

ALMA MATER STUDIORUM  
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

---

CAMPUS DI RAVENNA

SCUOLA DI SCIENZE  
CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN  
ANALISI E GESTIONE DELL'AMBIENTE

QUANTIFICAZIONE DELLE BIOMASSE RESIDUALI  
AGRICOLE NEL SUD ITALIA E SUCCESSIVO CONFRONTO  
TRA ALGORITMI DI MAPPATURA NATIVI ED ESTERNI IN  
QGIS

TESI DI LAUREA IN SISTEMI DI GESTIONE AMBIENTALE,  
DI POLITICA ED ECONOMIA AMBIENTALE

Relatore:  
Dott. Diego Marazza

Presentata da:  
Dott. Marco Martucci

Correlatori:  
Dott. Nicolas Greggio  
Dott. Matteo Ghetta

Sessione Unica  
Anno Accademico 2018 - 2019



## ABSTRACT

La Strategia Energetica Nazionale (SEN), considera lo sviluppo delle fonti rinnovabili come funzionale non solo alla riduzione delle emissioni ma anche fondamentale per il contenimento della dipendenza energetica.

Lo studio condotto ha avuto lo scopo di definire una metodologia operativa per valutare la disponibilità e la distribuzione delle biomasse lignocellulosiche di residui di coltivazioni tipiche delle regioni meridionali peninsulari nei principali bacini delle attività agro-industriali di Abruzzo, Basilicata, Calabria, Campania, Puglia e Molise, nella consapevolezza che la valorizzazione delle biomasse residue agricole (BRA) è in grado di sostenere un ampio ventaglio di opportunità socio-economiche.

Per arrivare alla stima della disponibilità della biomassa sono stati considerati: le superfici coltivate (ha), le rese produttive delle diverse colture (t/ha), il rapporto di sottoprodotto su prodotto principale, il valore di umidità, le percentuali di riutilizzo, attingendo a banche-dati rese disponibili da diversi enti e istituzioni. Il totale stimato delle BRA di seminativi, oliveti e vigneti ammonta a circa  $2,3 \pm 0,5$  Mt/anno, a fronte di una superficie agricola di circa 1,7 milioni di ha.

La caratterizzazione su base territoriale, realizzata in ambiente GIS, ha portato alla creazione di mappe utili per una immediata identificazione della distribuzione delle aree maggiormente vocate allo sviluppo di filiere bioenergetiche.

Le situazioni riscontrate nelle diverse regioni sia riguardo alla produzione delle BRA sia riguardo alla diffusione e all'ubicazione degli impianti alimentati a biomassa nel territorio sono molto eterogenee e, con riferimento a tale contesto, sono state considerate le molte variabili che influenzano l'installazione sul territorio di un numero razionalmente dimensionato di impianti termoelettrici, assumendo di avviare alla valorizzazione energetica solo il 50% dei sottoprodotti disponibili, nella logica della filiera corta.



## SOMMARIO

1. INTRODUZIONE.....	1
1.1 LA "QUESTIONE ENERGETICA" .....	1
1.2 LE ENERGIE RINNOVABILI.....	2
1.3 LE BIOENERGIE .....	4
1.4 L'ENERGIA DA BIOMASSE.....	6
1.5 CASO DI STUDIO E SCOPO DEL LAVORO DI TESI .....	8
2 CONTESTO ENERGETICO IN ITALIA .....	9
3. CONVERSIONE ENERGETICA DELLE BIOMASSE.....	13
3.1 LE PRINCIPALI FILIERE BIOENERGETICHE.....	13
3.2 VANTAGGI E LIMITI DI UTILIZZO DELLE BIOMASSE SOLIDE .....	18
3.3 LA CONVERSIONE TERMOCHIMICA DELLE BIOMASSE .....	20
3.3.1 LA COMBUSTIONE.....	20
3.3.2 LA PIROLISI.....	21
3.3.3 LA GASSIFICAZIONE.....	22
4. POSSIBILI APPLICAZIONI INNOVATIVE DELLE BIOMASSE.....	23
5. AREA DI STUDIO .....	25
6. MATERIALI E METODI.....	28
6.1 APPROCCIO INTEGRATO DEI DATI .....	28
6.2 SISTEMI INFORMATIVI GEOGRAFICI.....	28
6.3 QUANTIFICAZIONE DELLE BIOMASSE.....	29
6.4 CENSIMENTO DEGLI IMPIANTI A BIOMASSA OPERATIVI .....	37
6.5 CONFRONTO ALGORITMI INTERNI DI QGIS CON ALGORITMI DI SOFTWARE ESTERNI .....	38
7. RISULTATI E DISCUSSIONE.....	39
7.1 REGIONE ABRUZZO .....	41
7.2 REGIONE BASILICATA.....	44
7.3 REGIONE CALABRIA .....	47
7.4 REGIONE CAMPANIA .....	50
7.5 REGIONE MOLISE .....	53
7.6 REGIONE PUGLIA.....	56
7.7 SUD ITALIA.....	59
7.7.1 LOCALIZZAZIONE DELLE CENTRALI A BIOMASSA SOLIDA IN SUD ITALIA .....	64
7.7.2 IPOTESI DI VALORIZZAZIONE TERRITORIALE .....	66
7.8 CONFRONTO FRA PLUGIN NATIVI ED ESTERNI A QGIS .....	72

8. CONCLUSIONI.....	74
ALLEGATI I.....	79
ALLEGATI II .....	84
INDICE DELLE FIGURE .....	89
INDICE DELLE TABELLE.....	90
BIBLIOGRAFIA.....	92

## INDICE DELLE ABBREVIAZIONI

### LINGUISTICHE:

SEN	Sistema Energetico Nazionale
BRA	Biomassa Residua Agricola
DS	Deviazione Standard
ISTAT	Ufficio Nazionale di Statistica
GIS	Sistema Informativo Geografico
Pp	Prodotto principale della coltura
Sp	Sottoprodotto principale della coltura
Sp/Pp	Rapporto tra Sottoprodotto e Prodotto principale della coltura
MD	Media
UE	Unione Europea
ENEA	Ente per le nuove Tecnologie, l'Energia e l'Ambiente
ENAMA	Ente Nazionale per la Meccanizzazione Agricola
AIE	Agenzia Internazionale dell'Energia
FER	Fonti di Energie Rinnovabili
ITABIA	Italian Biomass Association
GSE	Gestore dei Servizi Energetici
SINANET	Sistema Informativo Nazionale Ambientale
SAU	Superficie Agricola Utilizzata
t.q.	Tal quale
s.s.	Sostanza secca

### UNITÀ DI MISURA:

ha	Ettaro
t	Tonnellata
Mt	Milioni di tonnellate
t/ha	Tonnellate prodotta in un ettaro
t/anno	Tonnellate prodotta in un anno
m	Metro
m <sup>2</sup>	Metro quadro
km	Kilometro
kW	Kilowatt
MW	Megawatt
MWh	Megawatt prodotti in un'ora
GW	Gigawatt
TW	Terawatt
MWh/t	Megawatt prodotto per tonnellata di sostanza consumata
tep	Tonnellate di petrolio equivalente
Mtep	Milioni di tonnellate di petrolio equivalente
MJ/Nm <sup>3</sup>	MegaJoule su Normal Metro Cubo
°C	Gradi Centigradi

*“Dare forma a un futuro energetico sicuro e sostenibile per tutti”.*

È lo slogan che campeggia sulla home page del sito web dell'International Energy Agency [1]





---

## 1. INTRODUZIONE

### 1.1 LA "QUESTIONE ENERGETICA"

Ogni società si trova nella necessità di affrontare numerose e impegnative sfide collegate strettamente al problema energetico che si manifesta nel reperimento di diverse e più efficienti fonti energetiche, per tener conto dell'aumento della domanda e del consumo di energia, senza sottovalutare, o peggio ancora negare, gli effetti ambientali che la sua produzione genera.

È evidente che il tema dell'energia coinvolge ogni singolo aspetto della vita umana.

La disponibilità di energia è una condizione imprescindibile per il normale funzionamento delle società industrializzate. Ogni attività produttiva, la mobilità e i sistemi informatici, sono resi possibili dalle diverse forme di energia che il sistema energetico globale mette a disposizione.

La questione energetica però non si limita alla produzione e al consumo crescente di energia ma impatta con le problematiche dello sviluppo sostenibile, con la crescente preoccupazione per i cambiamenti climatici e con la disparità attualmente esistente nell'accesso all'elettricità.

*Energy in 2018: an unsustainable path.*

È quanto viene rimarcato nell'allarmante rapporto "BP Statistical Review of World Energy" [2] del 2019 che fornisce una dettagliata serie di dati sui consumi mondiali di energia primaria. Nel 2018, i consumi mondiali di energia, derivanti dalle diverse fonti, sono arrivati a 13864 milioni di tonnellate di petrolio equivalente (Mtep) registrando un incremento percentuale di 2,9 punti rispetto al 2017. Per quanto riguarda le fonti, il petrolio si conferma la principale (4662 Mtep, +1,2%), seguita dal carbone (3772 Mtep, +1,4%), dal gas naturale (3309 Mtep, +5,3%), dalle rinnovabili (1510 Mtep, +7,1%) e dal nucleare (611 Mtep, +2,4%). Se emerge ancora la preponderanza delle fonti fossili (petrolio, gas naturale e carbone) nel paniere energetico mondiale ciò è dovuto alla necessità di soddisfare la crescente domanda di energia a basso costo proveniente dai Paesi a maggiore crescita tra cui spiccano la Cina che si conferma il primo consumatore con 3273 Mtep (+4,3%), seguita dagli Stati Uniti (2301 Mtep, +3,5%), dall'India (809 Mtep, +7,9%) e dalla Russia (721 Mtep, +3,8%) mentre, ad esempio, per l'UE, con 1688 Mtep, e per il Giappone, con 454 Mtep, si assiste ad una diminuzione del consumo di energia dello 0,2%. [2] Tali dati indicano che profonde disparità definiscono il mondo energetico di oggi: mercati petroliferi e tensioni geopolitiche, emissioni di carbonio e obiettivi climatici, la

promessa di energia per tutti e la mancanza di accesso all'elettricità per 850 milioni di persone in tutto il mondo.

