo e semiestensivo; in questa ultima forma i capi sono mantenuti in stabulazione semipermanente. In base ai dati estrapolati dall'IZS ed in funzione delle principali forme di allevamento praticate è stato possibile determinare i coefficienti di produttività di letame per gli allevamenti bovini e bufalini.

La seguente tabella (tab. 59) riporta i coefficienti di produttività da noi utilizzati per determinare la quantità di letame prodotto da allevamenti bovini e bufalini.

Tabella 59: Coefficienti di produttività di letame da allevamenti bovini e bufalini

Categoria Zootecnica	Femmine con età inferiore ai 12 mesi	Maschi	Femmine con età maggiore ai 12 mesi
Letame prodotto (t/mese)	0,2	0,5	0,5

Fonte: Manuale per la gestione dei reflui zootecnici e Tecniche di produzione dei ruminanti 2004

Come si può osservare, non è stata fatta una distinzione per i maschi di età inferiore ai 12 mesi. Questo è spiegabile perché essi presentano un peso alla nascita ed un ritmo di accrescimento maggiore rispetto alle femmine.

Disponibilità di biomassa da allevamenti letame da allevamenti bovini-bufalini

La quantità di letame negli allevamenti bovini che può essere destinata alla valorizzazione energetica varia in funzione della densità animale. Un basso numero di animali allevati per azienda è indice di una gestione aziendale di tipo estensivo. In questa tipologia di allevamento i capi bovini utilizzano il pascolo come fonte di alimento principale, mentre l'alimentazione a base di concentrati è praticata



Regione Puglia

solo in particolari periodi dell'anno. In funzione di queste caratteristiche è evidente come il recupero dei reflui zootecnici negli allevamenti estensivi incontri difficoltà di tipo gestionale e logistico. Il largo ricorso al pascolamento è inoltre indice di una elevata estensione superficiale dell'azienda. Il letame prodotto in questo tipo di aziende trova quindi reimpiego come fertilizzante organico. Gli allevamenti intensivi e semi intensivi sono invece caratterizzati da un basso ricorso al pascolamento come fonte di alimento; queste aziende sono infatti dotate di infrastrutture aziendali ed i capi passano la maggior parte delle loro giornate all'interno di box e/o cuccette. Le caratteristiche gestionali di queste aziende permettono un maggior recupero dei reflui zootecnici prodotti.

Considerate le diverse gestioni aziendali è risultato appropriato utilizzare coefficienti di utilizzo per determinare la quantità di biomassa da letame che può essere destinata ai fini energetici, in funzione della densità zootecnica (capi allevati/aziende). Vengono infatti considerate aziende intensive quelle in cui la consistenza minima di capi allevati è di 100 unità. Per questo tipo di aziende la quantità di biomassa da letame destinabile alla valorizzazione energetica è pari ad almeno il 50% del letame totale prodotto. Gli allevamenti che presentano un numero di capi inferiore alle 100 unità, diversamente dai precedenti, sono considerati a bassa concentrazione e/o intensità produttiva. Questi allevamenti sono spesso caratterizzati da una forma di gestione aziendale di tipo estensivo. In questo tipo di aziende, date le difficoltà gestionali per il recupero dei reflui zootecnici, la biomassa da letame non può essere destinata alla produzione di biogas.

Allevamenti suini

I reflui provenienti dagli allevamenti suini sono costituiti dalle deiezioni e dalle urine degli animali allevati, diluiti nelle acque impiegate per le pulizie dei locali di allevamento. I liquami suini sono caratterizzati da un contenuto di sostanza secca inferiore al letame bovino. La concentrazione di sostanza secca, nel liquame proveniente dagli allevamenti suini, è variabile, sia in funzione delle caratteristiche fisiologiche dei capi allevati sia dei sistemi di pulizia impiegati (grigliati, lavaggi con ribaltine e con getti d'acqua in pressione, ecc). Le deiezioni prodotte negli allevamenti suini sono considerate un substrato ideale per l'attività fermentativa dei batteri metanigeni.

L'allevamento dei suini in Puglia non è particolarmente sviluppato, la maggior parte degli allevamenti sono presenti nelle Province di Foggia e Bari, mentre nel resto del territorio regionale il numero di capi allevati è piuttosto esiguo. Le modalità di gestione aziendale, praticate nel territorio regionale, sono di tipo estensivo, la maggior parte dei capi viene infatti allevata allo stato semibrado.

Per determinare il numero di capi allevati nel territorio regionale, come per i bovini ed i bufalini, si sono utilizzati i dati dell'IZS. A differenza di quelli riportati per i bovini, i dati non presentano una differenziazione in funzione dell'età e del sesso. Considerato che anche per i suini la quantità delle deiezioni prodotte è strettamente correlata con l'età, con lo stato di accrescimento e con il peso, è stato necessario reperire i dati relativi al numero di suini per le diverse classi di età, reperiti dalle pubblicazioni dell'Istat. La successiva tabella (*tab. 60*) riporta il numero di capi suini, differenziati in base all'età, presenti nel territorio regionale nell'anno 2006, ultimo dato disponibile.

Tabella 60: Consistenza del bestiame suino

Consistenza del bestiame suino al 1° dicembre 2006				
	Di peso inferiore a 20 Kg.	Di peso da 20 Kg. a 50 Kg. Esclusi	Di peso superiore a 50 kg	TOTALE
n° capi 2006	4.349	5.375	16.351	26.075
n° capi 2005	5.167	4.170	16.234	25.571
n° capi 2004	5.365	4.293	16.205	25.863
n° capi 2003	4.837	3.844	15.949	24.630
n° capi 2002	6.127	5.018	16.806	27.951
media	5.169	4.540	16.309	26.018
% media	20	17	63	100



Regione Puglia

peso medio [kg]	10	35	120	83,7
-----------------	----	----	-----	------

Fonte: Dati Istat

In base ai dati reperiti, è stato possibile determinare il numero di capi suini allevati, differenziati in base al peso, nell'anno 2007. Le elaborazioni effettuate dall'IZS riportano inoltre, a livello di dettaglio comunale, il numero di aziende suinicole nel territorio regionale. La successiva tabella riporta il numero di capi suini allevati per provincia ed il numero di aziende sul territorio regionale.

Tabella 61: Numero di capi suini allevati e strutture aziendali in Puglia

Province	Foggia	Bari	Taranto	Brindisi	Lecce	Totale
Suini	7.690	5.307	2.509	0	38	15.544
Aziende	77	366	211	74	84	812

Fonte: Dati IZS 2007

Per poter determinare il quantitativo di liquame prodotto negli allevamenti suinicoli, si sono utilizzate diverse fonti bibliografiche. Come detto precedentemente, la quantità di deiezioni prodotte anche per i suini varia in funzione dell'età. La successiva tabella riporta le quantità di liquame prodotto per le diverse categorie di suini.

Tabella 62: Coefficienti di produttività di liquame da allevamenti suini

Categoria Zootecnica	Suini peso inferiore 20 Kg	Suini peso 20-50 Kg	Suini peso maggiore 50 Kg
Liquame prodotto Kg/giorno	3	6	11

Fonte: Manuale per la gestione dei reflui zootecnici e Tecniche di produzione dei ruminanti

I coefficienti fanno riferimento alla quantità di liquame prodotto dal singolo capo indipendentemente dalle modalità di stabulazione utilizzate. Non si è infatti ritenuto di utilizzare i coefficienti di produzione del liquame in relazione al tipo di stabulazione, in quanto nel territorio regionale la maggior parte dei capi è allevata allo stato semibrado.

Disponibilità di biomassa da liquame suino per usi energetici

Anche per poter stimare la disponibilità di liquame suino da destinare alla valorizzazione energetica è stato necessario individuare la densità di allevamento a livello di dettaglio comunale. Questo valore è stato determinato attraverso l'utilizzo dei dati dell'IZS a livello di dettaglio comunale sul numero di capi allevati e di aziende nei singoli Comuni. Una forte concentrazione di capi rispetto alle unità produttive è indice di allevamenti di tipo intensivo che spesso dispongono di limitate superfici agricole. L'allevamento suino in Puglia è sviluppato prevalentemente nella forma all'aperto. In questo tipo di gestione aziendale la raccolta delle deiezioni animali trova difficoltà di tipo gestionale.

Per determinare la quantità di liquame potenzialmente destinabile alla valorizzazione energetica, è risultato appropriato utilizzare coefficienti di utilizzo, determinati in funzione della densità zootecnica (capi allevati/aziende). Le aziende che presentano un numero di capi suini maggiore alle 500 unità sono considerate a produzione concentrata o intensiva. In questo tipo di aziende è possibile destinare le deiezioni prodotte alle finalità energetiche. In funzione di queste considerazioni la quantità di liquame suscettibile alla valorizzazione energetica è stata considerata del 50% del liquame totale prodotto. Nelle aziende dove i capi suini vengono allevati allo stato semibrado non è possibile il recupero dei liquami per le finalità energetiche.

Allevamenti ovicaprini

L'allevamento delle specie ovina e caprina non è particolarmente diffuso in Puglia. I principali allevamenti sono presenti esclusivamente nella Provincia di Foggia, in particolare nella zona garganica ed in quella del foggiano. La seguente tabella (tab. 63) riporta il numero di capi allevati ed il numero di aziende ovicaprine sul territorio regionale.

Tabella 63: Consistenza del bestiame ovicaprino e numero di aziende presenti nel territorio regionale

Province	Foggia	Bari	Taranto	Brindisi	Lecce	Totale
----------	--------	------	---------	----------	-------	--------



Regione Puglia

Ovini	126.528	84.315	36.041	19.460	43.213	309.557
Caprini	31.244	8.416	14.636	10.726	12.964	77.986
Aziende	2.117	1.269	848	733	718	5.685

Fonte : Dati IZS 2007

Come si può osservare, sia il numero di capi che il numero di aziende è piuttosto esiguo; gli allevamenti ovicaprini sono infatti di dimensioni ridotte e spesso associati all'allevamento di altre specie zootecniche.

Le principali razze ovine allevate, specializzate per la produzione latte, presentano la caratteristica di avere un'ottima rusticità, la quale conferisce loro resistenza alle avversità climatiche e la caratteristica di essere ottime pascolatrici, anche nelle zone non pianeggianti.

Le modalità di gestione aziendale praticate nel territorio regionale sono infatti di tipo estensivo, con largo ricorso al pascolamento per tutto il periodo dell'anno. Il ricovero dei capi ovini e caprini avviene solo nei periodi più avversi dell'anno in locali chiamati ovili e/o caprili. In questi ambienti la lettiera è costituita dalla paglia e viene tenuta pulita con l'aggiunta periodica di questo materiale.

La rimozione della lettiera avviene generalmente due volte nel corso dell'anno e la stessa viene riutilizzata come ammendante organico nei terreni agricoli. Dai dati e dalla tipologia, risulta che la quantità di biomassa da reflui zootecnici prodotta negli allevamenti ovicaprini del territorio regionale non può essere considerata tecnicamente ed economicamente disponibile per la valorizzazione energetica.

Allevamenti avicoli

I reflui zootecnici prodotti negli allevamenti avicoli sono costituiti dalla pollina (deiezioni solide e liquide) e da altro materiale utilizzato come lettiera. Anche le deiezioni provenienti dagli allevamenti avicoli sono considerate matrice organica per la produzione di biogas, in particolare la pollina, prodotta negli allevamenti senza lettiera.

Queste deiezioni presentano un contenuto di sostanza secca intorno al 18-20 %; questo valore non è considerato ottimale per la produzione di biogas, rispetto alla concentrazione di sostanza secca presente nelle deiezioni solide e liquide provenienti dagli allevamenti bovini e suini. La pollina presenta inoltre una elevata concentrazione di azoto: l'ammoniaca, che si libera in presenza di acqua per idrolisi enzimatica può raggiungere alte concentrazioni e inibire il processo di fermentazione.

Maggiori problemi si riscontrano nel riutilizzo delle deiezioni avicole provenienti dagli allevamenti su lettiera. La pollina prodotta in queste tipologie di allevamento presenta una concentrazione di sostanza secca intorno al 60-70%, poiché la lettiera è generalmente costituita dalla paglia, la quale presenta una elevata concentrazione di biomassa lignocellulosica.

Considerata l'attuale normativa sui reflui zootecnici, l'elevata concentrazione di azoto pone limiti al riutilizzo di queste deiezioni nei terreni agricoli. Gli allevamenti avicoli sono infatti caratterizzati da superfici agricole molto ridotte. È pertanto evidente come i reflui avicoli rappresentino un problema di smaltimento per le aziende avicole. Il loro riutilizzo per la produzione di biogas, nonostante i problemi precedentemente citati, è comunque oggi attuabile grazie alle nuove tecnologie degli impianti di produzione.

Gli allevamenti avicoli, rapportati alle altre specie zootecniche presenti nel territorio regionale, assumono un aspetto piuttosto marginale. L'allevamento avicolo è spesso situato all'interno di unità produttive indirizzate prevalentemente all'allevamento di altre specie zootecniche. Nella seguente tabella viene riportato il numero di capi avicoli presenti sul territorio regionale.

Tabella 64: Consistenza dei capi avicoli

Province	Foggia	Bari	Taranto	Brindisi	Lecce	Totale
Capi avicoli	1.071.596	345.566	202.835	200.514	161.024	1.981.535

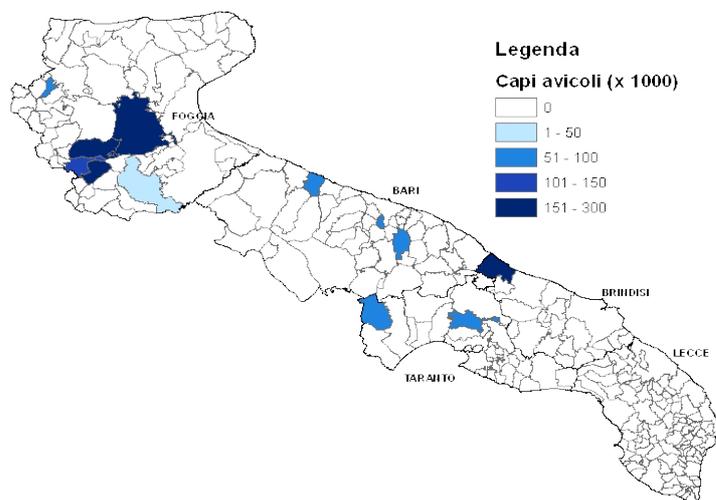
Dati : Istat 2000



Regione Puglia

Come si può osservare, il maggior numero di capi avicoli è rappresentato nella provincia di Foggia. La seguente figura riporta la distribuzione dei capi avicoli nei diversi Comuni del territorio regionale.