Nel comunicato stampa del 13.11.2019 dell'Agenzia Internazionale dell'Energia (AIE) che presenta “*World Energy Outlook 2019*” [3], il rapporto di punta dell'AIE, viene sottolineato come le decisioni prese dai governi rimangono fondamentali per il futuro del sistema energetico e che gli scenari nei prossimi decenni che caratterizzeranno il settore energetico saranno determinati dalle politiche, dalle tecnologie e dagli investimenti del presente.

La crescente consapevolezza sociale sugli effetti delle emissioni dei combustibili fossili e le sempre più pressanti richieste di azioni urgenti per contrastare i cambiamenti climatici devono pertanto spingere a ricercare strategie tese alla “decarbonizzazione” e puntare decisamente allo sviluppo delle energie alternative.

Da qui l'esigenza di sostenere e incrementare il ricorso alle energie rinnovabili mettendo a punto le tecnologie e definire i quadri normativi che possano esaltare i punti di forza e minimizzare le criticità, innanzitutto il più elevato costo di produzione.

## 1.2 LE ENERGIE RINNOVABILI

Le energie rinnovabili, in particolare il fotovoltaico e l'eolico, sono già la seconda fonte di elettricità al mondo, ma per raggiungere obiettivi a lungo termine è necessario incrementare sempre più la quota di produzione di energia da fonti rinnovabili anche per ovviare, in prospettiva, all'esaurimento delle fonti non rinnovabili [4].

Nonostante l'energia da fonti alternative sia percepita come l'unica soluzione razionale e “pulita” per soddisfare nel futuro il nostro fabbisogno energetico, resta ancora molto alto il divario tra le aspettative di transizioni energetiche veloci e basate sulle energie rinnovabili e la realtà dei sistemi energetici odierni ancora largamente dipendenti dai combustibili fossili.

In molti paesi dell'Unione Europea, negli ultimi venti anni, lo scenario della produzione di energia elettrica è comunque sostanzialmente cambiato. Si è infatti assistito, più che altrove, ad una crescente valorizzazione delle fonti rinnovabili, che attualmente forniscono una quota considerevole dell'elettricità distribuita agli utenti [5].

L'obiettivo dichiarato del progetto della Commissione Europea definita nel pacchetto “Unione dell'Energia” [6], del 2015, era di garantire ai consumatori energia sicura, sostenibile, competitiva e a prezzi accessibili, attraverso la revisione delle politiche in materia di energia e clima. Con questo progetto la Commissione si è inoltre impegnata a fare dell'UE il leader

mondiale nel settore delle energie rinnovabili, a porre l'efficienza energetica al primo posto e a continuare a guidare gli sforzi profusi a livello mondiale per combattere i cambiamenti climatici.

La strategia dell'Unione dell'energia si articola in cinque dimensioni, strettamente interconnesse e che si rafforzano a vicenda, intese a migliorare la sicurezza, la sostenibilità e la competitività dell'approvvigionamento energetico:

- 1) sicurezza energetica, solidarietà e fiducia;
- 2) piena integrazione del mercato europeo dell'energia;
- 3) efficienza energetica per contenere la domanda;
- 4) decarbonizzazione dell'economia;
- 5) ricerca, innovazione e competitività.

Nel novembre 2018 la Commissione europea ha pubblicato una visione strategica a lungo termine per realizzare entro il 2050 un'economia prospera, moderna, competitiva e climaticamente neutra [7]. Questo documento (elaborato su richiesta del Consiglio Europeo e del Parlamento Europeo e nell'ambito del quadro di governance concordato) è stato il contributo della Commissione alla strategia di sviluppo a lungo termine dell'UE a basse emissioni di gas a effetto serra, che dovrebbe essere adottata e comunicata entro il 2020 alla Convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici, conformemente all'accordo di Parigi. Parallelamente, ogni Stato membro è chiamato ad elaborare la propria strategia nazionale a lungo termine. I dati delle statistiche ufficiali prodotte dal Sistema Statistico Europeo, e diffuse da Eurostat, riguardo alla quota di energia da fonti rinnovabili in percentuale rispetto al consumo finale lordo di energia nel 2018, indicano che il consumo di energia rinnovabile è più che raddoppiato tra il 2004 e il 2018 (la percentuale di energie rinnovabili nel consumo finale lordo di energia è stata del 18,0% nell'UE nel 2018, rispetto con l'8,5% nel 2004) [5].

Considerando globalmente le fonti energetiche rinnovabili che comprendono l'energia eolica, l'energia solare (termica e fotovoltaica), l'energia idroelettrica, l'energia delle maree, l'energia geotermica, il calore ambientale catturato dalle pompe di calore, i biocarburanti e la parte rinnovabile dei rifiuti, i dati forniti mettono in evidenza che gli incrementi nello sviluppo delle rinnovabili sono molto diversificati in ciascuno degli Stati membri: la Svezia ha avuto di gran lunga la quota più alta tra gli Stati membri dell'UE (54,6 %) davanti a Finlandia (41,2%), Lettonia (40,3%), Danimarca (36,1%) e Austria (33,4%); all'estremità opposta della scala, le percentuali più basse di energie rinnovabili sono state registrate nei Paesi Bassi (7,4%), Malta (8,0%), Lussemburgo (9,1%) e Belgio (9,4%). La quota di energia rinnovabile nel consumo finale lordo di energia è identificata come un indicatore chiave per misurare i progressi

nell'ambito della strategia Europa 2020 per una crescita intelligente, sostenibile e inclusiva. La Figura 1 riporta gli ultimi dati disponibili per la quota di energie rinnovabili nel consumo finale lordo di energia rispetto al target fissato per il 2020 [5].

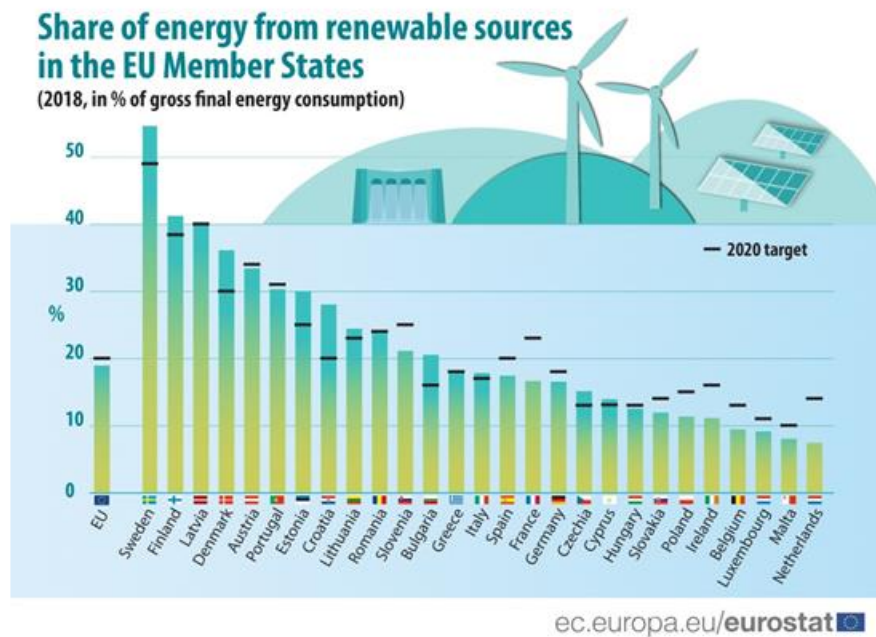


Figura 1: Quota di energia da fonti rinnovabili nel 2018 (in % del consumo finale lordo di energia) Fonte: Eurostat

### 1.3 LE BIOENERGIE

Un ruolo strategico nella diversificazione delle fonti per il futuro energetico del nostro Paese, nel rispetto degli impegni europei e internazionali sul clima e sull’ambiente, è oggi assegnato alle bioenergie ed in particolare alla valorizzazione delle biomasse [8].

La biomassa, secondo la definizione comunitaria, recepita anche nella nostra legislazione, si definisce come: “la frazione biodegradabile dei prodotti, rifiuti e residui di origine biologica provenienti dall’agricoltura (comprendente sostanze vegetali ed 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 ed urbani”.

Più semplicemente si può affermare che, in ambito energetico, la biomassa è qualsiasi sostanza organica, di origine vegetale o animale, da cui sia possibile ricavare energia o attraverso un impiego diretto o previa trasformazione in un combustibile solido, liquido o gassoso [9].

Si parla invece di “agroenergie” quando si fa un più specifico riferimento alle fonti di energia rinnovabili connesse con il settore agricolo in un’ottica di integrazione nell’attività

agroindustriale [10]. La valorizzazione delle risorse del comparto agricolo è tanto più necessaria se si pensa alla scarsità delle materie prime che affligge il nostro Paese e alla forte dipendenza dall'estero per quanto riguarda le fonti di energia. Dopo decenni di spinte alla massimizzazione delle produzioni, molti imprenditori agricoli hanno scelto di porre al centro della propria attività la qualità dei prodotti. Cresce inoltre l'orientamento verso l'agricoltura biologica, che segue specifiche norme di coltivazione (eliminazione di concimi e di antiparassitari chimici), di etichettatura, di trasformazione e di commercializzazione [11]. L'agricoltura, infine, sta affrontando un'ulteriore sfida: l'eliminazione degli sprechi di prodotti e di cibo – il cosiddetto food waste – attraverso lo sviluppo di un più accurato controllo della filiera agroalimentare e la sensibilizzazione dei consumatori. Nella stessa direzione, vanno sempre più sviluppandosi le attività orientate alla generazione di energia che evidentemente non possono realizzarsi a scapito della produzione di cibo, dell'alimentazione animale e degli stock di carbonio nel suolo.