Figura 10: Capi avicoli per Comune



(Fon Per poter determinare il numero di capi avicoli allevati in Puglia sono stati utilizzati i dati Istat del 5° censimento generale dell'agricoltura, anno 2000. I dati rilevati non considerano il diverso indirizzo produttivo; questa differenziazione è invece di fondamentale importanza. La successiva tabella, estrapolata dai dati Istat relativi all'anno 2000, ha permesso di determinare il numero di galline ovaiole e di polli da carne presenti nel territorio regionale.

te: elaborazione Agriconsulting SpA)

Tabella 65: Capi avicoli allevati in Puglia

Altri allevamenti	Faraone	Ovaiole	Oche	Polli da carne	Tacchini	Totale
228.503	1.783	843.619	3.129	901.656	3.245	1.981.935
11,50%	0,10%	42,60%	0,20%	45,50%	0,20%	100,00%

Fonte : Dati Istat 2000

Anche per la determinazione dei reflui provenienti dagli allevamenti avicoli si sono utilizzati i coefficienti pubblicati nel manuale precedentemente citato. La tabella seguente riporta le quantità di deiezioni giornaliere prodotte dalle galline ovaiole e dai polli da carne.

Tabella 66: Coefficienti di produttività di deiezioni avicole

Categoria Zootecnica	Galline ovaiole	Polli da carne
deiezioni prodotto Kg/d	0,15	0,75

Fonte: Manuale per la gestione dei reflui zootecnici e Tecniche di produzione dei ruminanti

Disponibilità di biomassa da pollina per usi energetici

Come detto precedentemente, l'indice delle densità zootecnica fornisce le informazioni di base sul tipo di gestione degli allevamenti. Non avendo a disposizione i dati a livello di dettaglio comunale sul numero di aziende, la stima della pollina suscettibile di valorizzazione energetica è stata eseguita in funzione del numero di capi per Comune. Per determinare questo valore si è fatto riferimento a coefficienti di utilizzo. È risultato appropriato utilizzare un coefficiente del 50% nei Comuni dove il numero dei capi avicoli è maggiore di 10.000 unità. Nei Comuni dove il numero di capi è compreso tra le 4.000 e le 10.000 unità si è ritenuto opportuno utilizzare un coefficiente del 10%.

5. BIOMASSE DA COLTURE ENERGETICHE

In Puglia non sono attualmente presenti superfici agricole occupate da colture energetiche dedicate. In considerazione dell'esigenza di valutare un possibile sviluppo delle stesse si è proceduto con uno studio sulla vocazionalità potenziale del territorio agricolo regionale verso colture più largamente



Regione Puglia

utilizzate per scopi energetici. In quest'ottica, volutamente sono state escluse colture energetiche per le quali esistono ad oggi criticità di gestione tecnica non ancora del tutto risolti (arundo donax, miscanthus) o per le quali particolari esigenze termiche o elevate esigenze idriche le rendono poco adatte ai diversi areali di coltivazione pugliesi (mais, jatropha).

L'acquisizione dei dati relativi alla disponibilità potenziale di biomasse da colture dedicate all'uso energetico rappresenta un supporto alle decisioni importanti in termini di pianificazione pubblica e di scelta imprenditoriale individuale o collettiva. La finalità è stata quella di determinare le seguenti informazioni:

- superfici potenzialmente interessate alla coltivazione delle colture energetiche;
- indice sintetico di vocazionalità specifica;
- vocazionalità del territorio comunale; disponibilità di biomassa derivante dall'introduzione di colture energetiche (colza, girasole, triticale).

Non potendo riferirsi alle superfici attualmente investite, secondo la metodologia utilizzata per le biomasse residuali, la determinazione della produzione potenziale di biomassa da colture dedicate è stata impostata ipotizzando alcuni scenari produttivi l'attendibilità dei quali è legata alle effettive possibilità d'inserimento delle specie considerate nei contesti produttivi e negli ordinamenti colturali del territorio considerato.

Per determinare le zone suscettibili alla coltivazione delle colture dedicate è necessario prendere in considerazione gli aspetti agronomici e le attuali coltivazioni presenti nel territorio agricolo. In particolare, sono considerati aspetti di tipo economico relativi agli attuali ordinamenti colturali presenti in Puglia, poiché le colture energetiche possono essere coltivate nelle superfici occupate dai seminativi. La successiva tabella riporta le superfici occupate dalle colture cerealicole, foraggere ed orticole nel territorio regionale.

Tabella 67: Superfici a seminativi presenti nella Regione Puglia

Principali colture	Cerealicole	Foraggere	Orticole	Totale
Sup.(ha)	437.066	292.535	60.000	789.601

Fonte : Dati Istat 2007

La principale coltivazione orticola è il pomodoro da industria; il prodotto viene richiesto dalle industrie di trasformazione sul territorio regionale e soprattutto nella regione Campania. In ragione della costante richiesta di mercato di queste produzioni, tali superfici sono difficilmente convertibili in colture energetiche. Le coltivazioni foraggere sono rappresentate principalmente dagli erbai autunno-vernini, dai prati pascoli e dai pascoli naturali, essenze che entrano negli ordinamenti colturali delle aziende zootecniche e vengono utilizzate esclusivamente per l'alimentazione del bestiame. Queste aziende possiedono una elevata dotazione strutturale rappresentata da macchine e fabbricati, da scorte vive (capi bestiame) e morte (concimi, sementi ecc).

La sostituzione delle colture foraggere con le colture energetiche dedicate comporterebbe un cambiamento dell'indirizzo produttivo di queste aziende, ma risentirebbe di forti limiti connessi al valore economico dei beni aziendali. Le principali coltivazioni cerealicole presenti nel territorio regionale sono il grano, l'avena e l'orzo. La successiva tabella riporta le superfici agricole interessate dalla coltivazione delle principali colture cerealicole nelle diverse Province della Regione Puglia.

Tabella 68: Superfici agricole investite a grano, orzo ed avena a livello provinciale

Provincia	Foggia	Bari	Taranto	Brindisi	Lecce	Totale
Sup. (ha)	255.155	59.459	33.900	15.130	30.655	394.298

Fonte : Dati Istat 2007

La maggiore diffusione di queste colture è concentrata provincia di Foggia con il più elevato numero di aziende ad indirizzo cerealicolo, per le quali è richiesto un basso impiego di capitali. Inoltre, nella provincia di Foggia sono presenti circa 9.800 ha di colture industriali, rappresentate da colture



Regione Puglia

oleaginose (girasole) con circa 1.300 ha e barbabietola da zucchero, con 8.500 ha coltivati per lo più a scopi alimentari.