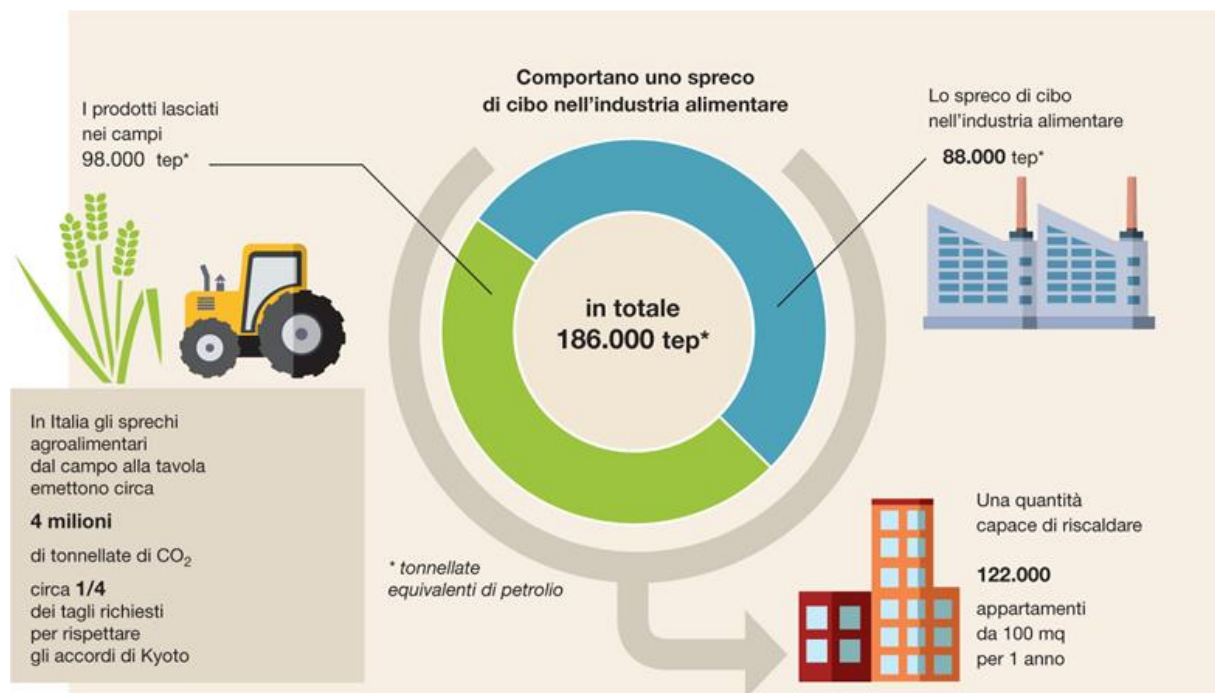


Figura 2: Infografica sugli sprechi agroalimentari (Fonte: Magazine del Barilla Centre for Food & Nutrition, 2013)

In Figura 2 sono mostrati i risultati concreti che si potrebbero ottenere eliminando gli sprechi agroalimentari: minori emissioni di gas-serra, un considerevole risparmio energetico, riduzione della produzione di rifiuti [12]. Queste scelte sottintendono un rapporto uomo-ambiente più equilibrato e sostenibile, che abbandona tecniche aggressive nei confronti della terra e sollecita nuovi modelli produttivi orientati ad una società in grado di ridurre al minimo la produzione di

rifiuti e a sistemi economici che sappiano creare ricchezza e benessere con il riutilizzo e la rigenerazione delle risorse.

## 1.4 L'ENERGIA DA BIOMASSE

*Le biomasse sono una fonte energetica programmabile, con previsioni di sviluppo importanti in termini assoluti e relativi, e il loro utilizzo a fini energetici è nel nostro Paese una realtà diffusa e consolidata* [12]. È l'incipit del documento dell'Agenzia Nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile - ENEA - che presenta un settore di ricerca su cui si concentra l'attività dell'ente.

Tale affermazione rimarca l'importanza che tale risorsa riveste attualmente nel panorama delle Fonti di Energia Rinnovabile (FER) e fa intravedere le potenzialità che possono essere sviluppate nell'ottica di una corretta pianificazione e gestione [5].

Le varie tipologie di biomasse, che, comprendono legno, residui legnosi, scarti e rifiuti di origine vegetale o animale, produzioni agricole dedicate e la frazione organica dei rifiuti urbani, sebbene costituiscano una risorsa spesso facilmente disponibile a livello locale sono attualmente sfruttate molto al di sotto delle effettive potenzialità o addirittura sprecate. L'utilizzo a fini energetici delle biomasse ha molti potenziali benefici, tra cui una riduzione delle emissioni di gas a effetto serra, la diversificazione delle forniture di energia e una ridotta dipendenza dai mercati dei combustibili fossili (in particolare petrolio e gas).

Il comparto agricolo, in particolare, fornisce un'ampia gamma di materiali che possono trovare facilmente impiego nella generazione di energia "pulita"; in tale prospettiva vanno considerati sia i residui delle attività agricole a scopo alimentare altrimenti non utilizzabili (paglie di cereali, stocchi, sarmenti di vite, ramaglie di potatura, ecc.), che le colture energetiche dedicate. Questi materiali rientrano pertanto nel novero delle risorse rinnovabili sempre se si realizza un ritmo di impegno compatibile con la capacità di rigenerazione delle formazioni vegetali.

In molte regioni italiane le biomasse che si producono diffusamente sul territorio e che non hanno come fine specifico lo sfruttamento energetico, continuano invece a essere considerate più come rifiuti che come fonti rinnovabili, e non rientrano pertanto in adeguati circuiti di raccolta. In particolare, buona parte dei residui agricoli, attualmente, finisce per essere bruciata in campo e/o interrata e, anche quando tali biomasse sono inviati a centri di raccolta, non sono, molto spesso, trattati con le tecnologie più idonee in relazione alle loro caratteristiche chimico-fisiche [13].

A tale proposito, appare opportuno definire la nozione di sottoprodotto.

Con specifico riferimento ai rifiuti agricoli, l'articolo 185, comma 1 del decreto legislativo n.152/06 [14] contempla la possibilità che alcuni materiali siano gestiti come non rifiuti, quando sia possibile dimostrare che ricorrono le condizioni per qualificarli quali sottoprodotti.

In particolare, l'articolo 184 bis, nel testo modificato dal D. Lgs. 3.12.2010, n. 205 [15], definisce come sottoprodotto qualsiasi sostanza od oggetto che soddisfa tutte le seguenti condizioni:

- a) la sostanza o l'oggetto è originato da un processo di produzione di cui costituisce parte integrante ed il cui scopo primario non è la produzione di tale sostanza od oggetto;
- b) è certo che la sostanza o l'oggetto sarà utilizzato, nel corso dello stesso o di un successivo processo di produzione o di utilizzazione, da parte del produttore o di terzi;
- c) la sostanza o l'oggetto può essere utilizzato direttamente senza alcun trattamento diverso dalla normale pratica industriale;
- d) l'ulteriore utilizzo è legale, ossia la sostanza o l'oggetto soddisfa, per l'utilizzo specifico, tutti i requisiti pertinenti riguardanti i prodotti e la protezione della salute e dell'ambiente e non porterà ad impatti complessivi negativi sull'ambiente e sulla salute umana.

Quando è possibile avviare i sottoprodotti delle colture agricole alla valorizzazione energetica, in funzione delle caratteristiche chimico-fisiche della biomassa e del biocombustibile che si vuole ottenere, è necessario adottare differenti soluzioni tecnologiche.

I processi utilizzati attualmente sono riconducibili a due categorie: processi termochimici e processi biochimici che spesso richiedono pretrattamenti tesi ad aumentare la resa termica, a sfruttare sino in fondo il materiale disponibile, a migliorarne la praticità di trasporto ed impiego e le caratteristiche di stoccaggio oppure a ridurre le emissioni finali.

Gli indubbi vantaggi dell'utilizzo delle biomasse nella produzione di energia non devono, però, far dimenticare alcuni importanti limiti che hanno ostacolato, in varia misura, la diffusione di impianti di stoccaggio e di centrali di conversione energetica sul territorio.

L'utilizzo a fini energetici delle biomasse, infatti, può essere vantaggioso quando i residui colturali si presentano concentrati in un territorio e disponibili con sufficiente continuità nell'arco dell'anno, al contrario invece, un'eccessiva dispersione nello spazio o una troppo concentrata stagionalità dei raccolti rendono più difficili e costose le operazioni di raccolta, trasporto e stoccaggio [9].



## 1.5 CASO DI STUDIO E SCOPO DEL LAVORO DI TESI

Questa doverosa premessa delinea la problematica all'interno della quale si colloca il mio lavoro di tesi. Lo studio condotto, ha avuto l'obiettivo di definire una metodologia operativa per valutare la disponibilità e la distribuzione delle biomasse residuali agricole (BRA) lignocellulosiche derivanti dalle coltivazioni tipiche delle regioni meridionali peninsulari quali la vite, l'olivo e le colture cerealicole. Si sono voluti poi, geo-referenziare i principali bacini delle attività agro-industriali presenti nell'area studio e standardizzare le operazioni di calcolo del potenziale energetico delle biomasse residuali che rappresenta il punto di partenza per la progettazione, l'installazione e la logistica di impianti di generazione di bioenergia.

Per arrivare a quantificare la BRA disponibile nell'area di studio e valutare, la vocazionalità territoriale allo sviluppo di una filiera biomassa-energia, sono stati prese in considerazione le metodologie proposte in recenti studi [16] [17] [18]. Ponendo attenzione alle variabili che influenzano, in un determinato territorio, la collocazione di un impianto di valorizzazione energetica delle biomasse, è stata anche valutata, regione per regione, la posizione ottimale per un impianto biomassa-elettricità partendo da dati quali la disponibilità e la sua distribuzione sul territorio, la domanda di energia e la presenza di centrali già in funzione.

Considerato lo specifico obiettivo dell'indagine, sono stati adottati strumenti GIS ovvero sistemi informativi computerizzati che hanno consentito l'acquisizione, registrazione, analisi, visualizzazione e restituzione di informazioni derivanti da dati geografici.

La scelta del programma da utilizzare per l'elaborazione dei dati inventariali è ricaduta sul software open source QGIS apparso come il più idoneo per le specifiche caratteristiche di flessibilità dello stesso. Grazie all'architettura estensibile dei plugin all'interno del programma, è infatti possibile effettuare le operazioni di analisi spaziale in un ambiente di elaborazione di dati geografici integrando gli algoritmi nativi di QGIS e algoritmi di terze parti (software esterni). È stato eseguito anche il confronto tra i plugin proprietari di QGIS e quelli di altri software, in particolare per gli algoritmi utilizzati in questo lavoro di tesi, per individuare le più ampie possibilità di integrazione tra differenti software nell'ottica della trasferibilità e della comparazione dei dati da analizzare.

I criteri utilizzati nel mio lavoro per processare i dati di input al fine di ottenere output geografici potranno diventare, nella logica dei software di pubblico dominio, un contributo per stimolare il miglioramento, da parte degli sviluppatori, delle potenzialità del programma GIS desktop QGIS quando utilizzato nelle indagini come quelle di questo lavoro di tesi.

## 2 CONTESTO ENERGETICO IN ITALIA

La pesante dipendenza dall'estero è uno dei principali problemi del sistema energetico nazionale. La quota di energia importata dai mercati esteri per far fronte alla domanda interna supera il 75% (la media UE è del 54%) e riguarda le fonti di cui, il nostro paese, fa maggior uso: petrolio e gas naturale. Altre sostanziali differenze con la media dei paesi membri dell'UE riguardano il mix energetico che sostiene la domanda di energia in Italia caratterizzato da una più esigua presenza del carbone, una più consistente presenza delle rinnovabili e un peso delle fonti fossili per circa il 70% dei consumi finali italiani, contro un 60% della media europea [19]. Nella Figura 3 sono messi a confronto i mix energetici di Italia e UE.

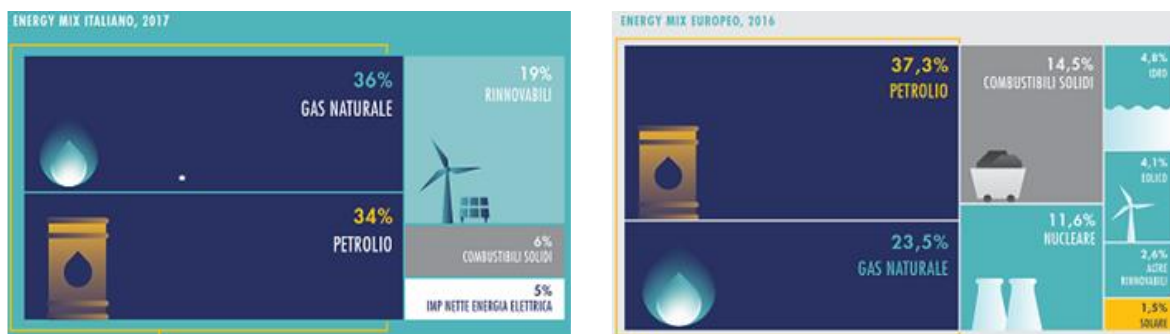


Figura 3: Mix energetici d'Italia e UE (fonte: Eurostat)

Sulla base dei dati forniti dai Bilanci Energetici Nazionali (BEN), pubblicati annualmente dal Ministero dello Sviluppo Economico, in Italia i consumi primari di energia hanno mostrato un trend in crescita dal 2000 al 2005 (con un incremento del 6,4%) per raggiungere, proprio nel 2005, il livello record di consumi con circa 198 milioni di tonnellate equivalenti di petrolio (Mtep). Dal 2005 c'è stato un calo costante dei consumi che nel 2009 ha raggiunto una flessione molto rilevante, pari al -5,7% rispetto al 2008, imputabile principalmente alla crisi economica che ha investito i Paesi industrializzati e che ha influenzato il settore energetico.

Dopo aver assistito a una lieve crescita nel 2010 (pari al +3,6% rispetto al 2009), i consumi di energia sono tornati a decrescere a partire dal 2011. L'ultimo rapporto del Ministero dello Sviluppo Economico (MISE-DGSAIE) sulla Situazione Energetica Nazionale [20], del giugno 2019, indica che nel 2018, per il terzo anno consecutivo è cresciuta la domanda di energia primaria: il consumo interno lordo del Paese è stato di 172,3 milioni di tonnellate equivalenti di petrolio (Mtep). Rispetto al dato 2017 ha registrato un aumento dell'1,6%, a fronte di una crescita del PIL reale dello 0,9%. Il documento mette in rilievo che tra il 2017 e il 2018, la

composizione percentuale delle fonti energetiche è cambiata: si è ridotto il contributo del gas (al 34,5% dal 36,3%) dei combustibili solidi (al 5,4% dal 6,1%) mentre è cresciuto quello delle fonti rinnovabili (al 20,5% dal 18,7%) e dell'energia elettrica importata (al 5,6% dal 4,9%).

Il petrolio rimane sostanzialmente invariato con una percentuale di copertura del 34%.

Secondo dati diffusi da ENEA, la produzione di energia da fonti rinnovabili, stimata in coerenza con la metodologia Eurostat, è passata da 17 Mtep nel 2010 a quasi 21 nel 2013, una crescita del 6% annuo. Negli ultimi anni è ancora cresciuta fino a 22 Mtep con una crescita media ridotta però all'1,5% [21]. L'accresciuto ruolo delle FER ha contribuito alla diminuzione della dipendenza del nostro Paese da fonti di approvvigionamento estere. La quota di fabbisogno energetico nazionale soddisfatta da importazioni pur rimanendo elevata (pari al 74%), è risultata ulteriormente in discesa ed è ormai da anni al di sotto dei valori storici [20].

Tali dati indicano che le fonti rinnovabili di energia (FER) confermano il proprio ruolo di rilievo nel panorama energetico italiano, trovando impiego diffuso sia per la produzione di energia elettrica (settore Elettrico), sia per riscaldamento e raffrescamento (settore Termico), sia come biocarburanti utilizzati nel settore dei Trasporti [20].

Per quanto riguarda il settore Elettrico, a fine 2018 la potenza efficiente lorda in Italia risulta uguale a 54,3 GW con un numero di impianti a fonti rinnovabili installati pari a 835.000. Rispetto ai dati del 2017, si osserva una crescita significativa (+10%) della produzione lorda di energia elettrica in Italia pari a 114,4 TWh, rappresentante il 39,5% della produzione complessiva [22]. La fonte che garantisce il principale contributo alla produzione di energia elettrica da FER si conferma quella idroelettrica (43% della produzione complessiva); seguono solare (20%), bioenergie (17%), eolica (15%) e geotermia (5%). Nel settore termico, il 19,2% dei consumi energetici deriva da FER. I consumi complessivi di energia termica sono pari a 10,66 Mtep, di cui la fonte principale è rappresentata dalla biomassa solida (poco meno di 7 Mtep), utilizzata soprattutto nel settore domestico in forma di legna da ardere o pellet. In ottica futura, il ruolo centrale delle fonti rinnovabili nel panorama energetico nazionale dovrà essere ulteriormente rafforzato: se infatti la Strategia Energetica Nazionale adottata nel novembre 2017 individuava un obiettivo al 2030 del 28% dei consumi energetici complessivi coperti da FER, la proposta di Piano Energia Clima previsto dal Regolamento del Parlamento Europeo e del Consiglio 2016/0375 sulla Governance dell'Unione dell'energia prospetta un obiettivo del 30%.

Nel settore delle bioenergie, ed in particolare quello che prevede l'utilizzo di biomasse solide diverse dai rifiuti urbani, nel 2018, si osserva una distribuzione regionale della produzione complessiva, diffusa principalmente nell'Italia settentrionale, dove si distingue l'Emilia Romagna con il 13,6%, il Veneto al 10,9%, il Piemonte con il 10,7% e la Lombardia al 10,3%.

In Italia centrale emergono il Lazio, l'Umbria e il Molise con una quota del 2,0% circa. Tra le regioni meridionali si distingue invece la Calabria, che detiene il primato nazionale nel 2018 con il 28,2% della produzione nazionale, così come si può osservare in Figura 4, mentre nella Figura 5 è mostrata la distribuzione regionale della produzione elettrica degli impianti alimentati da biogas nel 2018.

Dall'analisi della distribuzione della produzione 2018 da biogas si può osservare come il contributo predominante (83% del totale nazionale) sia fornito dalle regioni dell'Italia settentrionale. La prima regione è la Lombardia, con il 34,4%, seguita da Veneto (14,9%), Emilia Romagna (14,6%) e Piemonte (12,2%). Nel meridione si osserva una situazione del tutto precaria, con una media al di sotto dell'1%, che evidenzia ancora di più la mancanza di strutture ed impianti per la produzione di energia a partire da biogas [22].