Tabella 69: Superfici agricole investite ad oleaginose e a barbabietola da zucchero a livello provinciale

PROVINCIA	Girasole	Soia	Colza	Barbabietola da zucchero	Coltivazioni industriali
Foggia	1.300	0	0	8.536	9.836
Bari	5	5	0	5	15
Taranto	30	0	120	50	200
Brindisi	0	0	0	0	0
Lecce	0	0	0	0	0

Fonte : Dati Istat 2007

Le aree disponibili all'introduzione di colture energetiche sono rappresentate dalle superfici occupate da colture cerealicole e industriali, escludendo il pomodoro da industria; l'ipotesi configurata è l'introduzione di sistemi colturali innovativi che includano le colture alimentari tradizionali e le colture no-food per produzioni di biomasse da energia.

Ai fini dell'analisi di fattibilità di possibili filiere agroenergetiche si è effettuato uno screening delle colture da biomassa ad uso energetico, ipotizzando nel breve medio periodo l'introduzione di colture annuali di semplice meccanizzazione compatibili con le attuali dotazioni strutturali delle aziende agricole pugliesi, le colture rispondenti a detto requisito sono risultate il colza e il girasole per la filiera degli oli vegetali, e il triticale per la produzione di biomassa da destinare alla digestione anaerobica. Oltre che dalla disponibilità di superfici da convertire, la valutazione, tuttavia, va effettuata alla luce di numerosi fattori legati della loro adattabilità complessiva ad uno specifico territorio, con specifico riferimento alle caratteristiche pedologiche e climatiche di un ambiente, che determinano lo sviluppo fisiologico delle specie.

La metodologia ha previsto diverse fasi:

- stima delle superfici suscettibili di conversione energetica
- stima della coefficienti di produttività di biomassa attraverso costruzione di mappe agronomiche secondo la Classificazione agronomica del Territorio "CATII"
- stima della disponibilità di biomassa da colture dedicate.

Determinazione delle superfici suscettibili di conversione energetica.

La prima fase si è concretizzata nella determinazione delle superfici suscettibili di conversione a colture dedicate prendendo in considerazione i dati del V Censimento dell'Agricoltura del 2000 a livello di dettaglio comunale aggiornati con i dati ISTAT 2007 provinciali. Sono state considerate le superfici occupate dalle colture cerealicole (frumento, orzo, avena e mais) e dalle colture industriali (semi oleosi e barbabietola da zucchero), escluso il pomodoro da industria. A partire dai dati potenziali delle superfici utilizzabili per tali specie è stata anche stimata la quantità di biomassa ottenibile, allo scopo di verificare in che misura i diversi territori regionali possano far fronte alla fornitura di materia prima da utilizzare ai fini energetici.

È stata valutata l'introduzione potenziale di specie erbacee per uso energetico in avvicendamento con le colture alimentari tradizionali degli ambienti pugliesi, in una rotazione di durata quadriennale. Tale ipotesi è dettata dagli indirizzi della Politica Agricola Comunitaria (PAC), che sostengono modelli di agricoltura basati sul ripristino di buone pratiche agricole e sul rispetto della Condizionalità in agricoltura, (Decreto MiPAAF 27417 del 22/12/2011), nella direzione di favorire la diversificazione colturale e l'avvicendamento dei cereali con colture da rinnovo (tra cui oleaginose da energia, leguminose, erbai), da introdurre nei sistemi colturali. Al fine di quantificare le superfici potenziali delle colture in esame, sono stati ipotizzati i seguenti scenari. Per il colza e il girasole, le colture



Regione Puglia

possono rientrare in una pianificazione di avvicendamento quadriennale, così definita: frumento – oleaginosa – frumento (cereali minori) – leguminose (erbai).

Tale avvicendamento, determinato dall'impossibilità di avvicendere colza e girasole con turni inferiori a tre anni, garantirebbe il perpetuarsi della naturale vocazione di questi territori (frumento e cereali minori, leguminose da granella). La ripartizione della quota di superficie (25%) destinata alle oleaginose sarebbe ripartita tra il girasole e il colza in funzione della vocazionalità specifica di queste colture.

Definite le superfici e le colture di più agevole inserimento negli ordinamenti colturali regionali, ai fini della determinazione della disponibilità di biomassa da colture dedicate, si è condotto uno specifico studio di vocazionalità territoriale, utile ad individuare le produzioni areiche unitarie o coefficienti di produttività di biomassa delle colture considerate nei differenti contesti pedoclimatici regionali, utilizzando la metodologia di classificazione agronomica del territorio CATII (Giardini et al., 1997).

Tale metodologia è stata concepita per avere una classificazione che consenta di stimare la potenzialità produttiva agricola in termini quantitativi, definendo, con un buon grado di approssimazione, la 'potenzialità agronomica generale' del territorio, ovvero l'attitudine ad ospitare l'insieme delle più importanti specie agrarie di una determinata fascia climatica.

Il livello di precisione del modello consente di dettagliare il comportamento produttivo potenziale di una coltura in un determinato ambiente (vocazione culturale specifica).

Il procedimento di classificazione ha previsto un confronto tra le caratteristiche della Puglia e una serie di possibili situazioni territoriali di riferimento, verificando se una o più variabili possono assumere valori al di fuori dei limiti ottimali, costituendo una limitazione alla coltivazione. Le variabili da analizzare hanno riguardato i settori della pedologia, dell'idrologia, della morfologia del territorio e del clima.

Il tipo, il formato e la fonte dei dati utilizzati vengono riportati di seguito.

Tabella 70: Dati di origine

Dato	Formato	Fonte
Confini amministrativi	Vettoriale	Regione Puglia
Uso del Suolo (CORINE)	Vettoriale	APAT
Geomorfologia	Vettoriale	Progetto Acla 2
Pedologia	Vettoriale	Progetto Acla 2
Clima	Raster	Assocodipuglia - Regione Puglia

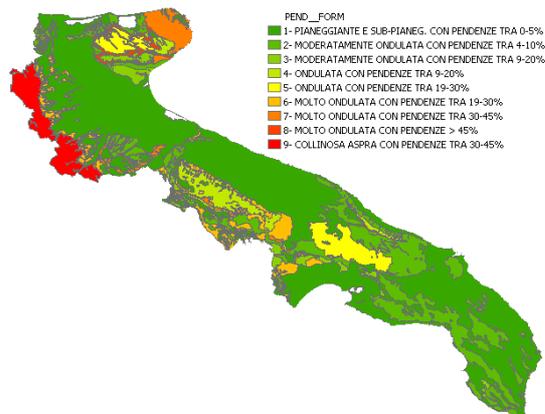
I confini comunali sono in formato shapefile. I dati di Capacità Uso del Suolo derivano dal progetto CORINE–Land Cover, acquisiti dall'APAT (Corine-Land Cover 2000-Puglia). Il 'CORINE' (Coordination of information about the Environment) è stato varato dalla Comunità Europea con l'obiettivo di verificare dinamicamente lo stato dell'ambiente nell'area comunitaria, per orientare le politiche comuni, controllarne gli effetti, proporre eventuali correttivi. 'CORINE-Land Cover' ha fornito al 'CORINE' le informazioni sulla tipologia di copertura del suolo negli Stati membri della Comunità Europea.