Figura 4: Distribuzione regionale della produzione elettrica degli impianti alimentati da biomasse solide nel 2018 (fonte: GSE su elaborazione dati TERNA)



Figura 5: Distribuzione regionale della produzione elettrica degli impianti alimentati da biogas nel 2018 (fonte: GSE su elaborazione dati TERNA)

Nelle valutazioni delle performance dei paesi membri riportate nelle statistiche Eurostat, quale macro-indicatore dell'efficienza energetica dell'economia di un paese, viene utilizzato il valore di intensità energetica che è un rapporto tra due grandezze - Prodotto Interno lordo (PIL) e Consumo Interno Lordo di energia (CIL). Valori bassi di intensità energetica sono indicativi di maggiore efficienza energetica. Nel documento "Risparmio ed efficienza energetica" [23], del 16 settembre 2019, diffuso dall'Ufficio Studi della Camera dei deputati si sottolinea che in Italia, l'intensità energetica primaria ha avuto, nel periodo 1995-2017, un andamento tendenzialmente decrescente in quanto si è ridotta del 14,2% rispetto al 2005 e che, con uno

scostamento percentuale del 15,4%, risulta più positiva rispetto alla media dei 28 Paesi dell'Unione. Tale dato è particolarmente significativo perché, tanto più basso è il valore dell'intensità energetica, tanto più è alta l'efficienza energetica del Paese e perché indica la validità, in prospettiva, delle strategie adottate per diversificare la produzione di energia lorda richiesta dal Sistema-Italia.

Poter rispondere alla domanda di energia anche con lo sviluppo delle filiere bioenergetiche rappresenta un volano importante soprattutto per il rilancio del settore agricolo che resta ancorato ad un modello statico di sviluppo. Nel nostro Paese, nel comparto agro-industriale, è sempre più pressante la domanda di tecnologie ambientali che possano contribuire a favorire l'approvvigionamento e l'utilizzo di fonti di energia rinnovabili, sottoprodotti, materiali di scarto e residui e altre materie grezze non alimentari secondo i modelli dell'economia circolare e contribuire allo sviluppo della bioeconomia attraverso una migliorata interazione e integrazione tra i settori economici e le politiche esistenti a livello europeo e nazionale [24].

## 3. CONVERSIONE ENERGETICA DELLE BIOMASSE

### 3.1 LE PRINCIPALI FILIERE BIOENERGETICHE

L'utilizzo finale delle biomasse nella generazione di energia va considerata all'interno di un articolato processo, la filiera energetica, che comprende anche altri i momenti quali la raccolta dei materiali, il trasporto, lo stoccaggio e la trasformazione che, in base alle caratteristiche chimico-fisiche della biomassa, si rende necessaria per alimentare la centrale di trasformazione. Il D. Lgs 29/12/03, n. 387 - "Attuazione della direttiva 2001/77/CE relativa alla promozione dell'energia elettrica prodotta da fonti energetiche rinnovabili nel mercato interno dell'elettricità" [25] definisce le fonti energetiche rinnovabili o fonti rinnovabili:

*“... le fonti energetiche rinnovabili non fossili (eolica, solare, geotermica, del moto ondoso, mare motrice, idraulica, biomasse, gas di discarica, gas residuati dai processi di depurazione e biogas). In particolare, per biomasse si intende: la parte biodegradabile dei prodotti, rifiuti e residui provenienti dall'agricoltura (comprendente sostanze vegetali e animali) e dalla silvicoltura e dalle industrie connesse, nonché la parte biodegradabile dei rifiuti industriali e urbani”.* Tale definizione è stata successivamente ampliata dal D.lgs. 3 marzo 2011, n. 28 in attuazione della Direttiva 2009/28/CE, recante modifica e successiva abrogazione delle direttive 2001/77/CE e 2003/30/CE che all'art. 2, rubricato Definizioni, stabilisce, alla lettera e), che la biomassa consiste nella: *“... 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.”*

Secondo il DL 152/2006 (Parte V, Allegato X, parte II, sez. 4, n. 1) [26] rientrano nella definizione di biomassa combustibile i seguenti materiali:

- a) Materiale vegetale prodotto da coltivazioni dedicate;
- b) Materiale vegetale prodotto da trattamento esclusivamente meccanico di coltivazioni agricole non dedicate;
- c) Materiale vegetale prodotto da interventi silvicolture, da manutenzione forestale e da potatura;
- d) Materiale vegetale prodotto dalla lavorazione esclusivamente meccanica di legno vergine e costituito da cortecce, segatura, trucioli, chips, refili e tondelli di legno vergine, granulati e

cascami di legno vergine, granulati e cascami di sughero vergine, tondelli, non contaminati da inquinanti;

e) Materiale vegetale prodotto dalla lavorazione esclusivamente meccanica di prodotti agricoli;

f) Sansa di oliva disoleata...(omissis);

g) Liquor nero ottenuto nelle cartiere dalle operazioni di lisciviazione del legno e sottoposto ad evaporazione al fine di incrementarne il residuo solido...(omissis).

Nello stesso DL (Parte V, Allegato X, parte II, sez. 4, n. 2) sono riportate le condizioni di utilizzo: La conversione energetica delle biomasse di cui al paragrafo 1 può essere effettuata attraverso la combustione diretta, ovvero previa pirolisi o gassificazione.

Le principali filiere che utilizzano le biomasse sono orientate alla:

- generazione di energia elettrica e termica (biopower);
- produzione diretta di carburanti biologici (biofuel);
- realizzazione di composti chimici (bioproduct);

Ai fini della presente indagine, è stata considerata, nello specifico, la filiera tecnologica delle biomasse solide analizzando la sola componente agricola di residui di coltivazioni non dedicate alla produzione di energia per evidenziarne la rilevanza come fonte rinnovabile.

Tali residui possono trovare origine o dopo le operazioni svolte al fine del ciclo naturale delle colture annuali (taglio, raccolta, ecc.) o dalle lavorazioni effettuate una tantum o con ciclicità programmata su colture poliennali: esempi noti sono certamente potatura ed espianto.

Nella viticoltura e olivicoltura le potature sono a cadenza regolare, per lo più annuali e biennali e, per agevolare le successive operazioni colturali, si rende necessaria la rimozione dal terreno dei residui. Uno studio di Cotana e Costarelli (2005) [27] quantifica nel nostro Paese una disponibilità in milioni di tonnellate di residui di potature di vigneti e oliveti compresa tra 1,6 e 2,2 t/ha. La biomassa risultante può essere considerata come un sottoprodotto o uno scarto in base alla decisione di riutilizzarla o trattarla come un rifiuto. Quando le ramaglie diventano scarti da smaltire, in genere, sono bruciate a bordo campo o triturate lungo l'interfila tra le stesse piante costituendo, in entrambi i casi, costi in tempo e denaro per gli agricoltori. La combustione dei residui, pur se talvolta tollerata, è a tutti gli effetti uno smaltimento illecito di rifiuti per le conseguenze negative sulla qualità dell'aria e per essere un possibile rischio nell'innesco di incendi. Quando invece i residui sono trinciati e interrati, oltre i valori normalmente consentiti dalle pratiche colturali, possono aumentare il rischio di propagazione di agenti patogeni e favorire l'insorgenza di malattie nelle piante.

Va ribadito, che non tutti i materiali residuali provenienti dal comparto agricolo sono utilizzabili e disponibili alla produzione di energia e/o altri scopi, sia per le loro caratteristiche ad esempio a causa di (eccessivo contenuto di umidità, presenza di parassiti, presenza di funghi, ecc.), sia a causa di possibili blocchi economici quali costi elevati di raccolta o bassa densità per unità di superficie [28].

Di seguito, nella Tabella 1, Tabella 2 e Tabella 3, vengono riportate le caratteristiche generali degli scarti delle colture per le quali viene normalmente effettuato il recupero [29].

Tabella 1: Tempi di recupero e utilizzi dello scarto dei cereali autunno-vernini, riso e mais da granella

Coltura principale	<i>Cereali autunno-vernini</i>	<i>Mais da Granella</i>
Scarto	Paglia	Stocchi/ Tutoli
Tempo di recupero	Giugno-luglio, dopo la raccolta della granella	Ottobre-novembre
Periodo utile per il recupero	15-20 giorni considerando periodo di trebbiatura	10-20 giorni se il recupero è finalizzato all'impiego zootecnico; 50-70 giorni nel caso di uso energetico
Utilizzi	Le paglia sono impiegate in modo differente a seconda della località; vi sono aree in cui viene recuperata e utilizzata o in campo agricolo o in campo industriale e altra in cui viene lasciata in campo.	Parte degli stocchi è utilizzata come lettiera o, meno diffusamente, come alimento bovino. Gli stocchi rimasti in campo vengono generalmente interrati.

Tabella 2: Tempi di recupero e utilizzi degli scarti di patate, pomodori e carciofi

Coltura principale	<i>Patata</i>	<i>Pomodoro</i>
Scarto	Foglie e steli	Foglie e steli
Tempo di recupero e periodo utile	Da marzo e giugno (precoce al sud) fino a fine estate. Non vi sono problemi di recupero	Soprattutto luglio-settembre quando si concentra periodo raccolta per industria
Utilizzi	Principalmente alimentazione zootecnica	Alimentazione zootecnica



Tabella 3: *Tempi di recupero e utilizzi degli scarti di vite, olivo e principali colture frutticole*

Coltura principale	<i>Vite</i>	<i>Olivo</i>	<i>Principali colture frutticole (pesco, melo, pero, albicocco, etc.)</i>
Scarto	Potatura	Frasca	Potatura
Tempo di recupero	Fine autunno – fine inverno	Durante o dopo la potatura (gennaio-febbraio)	Dopo la potatura annuale effettuata nel periodo dicembre-febbraio
Periodo utile per il recupero	Da 20-30 giorni a 80-90 giorni, secondo l'epoca di potatura	Da 20-30 a 50-60 giorni	Da 15-20 a 70-80 giorni in relazione al periodo di potatura
Utilizzi	Normalmente il 90% del residuo di potatura non viene utilizzato. I sarmenti sono raccolti ai bordi della vigna e bruciati (40% del totale) oppure trinciati e interrati	Circa il 90% della frasca è inutilizzato	Non meno del 90% dei residui di potatura è inutilizzato; questo generalmente viene bruciato in campo

Per valutare la reale sostenibilità economica del recupero delle biomasse residuali a fini energetici è importante partire dalla conoscenza della disponibilità delle stesse in un territorio omogeneo, anche in base all'epoca di produzione, ma è anche necessario tener conto di tempi e costi da sostenere per la raccolta e il trasporto dei residui alla bocca dell'impianto di trasformazione, delle tecnologie di conversione energetica e, infine, dell'utilizzo dell'energia prodotta (elettricità/calore) per l'autoconsumo o per essere immessa in rete.