Le informazioni georeferenziate relative agli intervalli e alla forma delle pendenze in nove tipologie geomorfologiche del territorio pugliese sono state rilevate in formato digitale dal Progetto ACLA 2 (Caliandro et al., 2005), (fig 11), che ha fornito in formato digitale anche i dati relativi alle caratteristiche fisiche e chimiche dei suoli pugliesi. Il territorio regionale è stato mappato per i seguenti parametri: profondità; contenuto di scheletro; granulometria; contenuto di sostanza organica; contenuto in carbonati totali; reazione; salinità; drenaggio.

Figura 11: Mappa della geomorfologia della Puglia Tra i fattori che influenzano la diffusione



Regione Puglia



di una coltura in un ambiente l'andamento termico e pluviometrico giocano un ruolo fondamentale. I dati climatologici sono stati forniti dall'Associazione Regionale Consorzi di Difesa della Puglia. Sono stati acquisiti dati da 188 stazioni, di cui 15 termometriche, 65 pluviometriche e 108 termopluviometriche, riguardanti periodi storici differenti, per i seguenti parametri:

- media poliennale delle temperature minime e massime giornaliere;
- media poliennale delle precipitazioni totali giornaliere.

L'elaborazione dei dati climatici ha avuto lo scopo di verificare in che misura le esigenze ecologiche delle colture rispondano alle caratteristiche climatiche del territorio pugliese.

Il Deficit Pluviometrico Stagionale fornisce una stima orientativa dei rischi di carenza idrica in relazione alle diverse colture presenti su un dato territorio. Questo parametro è stato definito, a livello territoriale e per le singole colture come la differenza tra la sommatoria dei valori medi delle precipitazioni di una località in un dato periodo e la sommatoria dell'evapotraspirazione effettiva mediamente attribuibile a una specifica coltura nello stesso periodo di riferimento. Il calcolo è stato effettuato in ambiente GIS, utilizzando le mappe della Piovosità stagionale e della Evapotraspirazione effettiva stagionale.

L'Indice Termico Colturale considera il fattore temperatura, efficace nel caratterizzare un determinato ambiente, riassumendo l'effetto di molte variabili climatologiche, al fine di determinare il potenziale produttivo delle specie considerate in quell'ambiente. È stato dunque possibile attribuire alla unità cartografica o area definita del territorio oggetto di indagine un punteggio di limitazione per ciascuna delle variabili esaminate, che rappresenta il decremento relativo di potenzialità agronomica generale (o specifica) causato dal singolo fattore di limitazione ed è stato attribuito dagli autori della classificazione facendo riferimento al comportamento medio delle più importanti colture arboree ed erbacee. Sommando i punteggi di limitazione attribuiti alle diverse variabili si sono ottenuti per ciascun punto della superficie il punteggio di limitazione totale per quella unità cartografica; sottraendo al valore massimo di potenzialità agronomica, che è posto uguale a 100, il valore del punteggio di limitazione totale, si è ottenuto il valore agronomico, che rappresenta un'indicazione quantitativa della potenzialità agronomica per ciascuna unità cartografica.

Tabella 71: Prospetto delle limitazioni e dei punteggi secondo la CATII

CARATTERISTICHE AMBIENTALI	PUNTEGGI	CARATTERISTICHE AMBIENTALI	PUNTEGGI
<u>PEDOLOGIA</u>		<u>SALINITA' (EcemS/cm)</u>	
PROFONDITA' (cm)		2 - 4	5
60 - 100	10	4 - 8	16
25 - 60	30	8 - 12	25
<25	42	12 - 16	60
		> 16	80
<u>SCHELETRO (% IN PESO DEL</u>		<u>IDROLOGIA</u>	
5 - 20	19	DRENAGGIO	
20 - 40	39	Mediocre	7
40 - 70	55	moderatamente rapido	15
70 - 90	65	Lento	20
< 90	90	Rapido	30
		molto lento	30
		Impedito	50
<u>TESSITURA</u>		<u>CARATTERISTICHE GEOLOGICHE</u>	
Franco	0	PENDENZA (S*)	
franco argilloso, franco sabbioso argilloso	5	0.5 - 1.3	8
argilloso limoso, argilloso sabbioso	5		
Argilloso	16		
argilloso (con percentuale di argilla >60)	30		



Regione Puglia

franco limoso	10	1.3 - 2.8	20
Limoso	25	2.8 - 5.0	40
franco sabbioso	12	5.0 - 9.1	65
Sabbioso	35	> 9.1	90
SOSTANZA ORGANICA (%)		<i>CLIMA</i>	
25 - 50	10	INDICE TERMICO COLTURALE	
> 50	20	0.7 - 0.8	3
		0.6 - 0.7	13
CARBONATI TOTALI (%)		0.5 - 0.6	32
25 - 50	7	0.4 - 0.5	52
> 50	16	0.3 - 0.4	70
pH		0.2 - 0.3	90
5.8 - 6.5	8	< 0.2	95
5.0 - 5.7	10		
< 5.0	20	DEFICIT IDRICO STAGIONE (mm)	
7.4 - 8.2	5	100 - 200	7
8.3 - 9.0	10	200 - 300	10
> 9.0	20	> 300	25

* $S=10.8\sin\Theta + 0.03$ pendenza <9%; $S=16.8\sin\Theta - 0.50$ pendenza $\geq 9\%$

L'appartenenza della unità territoriale a una determinata classe della CAT II ha quindi fornito l'informazione circa il suo valore agronomico, ovvero la sua produttività relativa media rispetto alla condizione ottimale di riferimento (=100). Sono state individuate dieci possibili classi agronomiche, con punteggi di limitazione crescenti dalla I alla X classe, in cui i valori agronomici risultano via via decrescenti, essendo il complemento a 100 del punteggio di limitazione (tab. 72).

Tabella 72: Classi di adattabilità, classi agronomiche, valore agronomico e punteggi di limitazione

Classi adattabilità	Classi agronomiche	Valore agronomico	Punteggi di limitazione
S1	I	> 90-100	0-9,9
S1	II	> 80-90	10-19,9
S1	III	> 70-80	20-29,9
S2	IV	> 60-70	30-39,9
S2	V	> 50-60	40-49,9
S2	VI	> 40-50	50-59,9
S3	VII	> 30-40	60-69,9
S3	VIII	> 20-30	70-79,9
S3	IX	> 10-20	80-89,9
N	X	0-10	90-100

Le classi agronomiche a loro volta sono raggruppate in classi di adattabilità:

- S1: molto adatto, con punteggi di limitazione ≥ 30 ovvero valore agronomico $\geq 70\%$; comprende le prime tre classi;
- S2: moderatamente adatto, che comprende le classi IV, V e VI;
- S3: marginalmente adatto, che comprende le classi VII, VIII e IX;
- N: non adatto, a cui appartiene la classe X.