Secondo l'indicazione fornita nel documento diffuso da ITABIA nell'ambito del progetto "Biomassa e Bioenergia" [30], dal recupero di residui ligno-cellulosici (agricoli, forestali, agroindustriali) o da colture dedicate si ottengono biocombustibili principalmente sotto forma di legno in pezzi, paglie in balle, pellets, cippato, briquettes, ecc., principalmente utilizzati per il riscaldamento domestico o di ambienti tecnologici (serre, capannoni, ecc.) ed eventuale raffrescamento, per calore di processo industriale, per il teleriscaldamento urbano, per la generazione di energia elettrica e la cogenerazione.

Il circuito semplificato delle filiere agro-energetiche è pertanto del tipo:

produzione della biomassa agricola → raccolta → produzione del combustibile → conversione energetica.

Per quanto riguarda la resa energetica, a titolo di esempio, viene anche rimarcato che da suoli agricoli con coltivazioni dedicate a ciclo biennale (SRF-Short Rotation Forestry), per ettaro, si possono ottenere annualmente: 6.000 kWh elettrici, oppure 10 tonnellate di pellet, oppure 300 m<sup>2</sup> di edifici riscaldati [30].

Resta inteso che dati medi e riferiti ad un contesto nazionale vanno analizzati, nelle diverse realtà regionali, considerando i diversi fattori che, di fatto, contribuiscono a definire le caratteristiche chimico-fisiche del sottoprodotto che si intende valorizzare a scopi energetici e che variano notevolmente in base alle condizioni pedogenetiche che differenziano e qualificano i suoli agricoli, al clima, ai metodi colturali e al grado di meccanizzazione delle aziende agricole.

## 3.2 VANTAGGI E LIMITI DI UTILIZZO DELLE BIOMASSE SOLIDE

*“Utilizzare biomassa significa riferirsi ad un intero ecosistema, dalla fotosintesi clorofilliana che fornisce la materia prima vegetale, alle catene alimentari primarie e secondarie fonti di sottoprodotti e di residui, alle lavorazioni industriali del legno, delle fibre, ecc., e questo, naturalmente, comporta innumerevoli interazioni con il territorio, inteso non solo in senso fisico, ma anche in senso socio-economico” [31].*

La produzione di energia da biomassa, più che per altri tipi di impianti, è, strettamente legata al territorio e la corretta pianificazione e gestione di tali filiere deve tenere in debito conto anche le criticità che le caratterizzano.

Un momento preliminare all'avvio di un'attività di produzione di energia da biomassa è rappresentato, sicuramente, dall'analisi della disponibilità quanti-qualitativa della biomassa con l'individuazione di un bacino di approvvigionamento che è necessario esaminare non solo riguardo alla tipologia di materiale da utilizzare ma anche in tutti gli altri aspetti collegati alla corretta gestione delle centrali energetiche, per valutare la sostenibilità dell'intervento.

Il “Piano di Settore per le Bioenergie - Le filiere bioenergetiche e l'agricoltura italiana” [10] del Ministero delle politiche agricole alimentari e forestali delinea, tra gli altri aspetti, i punti di forza, di debolezza, le minacce e le opportunità che caratterizzano il sistema nazionale delle bioenergie.

Riguardo alla filiera delle biomasse solide, il piano mette in rilievo, tra i punti di forza:

- la pluralità e l'ampia disponibilità di materie prime (biomasse residuali e/o colture dedicate);
- le tecnologie mature e affidabili, sia per la produzione elettrica che per gli usi termici;
- la forte presenza dell'industria nazionale nella produzione e commercializzazione di impianti e componenti;
- il recupero e la valorizzazione dei residui colturali (potature, paglie ecc.) con risparmio sui costi di gestione e integrazione del reddito dell'azienda agricola;
- la programmabilità e stabilità delle produzioni di energia.

Sono considerati, invece punti di debolezza:

- lo scarso sviluppo delle filiere di produzione/approvvigionamento delle biomasse a livello territoriale e notevole ricorso all'importazione;
- i bassi rendimenti di conversione in energia elettrica e l'ancora limitato ricorso alla cogenerazione;

- i costi di impianto elevati per unità di potenza installata e per la realizzazione di reti di teleriscaldamento;
- la mancanza di una normativa univoca a livello nazionale per il trattamento delle ceneri prodotte dagli impianti.

Tra le opportunità evidenziate nel piano emergono:

- il recupero e la valorizzazione dei residui colturali (potature, paglie ecc.) con risparmio sui costi di gestione e integrazione del reddito dell'azienda agricola;
- l'ammodernamento e il rafforzamento delle imprese agro-forestali, con incremento dell'occupazione, della redditività e creazione di nuove figure professionali;
- la corretta gestione e la tutela del territorio (cura/valorizzazione del patrimonio boschivo, la manutenzione degli alvei fluviali, recupero di terreni marginali ecc.) e la mitigazione del dissesto idrogeologico.

Infine, le minacce che, insieme ai punti deboli su evidenziati, rappresentano le maggiori criticità del settore sono:

- il ricorso a quantitativi crescenti di biomasse di importazione di più facile reperibilità, senza ricadute positive sul territorio;
- l'opposizione popolare alla realizzazione di nuovi impianti.

Esistono, tuttavia, ulteriori argomenti contrari allo sfruttamento o all'incremento nell'utilizzo delle biomasse, derivanti dalle esperienze già attuate a livello nazionale. Il primo è di natura strettamente quantitativo; per compensare la quantità di energia elettrica prodotta attualmente da impianti a combustibili fossili (es. gas naturale), servirebbe una quantità enorme di biomassa, attualmente non disponibile [32]. Altro aspetto critico che deriva dall'utilizzo delle biomasse riguarda l'aspetto logistico e il loro trasporto. Il trasporto delle biomasse dal punto d'origine alla centrale termica contribuisce all'impatto ambientale del processo di produzione di energia. Le emissioni di CO<sub>2</sub> generate dall'attività di trasporto potrebbero compensare o annullare il risparmio di CO<sub>2</sub> ottenuto dall'impiego della fonte rinnovabile. I principali svantaggi da considerare in queste fase sono: la densità delle biomasse, in quanto occupano un volume maggiore rispetto alle altre fonti fossili, richiedendo quindi più viaggi o mezzi di trasporto più grandi; la raccolta delle biomasse, che, essendo disperse nel territorio in modo eterogeneo richiedono un maggiore utilizzo di automezzi per l'organizzazione logistica e il trasporto. Una soluzione fra quelle più logiche è quindi quella di avere delle centrali che producono energia da biomasse, entro un raggio limitato di pochi chilometri, circa 70 km, dal centro produttivo della biomassa stessa, così da ridurre i trasporti e i conseguenti impatti che ne derivano [33].

## 3.3 LA CONVERSIONE TERMOCHIMICA DELLE BIOMASSE

Le tecnologie disponibili per la produzione sia di energia termica che elettrica da biomassa sono ormai ampiamente collaudate e risultano disponibili, sia per applicazioni di piccola scala (in particolare per il riscaldamento domestico) che di media e grande scala (riscaldamento e produzione di calore per applicazioni agro-industriali e generazione di energia elettrica).

Prima di essere impiegata in un qualunque processo termochimico di conversione energetica, la biomassa subisce generalmente un'operazione di essiccazione con la quale si cerca di abbassarne il livello di umidità. La conversione termochimica dell'energia presente nelle biomasse vegetali può essere ottenuta con diversi processi, quali la combustione, la pirolisi e la gassificazione.

### 3.3.1 LA COMBUSTIONE

Il processo di combustione è la sequenza di reazioni termo-chimiche che libera l'energia contenuta nei legami chimici delle molecole organiche del combustibile in presenza di ossigeno, che ha la funzione di comburente. Come sottoprodotti del ciclo si ottengono ceneri ad elevato contenuto di nutrienti (fosforo e potassio) o residui solidi da sottoporre a compostaggio che possono essere usati come ammendante del terreno. Le emissioni gassose rilasciate in atmosfera hanno, sostanzialmente, la stessa quantità di anidride carbonica che era stata precedentemente fissata dalle piante con la fotosintesi e sono destinate ad essere successivamente riassorbite in un nuovo ciclo di crescita della biomassa vegetale.

L'intero processo di combustione può pertanto considerarsi sostanzialmente neutro riguardo all'immissione di gas-serra nell'ambiente.

Il processo di combustione per essere efficiente richiede un materiale di partenza a bassa umidità, pertanto le biomasse vegetali (cippato, residui vegetali) che inizialmente presentano il 60-70% di umidità vanno portate al 10-12% di umidità per ottenere un prodotto a più alta densità energetica. Un impianto di produzione di energia elettrica da biocombustibili solidi si compone dei due seguenti principali componenti: una caldaia per la produzione di vapore e una turbina abbinata ad alternatore [34]. La generazione di energia elettrica nei cicli termodinamici chiusi, avviene trasferendo il calore prodotto tramite la combustione ad un ciclo secondario che utilizza

vapore acqueo o altri fluidi termovettori (olio diatermico) con il vantaggio di impedire ai residui di combustione e alle impurità di causare danni ai macchinari.

Gli impianti combinati di energia elettrica e calore consentono un uso più completo delle fonti energetiche, soprattutto mediante l'associazione della produzione di elettricità con il recupero del calore residuo [35].