Le mappe di potenzialità agronomica sono state ottenute tematizzando l'intero territorio regionale nelle dieci classi CAT II, in modo da rappresentare la vocazionalità agronomica per la coltivazione delle colture dedicate da energia.

Disponibilità di biomassa da colture dedicate

Sulla base dei risultati della fase precedente, per il colza si è ipotizzata una conversione della superficie a cereali e colture industriali (escluso pomodoro da industria) pari al 12,5% delle superfici ricadenti nella classe di adattabilità S1 e al 17,5% delle superfici comprese nella classe S2 per tale coltura.

Per il girasole, più esigente in termini di esigenze ecologiche in regime di asciutta, le superfici suscettibili di conversione sono



Regione Puglia

state considerate pari al 12,5% della classe S1 e al 7,5% della classe S2 in modo da far rientrare la due specie in una rotazione quadriennale con due anni di cereali, uno di leguminose e uno di oleaginose.

Per il calcolo delle disponibilità di biomassa è stato necessario conoscere le rese colturali. In tal caso la classificazione agronomica è divenuta molto utile, poiché nella CAT II per definizione a ciascuna classe agronomica corrisponde un decremento percentuale della potenzialità produttiva a partire da una potenzialità massima della coltura in esame.

È stato dunque necessario attribuire, sulla base di una vasta bibliografia ma soprattutto riferendosi a numerose attività sperimentali sul territorio regionale (De Mastro *et al.*, 2009), le rese massime ottenibili per le diverse colture.

Per il colza si è ipotizzata una resa massima in granella di 3,5 t ha⁻¹, attribuita alle superfici della classe I; successivamente alle diverse aree delle altre classi agronomiche sono state attribuite rese ridotte in percentuale secondo il rispettivo valore agronomico. Per il girasole è stata stimata una resa potenziale massima in regime asciutto di 2,5 t ha⁻¹.

Accorpendo le biomasse ottenibili in ciascun Comune, sono state ottenute le quantità di granella a livello comunale, dalle quali è stato possibile stimare le quantità di olio potenzialmente ottenibile. Per quanto riguarda la granella di colza e di girasole è stato considerato un contenuto di umidità commerciale del seme pari al 9% e un contenuto in olio del 45% della sostanza secca del seme (Del Gatto *et al.*, 2011).

Disponibilità di biomassa da granella di colza

La valutazione della vocazionalità ambientale della coltura del colza è stata impostata mettendo in relazione le esigenze ecologiche della specie con le caratteristiche pedoclimatiche del territorio regionale.

Sono state ottenute le mappe degli indicatori climatici e le cartografie pedologiche. La trasposizione delle elaborazioni climatiche in ArcMap, ha permesso di ottenere per ciascuna coltura le mappe del Deficit Pluviometrico Stagionale (DPS) e dell'Indice Termico Culturale (ITC).

Il colza, coltura a ciclo autunno-primaverile, ha mostrato valori ridotti di DPS i valori oscillano da un minimo di -3.4 mm (assenza di deficit) a un massimo di 279.0 mm, riscontrato nell'area della Capitanata. Per quanto concerne l'ITC va considerato che il valore di questo parametro può variare da 0 a 1; dalle elaborazioni l'ITC è risultato più prossimo ai valori di soddisfacimento delle esigenze termiche delle colture a ciclo autunno vernino.

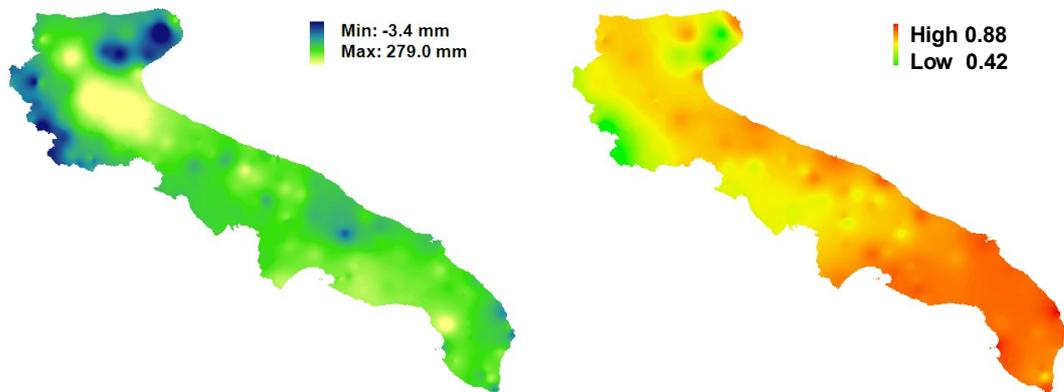
Così, per il colza i valori sono stati prossimi al massimo negli ambienti più meridionali (ITC=0.88) e pari a 0.42 negli ambienti altimetricamente più elevati della regione (Promontorio garganico e Subappennino dauno).

Figura 12: Deficit Pluviometrico Stagionale del colza

Figura 13: Andamento dell'Indice Termico Culturale nel colza



Regione Puglia

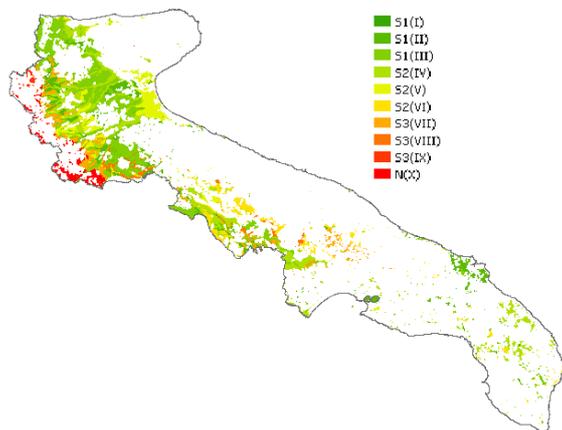


Le mappe di potenzialità agronomica sono state ottenute tematizzando l'intero territorio regionale nelle dieci classi CAT II, che rappresenta la vocazionalità agronomica per la coltivazione del colza a ciclo autunno-primaverile.

La mappa ottenuta offre la possibilità di visualizzare ed individuare con precisione le aree idonee per le specie considerate e il livello di vocazionalità agronomica delle stesse.

Esaminando la cartografia del colza si evince che la gran parte delle aree maggiormente vocate (appartenenti alle classi I, II e III) è localizzata nell'agro della provincia di Foggia, dove si riscontrano numerose aree con limitazioni molto basse, derivanti per lo più da una leggera alcalinità dei terreni o da lieve deficit pluviometrico stagionale; aree vocate si riscontrano nella cosiddetta "Fossa Bradanica" in provincia di Bari, e nel Brindisino.

Le aree poco vocate sono rappresentate in particolare da alcune aree della Murgia barese, per problemi legati all'eccesso del contenuto di scheletro, alla limitata profondità del suolo, alla pendenza dei terreni; aree non adatte si ritrovano nella fascia pedemontana del Subappennino Dauno, dove si aggiungono anche limitazioni dovute alle basse temperature.



A partire dai dati potenziali delle superfici utilizzabili per tali specie, è stata anche stimata la quantità di biomassa ottenibile da tali produzioni, allo scopo di verificare in che misura i diversi territori regionali, individuati differenti classi agronomiche, potessero far fronte alla fornitura di materia prima da utilizzare in eventuali impianti di conversione energetica.

L'ipotesi di partenza è stata quella di introduzione di specie erbacee da energia in avvicendamento con le colture tradizionali alimentari degli ambienti pugliesi, secondo una rotazione di durata quadriennale.

Figura 14: Mappa della potenzialità agronomica (CAT II): colza

La valutazione della disponibilità della biomasse è stata calcolata a livello comunale come la sommatoria delle superfici disponibili nell'ipotesi di avvicendamento proposta per i rispettivi coefficienti di produttività:

$$\text{Biomassa (t)} = \text{cls1} * \text{coeff1} + \text{cls2} * \text{coeff2} + \text{cls3} * \text{coeff3} + \dots + \text{cls9} * \text{coeff9}.$$

Le superfici ricadenti nella classe X sono state escluse poiché non adatte alla coltivazione della specie. Accorpare le biomasse ottenibili in ciascun Comune, sono state ottenute le quantità di granella a livello comunale. Nella tabella 73 sono riportati i risultati del colza suddivisi per le diverse



Regione Puglia

province. A livello regionale la disponibilità potenziale è stimata in circa 137.000 t anno⁻¹ di granella. In particolare la maggiore disponibilità potrebbe rinvenirsi dalla provincia di Foggia, con circa 80.000 t, a seguire Bari con 22.400 t. Lo scenario elaborato ha permesso di quantificare anche la disponibilità di olio di colza da utilizzare come biocombustibile, stimando un quantitativo di circa 56.000 t anno⁻¹ a livello regionale.

Tabella 73 : Disponibilità di biomassa da granella di colza

PROVINCIA	Semi di colza (t anno ⁻¹)	Olio di colza (t anno ⁻¹)
Foggia	79.657	32.620
Bari	22.426	9.184
Taranto	11.845	4.851
Brindisi	8.918	3.652
Lecce	14.804	6.062
Puglia	137.650	56.368

Disponibilità di biomassa da granella di girasole

Per la determinazione delle superfici da destinare al girasole ad uso energetico sono state considerate le stesse superfici di partenza suscettibili di conversione, ovvero le superfici occupate dalle colture cerealicole ed industriali. Con lo stesso procedimento metodologico adottato per il colza è stata valutata la vocazionalità ambientale della coltura del girasole sulla base delle esigenze ecologiche della specie, in relazione alle caratteristiche pedoclimatiche del territorio regionale.

Le differenti esigenze termiche del girasole, che nei nostri ambienti ha un ciclo primaverile-estivo, con semina che può essere anticipata alla fine di febbraio-inizi di marzo, fanno sì che la coltura compia parte del proprio ciclo nella stagione secca.

Pertanto i valori dell'indicatore DPS, ovvero dello stress idrico che la coltura potrebbe subire in assenza di interventi irrigui, registrano valori più elevati di quelli mostrati per il colza, con un range che va da 72.1 a 362.3 mm. Come per il colza la mappa evidenzia una situazione territoriale caratterizzata da valori minimi nelle situazioni del sub Appennino Dauno e del Gargano e valori massimi nella zona centrale del Tavoliere ed in alcune aree del Salento.

Figura 15: Deficit Pluviometrico Stagionale del girasole

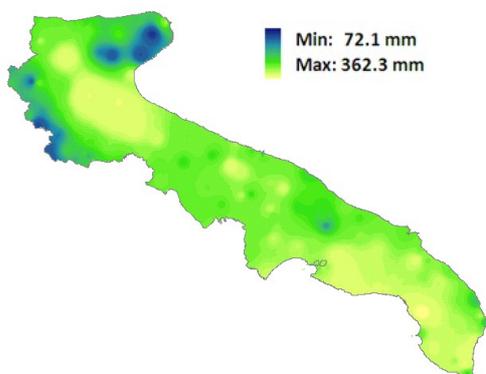
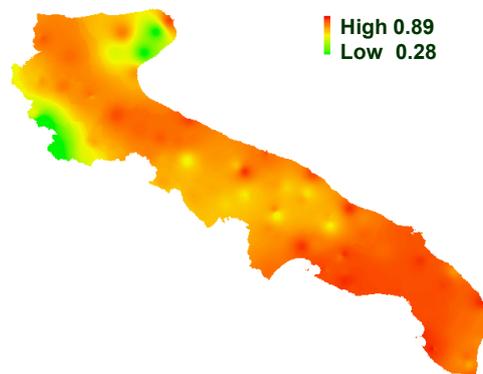


Figura 16: Andamento dell'Indice Termico Culturale nel girasole



Riguardo all'ITC, che rappresenta il soddisfacimento termico per una specifica coltura in un determinato ambiente, gli ambienti murgiani e pedemontani del Gargano e del Subappennino sono risultati meno favorevoli; in tali aree le colture a ciclo primaverile-estivo si adattano poco, tanto che il girasole ha fatto registrare valori di ITC=0.28, sul resto del territorio regionale invece la specie ha evidenziato livelli di soddisfacimento termico più diffusamente ottimali. Dall'integrazione dei dati climatici con quelli pedologici è stata ottenuta la mappa di potenzialità agronomica tematizzando



Regione Puglia

l'intero territorio regionale nelle dieci classi CAT II, così come riportato in figura...

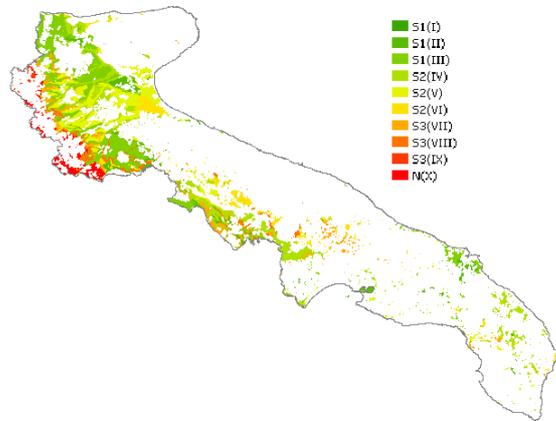


Figura 17: Mappa della potenzialità agronomica (CAT II): girasole

L'analisi per la specie ha messo in luce una riduzione delle aree comprese nelle prime classi agronomiche rispetto a quanto verificato per il colza; la causa più evidente di tale fenomeno è risultata, com'era da attendersi, la limitazione dovuta ad un maggior deficit pluviometrico stagionale durante il periodo critico; difatti la cartografia mostra come parte delle superfici della provincia di Foggia siano rientrate per tali specie nella classe di adattabilità S2.

Interessanti sembrano risultare dall'analisi per il girasole alcune aree della Fossa bradanica, che mantengono in questo caso la classe S1.