### 3.3.2 LA PIROLISI

La pirolisi è un processo di decomposizione termochimica della biomassa, chiamata anche distillazione a secco, ottenuto mediante l'applicazione di calore a temperature comprese tra 400 e 800 °C, in condizioni di assenza di ossigeno [9].

In condizioni di pirolisi, le lunghe catene di composti di carbonio, idrogeno e ossigeno della biomassa, si dividono in molecole più piccole sotto forma di gas, vapori condensabili (catrame e oli). La velocità e l'entità della decomposizione di ciascuno di questi componenti dipende dai parametri di processo della temperatura del reattore, dalla velocità di riscaldamento della biomassa, dalla pressione, dalla configurazione del reattore, dalle materie prime ecc.

Le reazioni di pirolisi possono essere classificate in due macro-classi: pirolisi lenta e pirolisi veloce. La pirolisi lenta è un processo caratterizzato da temperature di reazione particolarmente basse, comprese tra i 300 e i 500 °C. Richiede diverse ore per essere completata e produce come prodotto principale il biochar, che rappresenta circa il 30% della sostanza secca iniziale.

La pirolisi veloce è ottenuta con temperature che vanno dai 500 ai 650°C. Produce il 60% di bio-olio e richiede un tempo all'ordine dei secondi per una completa pirolisi. Inoltre, fornisce il 20% di biochar e il 20% di syngas [36]. Il processo di pirolisi dipende molto dal contenuto di umidità della materia prima, che dovrebbe essere di circa il 10%. A contenuti di umidità più elevati si producono alti livelli di acqua e, a livelli più bassi, c'è il rischio che il processo produca solo polvere invece di olio. Inoltre, il biochar prodotto può essere utilizzato in azienda come eccellente ammendante del terreno in quanto altamente assorbente e quindi aumenta la capacità del suolo di trattenere acqua, sostanze nutritive e prodotti chimici agricoli, prevenendo la contaminazione dell'acqua e l'erosione del suolo [36].

### 3.3.3 LA GASSIFICAZIONE

La gassificazione è una tecnologia di conversione termochimica per mezzo della quale le biomasse lignocellulosiche sono trasformati in un gas combustibile, noto come syngas o gas di gasogeno, a basso contenuto energetico, ma molto più versatile da utilizzare rispetto alle materie prime da cui deriva [9]. Il processo consiste in un'ossidazione parziale del materiale a temperature comprese tra 800 e 1100 °C. I prodotti che ne derivano sono: syngas, con potere calorifico medio basso (4-15 MJ/Nm<sup>3</sup>); tar, frazione composta da idrocarburi pesanti; residuo solido (biochar) costituito dalla frazione inerte del materiale [37]. Non va dimenticato poi che il prodotto della gassificazione contiene anche molte impurità come ad esempio ceneri, catrami, ma anche acidi solforati, HCN, HCl ammoniaca e metalli pesanti, che rendono pertanto indispensabile la presenza di una fase di depurazione a valle del processo di conversione prima che il gas di sintesi sia impiegato a fini energetici. La pulizia del syngas, specialmente dai residui bituminosi (tar) e dalle polveri, viene perlopiù condotta utilizzando sia metodi a bassa temperatura, come ad esempio il water scrubbing, che metodi ad alta temperatura (hot-gas cleanup) basati principalmente sull'uso di filtri ceramici [9]. Il gas ottenuto è un combustibile estremamente versatile, esso può essere infatti impiegato per la produzione di calore tramite la combustione diretta in caldaie, in unità di generazione elettrica per l'alimentazione di turbine o motori a combustione interna o come materia prima per sintesi chimiche (es. idrogeno) [37] [38].

## 4. POSSIBILI APPLICAZIONI INNOVATIVE DELLE BIOMASSE

Miliardi di tonnellate metriche di biomassa vengono generate ogni anno dall'industria agricola di tutto il mondo, compresi i residui liquidi, solidi e gassosi che possono essere considerati una delle risorse più abbondanti, economiche e rinnovabili sulla terra [39]. La piramide del valore di queste biomasse prevede che vengano valutate le diverse possibilità di trarne beneficio da esse. Le varie opzioni comportano l'uso dei residui agricoli come materie prime, direttamente, attraverso una serie di processi (fisici, chimici e biochimici) o frazionati nei loro componenti per produrre combustibili (etanolo, biodiesel, ecc.), energia (calore, elettricità, ecc.), materiali (prodotti a base di fibre) e un'ampia gamma di prodotti chimici ad alto valore.

Tramite processi di degradazione della sostanza organica, in assenza di ossigeno, si attua la digestione anaerobica il cui importante vantaggio ambientale è la produzione di biogas, una fonte di energia rinnovabile, che può essere utilizzata come combustibile per i motori a combustione interna, per il riscaldamento diretto e, sotto una migliore efficienza, nella cogenerazione, anche per la produzione di elettricità [40].

L'estrazione di molecole di interesse, dalle specie vegetali, ha stimolato la ricerca di sostanze con proprietà bioattive. Tra queste, i composti fenolici, che si trovano principalmente in frutta, verdura, erbe, radici, foglie e semi, sono particolarmente utili in quanto svolgono efficace protezione attraverso la riduzione dello stress ossidativo, dell'infiammazione e dell'immunosoppressione e possono essere un componente importante nelle formulazioni cosmetiche per la cura della pelle [41] [42] [43]. Tali sostanze hanno suscitato grande interesse nel settore farmaceutico che ne sta testando l'efficacia in preparati antimutageni/ anticarcinogeni, antimicrobici e agenti antinfiammatori [44] [45].

I sottoprodotti dell'attività agricola vengono considerati da sempre una potenziale fonte a basso costo per l'alimentazione animale, dal momento che richiedono pretrattamenti minimi.

A titolo di esempio si cita il progetto LIFE Low Carbon Feed (LCFEED) [46]. Fra gli obiettivi del piano si prevede un'implementazione di nuovi metodi a bassa emissione in agricoltura e allevamento, riducendo le emissioni di gas serra (GHG) nelle colture di agrumi e riso attraverso il recupero per la produzione di mangime animale, anziché l'incenerimento dei rifiuti generati. Infine, i residui agricoli e la biomassa lignocellulosica rappresentano un grande serbatoio di carboidrati fermentabili che possono essere utilizzati per la produzione sostenibile di PHA [47]. L'uso del residuo serve a tre scopi importanti, quali: la riduzione del costo del substrato per i



prodotti PHA, la mitigazione dell'inquinamento ambientale e fornire soluzioni per il corretto smaltimento dei rifiuti agricoli [48].

Si precisa, che queste tecniche di tecnologie avanzate, per il trattamento del residuo agricolo, si riferiscono a pratiche destinate all'uso di materiale umido proveniente da colture estive fresche.

## 5. AREA DI STUDIO

Il mezzogiorno è una macroregione economica della penisola italiana. L'estensione territoriale, storico e culturale comprende le regioni Abruzzo, Basilicata, Calabria, Campania, Molise, Puglia e Sicilia. Ha un'estensione di circa 123024 km<sup>2</sup> e secondo i dati ISTAT, una popolazione di 20637360 di abitanti [49]. In Figura 6 viene rappresentata l'area di studio.



Figura 6: Individuazione area di studio

Il Mezzogiorno italiano confina a nord-ovest con il Lazio, nord-est con le Marche, e a est, ovest e sud con il mar Mediterraneo. Il suo territorio è prevalentemente collinare-montuoso, le pianure più estese sono: il Tavoliere delle Puglie (seconda pianura più estesa della penisola italiana), la pianura salentina, il Campidano, la piana di Metaponto, la piana del Sele, la Piana di Sibari, piana di Catania e la Pianura Campana. È attraversato da nord a sud dalla catena montuosa degli Appennini con cime anche a 2900 m e le sue coste sono bagnate dai mar Adriatico, Ionio e Tirreno [49].

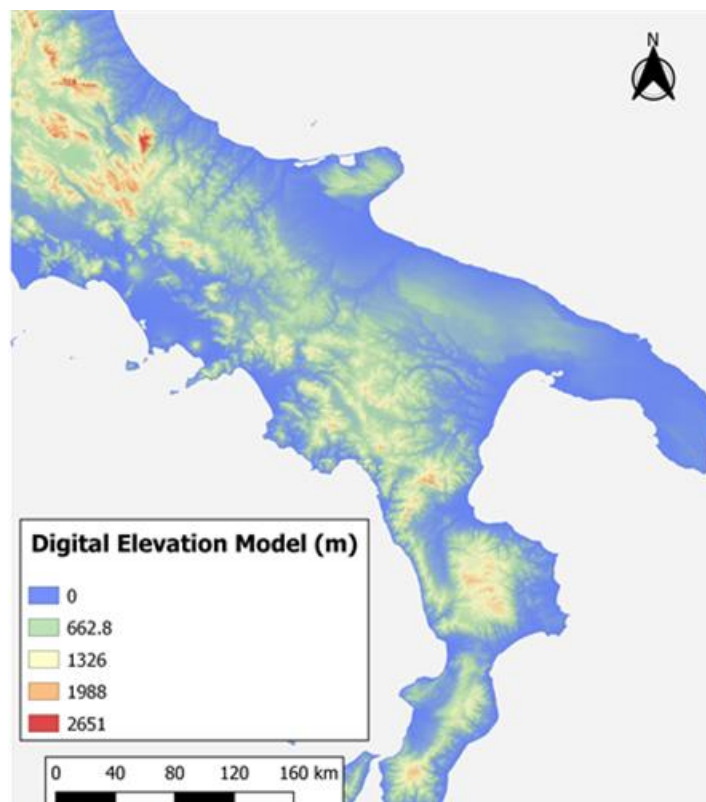


Figura 7: Modello di elevazione digitale (fonte dati SINANET, elaborato su QGIS)

In Figura 7, tramite elaborazione su QGIS, è riportato il Digital Elevation Model, anche noto come DEM, ed è la rappresentazione della distribuzione delle quote di un territorio, o di un'altra superficie, in formato digitale.