Dalle mappe agronomiche è stato possibile stimare a livello provinciale e comunale *il coefficiente di produttività* in biomassa, utile per il calcolo della disponibilità potenziale di granella di girasole. Partendo dall'ipotesi di attribuzione di un *coefficiente di produttività* massima in granella di 2,5 t/ha, attribuita alle superfici della classe I, per le restanti classi si è proceduto con una riduzione percentuale proporzionale ai rispettivi valori agronomici. Le superfici ricadenti nella classe X sono state escluse poiché non adatte alla coltivazione della specie. Accorpare le biomasse ottenibili in ciascun Comune, sono state ottenute le quantità di granella a livello comunale.

La quantità di granella di girasole potenzialmente producibile è stimata in circa 61.200 t anno⁻¹ nell'intera regione, mentre a livello provinciale Foggia detiene il primato con circa 38.500 t anno⁻¹ di produzione stimata; quantità inferiori di biomassa sono previsti nella provincia di Bari (8.800 t anno⁻¹), a seguire le altre province con valori compresi tra 4.000 e 5.000 t anno⁻¹ di biomassa producibile.

Dalle quantità di granella sono state derivate le potenzialità produttive in olio di girasole da utilizzare come biocombustibile, stimate in circa 28.000 t anno⁻¹ a livello regionale.

Tabella 74: Disponibilità lorda di biomassa da granella di girasole

PROVINCIA	Semi di girasole (t anno ⁻¹)	Olio di girasole (t anno ⁻¹)
Foggia	38.549	17.347
Bari	8.799	3.960
Taranto	4.273	1.923
Brindisi	4.693	2.112
Lecce	4.916	2.212
Puglia	61.229	27.553

Disponibilità di biomassa da granella di triticale

Anche per questa coltura, la metodologia ha consentito di individuare attraverso indicatori ecologico-ambientali la vocazionalità del territorio pugliese per la specie considerate. Considerata la tradizionale vocazione alla coltivazione di frumento del territorio regionale, e la similitudine delle caratteristiche colturali e delle esigenze eco-fisiologiche del triticale e del frumento, le mappe climatiche ottenute hanno evidenziato risultati molto simili a quelli mostrati per il colza, poiché sia quest'ultima che i cereali a paglia compiono il proprio ciclo nel periodo autunno-vernino ed hanno esigenze termiche ed idriche equivalenti. Pertanto, come è evidenziato dalle cartografie, i valori di DPS sono equivalenti a quelli mostrati per il colza, con un range di variabilità da -3.4 (assenza di deficit) a 279.0 mm, valore massimo registrato nell'area del Tavoliere.



Regione Puglia

Figura 18: Deficit Pluviometrico Stagionale del triticale

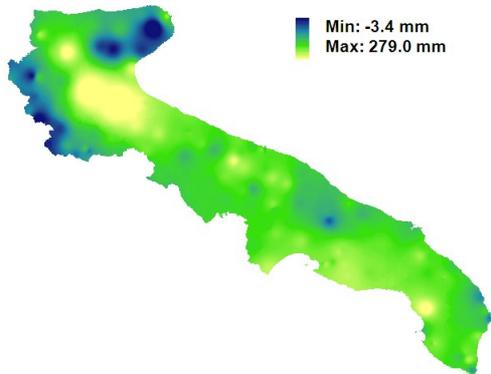
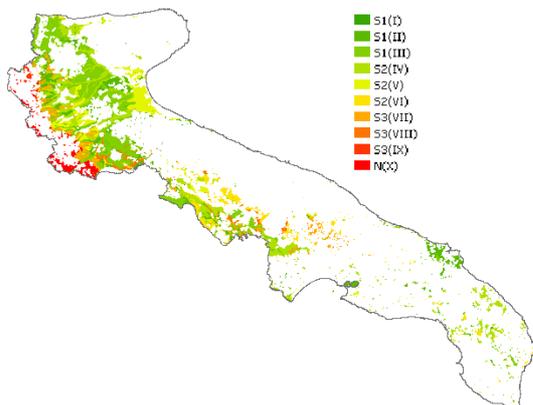


Figura 19: Andamento dell'Indice Termico Colturale nel triticale

Anche l'altro indicatore climatico, l'ITC, mostra una notevole adattabilità della specie alle condizioni termiche regionali, tanto che solo in alcune aree interne del Promontorio del Gargano e del Subappennino Dauno le condizioni risultano poco ottimali alla coltivazione della specie. La cartografia di vocazionalità del triticale (fig. 20), ottenuta integrando le mappe climatiche con quelle relative alla pedologia del territorio pugliese, risulta molto simile a quella del colza; le aree maggiormente vocate sono localizzate nella provincia di Foggia, dove si riscontrano numerose aree con limitazioni molto basse, e nella provincia di Bari al confine regionale con la Basilicata. Le aree poco vocate sono localizzate in alcune aree della Murgia barese in presenza di terreni superficiali e condizioni di elevata pendenza; aree non adatte sono individuabili lungo la fascia pedemontana del Subappennino Dauno. A partire dalla mappatura del territorio regionale e dalla classificazione delle aree secondo le classi di vocazionalità come definito dalla metodologia CATII, è stato possibile ottenere per ciascun punto della superficie un coefficiente di produttività in biomassa, utile per il calcolo della disponibilità potenziale di biomassa fresca di triticale da destinare ad impianti di conversione energetica.

L'ipotesi di scenario ha previsto l'attribuzione di un coefficiente di produttività massima in biomassa fresca di triticale di 45 t ha⁻¹, raccolta alla maturazione latteo-cerosa della granella. Tale valore ha trovato riscontro in attività sperimentali sul cereale condotte in Puglia nell'areale della provincia di Bari (De Mastro et al., 2010). Con lo stesso criterio già menzionato, tale valore massimo è stato attribuito alle superfici della classe I, attribuendo alle diverse aree ricadenti nelle altre classi agronomiche coefficienti di produttività ridotti in percentuale secondo il rispettivo valore agronomico. Le superfici ricadenti nella classe X sono state escluse poiché non adatte alla coltivazione della specie.

Figura 20: Mappa della potenzialità agronomica (CAT II): triticale



Nello scenario ipotizzato di rotazione quadriennale descritta nella metodologia, l'inserimento del cereale da biomassa è stato ipotizzato sul 25% delle superfici di classe di adattabilità S2 (moderatamente adatte), ritenendo che le aree di classe S1 (molto adatte) possano essere destinate a colture cerealicole di qualità per destinazioni alimentari.



Regione Puglia

Sono state quindi ottenute le quantità di biomassa a livello comunale e provinciale. La disponibilità di biomassa potenziale per impianti di digestione anaerobica è pari a circa 1 milione e 336 mila t anno⁻¹, di cui circa 600.000 disponibili per la provincia di Foggia, 280.000 nella provincia di Bari, a seguire Lecce, Taranto e Brindisi.

Tabella 75: Disponibilità lorda di biomassa da granella di triticale

PROVINCIA	Biomassa di triticale ((t anno ⁻¹ al 40% di s.s.)
Foggia	601.522
Bari	283.456
Taranto	181.298
Brindisi	68.455
Lecce	201.521
Puglia	1.336.254