L'area di studio analizzata è il mezzogiorno italiano ad esclusione della Sicilia. La scelta di non considerare anche tale regione è basata sul fatto che i fattori che influenzano la logistica delle filiere bioenergetiche sono differenti da quelli che caratterizzano il resto del sud-Italia.

Pertanto, nel presente lavoro, ogni qual volta che si farà riferimento al Mezzogiorno, si consideri la nostra area di interesse.

Nel contesto di crisi che, negli ultimi anni, ha caratterizzato l'economia italiana, l'agricoltura ha mostrato una maggiore capacità di tenuta e migliori performance rispetto agli altri settori.

Il rapporto ISMEA-SVIMEZ sull'agricoltura del Mezzogiorno evidenzia l'ottima performance che il settore primario ha avuto nel biennio analizzato (2015-2016). L'agricoltura diventa protagonista della ripresa economica: crescono valore aggiunto, esportazioni, investimenti e occupazione [50]. In particolare, tra le coltivazioni agricole del Mezzogiorno prevalgono le erbacee (35,3%) e le coltivazioni legnose (31,4%), mentre le foraggere rivestono un ruolo minoritario (1,6%). Più in dettaglio, per gruppi di prodotto l'analisi indica che il Mezzogiorno

fornisce la quasi totalità della produzione nazionale di agrumi (99,9%) e una quota rilevante della produzione olivicola e orticola, ma anche vitivinicola e cerealicola [50].

L'analisi dell'agricoltura nel meridione mette in luce un aspetto per certi versi paradossale e ricorrente: il ruolo sempre più forte del settore nell'economia dell'area, a dispetto della sua debolezza rispetto al sistema agroalimentare del Centro-Nord e soprattutto alle potenzialità ben maggiori che il Mezzogiorno potrebbe esprimere. È fortemente avvertita, dagli imprenditori agricoli, l'esigenza di sviluppare di strategie per superare questi limiti sfruttando i margini di miglioramento per incrementare la produttività, assecondando le esperienze virtuose di modernizzazione qualitativa di tipo multifunzionale, sostenendo le imprese nella valorizzazione dei loro prodotti, favorendo l'insediamento nel settore agroalimentare del capitale umano delle nuove generazioni, in grado di rispondere ai nuovi bisogni e alle nuove sensibilità di un consumo consapevole ed esigente, sia sul piano interno che a livello internazionale [50].

## 6. MATERIALI E METODI

### 6.1 APPROCCIO INTEGRATO DEI DATI

Per lo svolgimento di questo studio, è stato necessario reperire una grande mole di dati facendo ricorso a diverse fonti istituzionali e a banche-dati messe a disposizione da altri soggetti che, a vario titolo, sono da considerarsi portatori di interessi nel settore energetico e agro-industriale. L'approccio integrato dei dati ha previsto la loro attenta analisi e rielaborazione al fine di creare un data-base sufficientemente omogeneo, articolato per essere aggiornato periodicamente e consentire anche di evidenziare il trend di vari processi nel tempo.

Il lavoro è stato incentrato, principalmente, sulla creazione di fogli di lavoro su software Excel, basati sull'utilizzo di funzioni matematiche e logiche che hanno consentito di correlare diverse variabili con l'obiettivo di quantificazione della biomassa residua agricola nell'area di interesse. Considerando l'importanza che rivestono gli elementi ambientali nello studio di processi dinamici e la rilevanza che assumono la conformazione fisica e la distribuzione geografica delle forme economico-rurali e colturali tipiche delle zone agrarie, per motivazioni di carattere pratico e tenuto conto delle differenze sostanziali esistenti tra le diverse aree considerate, è stato necessario realizzare l'analisi quali-quantitativa dei residui agricoli su base regionale e provinciale.

### 6.2 SISTEMI INFORMATIVI GEOGRAFICI

Ogni analisi condotta su problematiche complesse e su vaste aree, come è quella del presente studio, non può che basarsi su dati di fatto certificati e incontrovertibili che richiedono di essere implementati e raffrontati con l'utilizzo di sistemi informativi geografici.

Un Sistema Informativo Geografico (GIS) [51] è un insieme di software che permette di creare, visualizzare, interrogare ed analizzare dati geo-spaziali. La georeferenziazione basata sulla posizione geografica di un oggetto riveste una particolare importanza nelle ricerche sul campo quando è necessario individuare le coordinate di alcune geometrie facilmente identificabili nelle immagini o nelle carte. I sistemi informativi geografici rappresentano anche un utile strumento per la gestione e l'analisi spaziale delle risorse territoriali e per la creazione di Sistemi di Supporto alle Decisioni (DSS). L'approccio basato su GIS è apparso, quindi, particolarmente appropriato per condurre la ricerca tesa a realizzare l'identificazione, su scala regionale, di

sistemi e processi di valorizzazione delle biomasse agro-forestali vista la notevole eterogeneità dell'area di interesse.

Nel lavoro di elaborazione dei dati raccolti è stato utilizzato il software open source QGIS 3.2.3. QGIS che consente di far confluire dati provenienti da diverse fonti in un unico progetto di analisi territoriale. I dati, divisi in *layers*, possono essere analizzati e modificati tramite molteplici funzioni in base all'obiettivo del lavoro. QGIS ha un'interfaccia utente intuitiva e gestisce numerosi formati di dati sia *raster* che vettoriali tra i quali il formato *Shapefile* che verrà utilizzato nel mio seguente lavoro. QGIS è molto versatile ed è dotato di numerose funzionalità tanto da rappresentare, in ambito lavorativo, una valida scelta nel panorama dei programmi GIS commerciali. Il progetto QGIS ha registrato negli ultimi anni una forte evoluzione raggiungendo una notevole maturità informatica grazie all'impegno di una vasta ed attiva comunità di utenti e sviluppatori che ha permesso la diffusione di versioni sempre più stabili e con maggiori funzionalità. Sono inoltre disponibili numerosi plugin, realizzati dalla comunità di sviluppatori, che permettono di ampliare le funzionalità standard del software [52]. Con esso vengono create mappe tematiche che possono essere personalizzate dall'utente ed eventualmente rispondere alle analisi tipiche del GIS gradazione di colori, sfumatura di colore, valore univoci, in base alla variabile selezionata (altitudine, uso del suolo, pendenza, etc.). La mappa può essere arricchita da icone e da etichette dipendenti dagli attributi che accompagnano gli elementi cartografici.

## 6.3 QUANTIFICAZIONE DELLE BIOMASSE

La quantificazione della biomassa, proveniente da residui agricoli nell'area di studio, è stata effettuata con riferimento alla metodologia sviluppata da AIGR-ENEA all'inizio degli anni '90, con alcune modifiche per rappresentare al meglio la situazione odierna e locale.

Lo studio AIGR-ENEA rappresenta la prima indagine a livello nazionale, finalizzata a identificare le potenzialità delle biomasse nelle varie regioni italiane ai fini della generazione di energia elettrica [53]. In particolare, nel presente studio, per il calcolo del residuo agricolo, è stata utilizzata la seguente equazione (1):

$$\text{Residuo Biomassa (t)} = \text{SAU (ha)} * \text{RSP} \left( \frac{\text{t}}{\text{ha}} \right) * \frac{\text{Sp}}{\text{Pp}} * \left( 1 - \frac{\text{U}}{100} \right) * \left( 1 - \frac{\text{PR}}{100} \right)$$

Dove:

- SAU rappresenta la superficie agricola utilizzata,
- RSP è la resa del prodotto principale,
- Sp/Pp è il rapporto in peso tra il sottoprodotto e il prodotto principale,
- U è il contenuto di umidità percentuale al momento della raccolta,
- PR è la percentuale di riutilizzo.

Non viene inserito il fattore del tempo di rigenerazione in quanto si considera esclusivamente il sottoprodotto principale, con ciclo generalmente annuale e non il sottoprodotto secondario dovuto all'espanto della coltura. A livello regionale, ogni valore di residuo agricolo, affetto da variabilità, è stato riportato considerando il prodotto delle deviazioni standard delle rese con il rapporto Sp/Pp. Per i casi in cui sono stati utilizzati valori medi regionali, in assenza di dati comunali o provinciali, il risultato della deviazione standard ovviamente sarà uguale a zero.

Per calcolare la deviazione standard dei residui analizzati si utilizzerà l'equazione (2) riportata:

$$DS \text{ residuo agricolo per 1 ha} = PP \left( \frac{Sp}{Pp} \right) * \sqrt{\left( \frac{DS_1}{MD_1} \right)^2 + \left( \frac{DS_2}{MD_2} \right)^2} \#$$

$\frac{DS_1}{MD_1}$  riferito a Sp/Pp;  $\frac{DS_2}{MD_2}$  riferito a Pp.

La disponibilità di residui è stata calcolata a partire dalle superfici coltivate sulla base dei dati ISTAT relativi all'ultimo Censimento Agricoltura il quale fornisce dati relativi alle SAU a livello provinciale. Per ogni regione, dal portale ISTAT, è stato scaricato l'intero data-base relativo al comparto agricolo, aggiornato all'anno 2018, e salvato in formato Excel.

Nel foglio di calcolo del programma, tramite formattazione condizionale, sono state estrapolate le prime 10 coltivazioni per superficie agricola utilizzata, così da rappresentare in modo abbastanza completo le principali colture regionali, scartando eventualmente categorie come pascoli o colture energetiche, che non sono state analizzate nel presente lavoro. La resa dei prodotti principali è stata calcolata utilizzando la banca dati del Sistema Informativo Agricolo Nazionale [54] a livello provinciale. Per eventuali dati provinciali mancanti è stato inserito un valore medio regionale. Per l'indice sottoprodotto su prodotto principale si è invece fatto riferimento al Censimento potenziale energetico biomasse, metodo indagine, atlante Biomasse su WEB-GIS svolto da ENEA, che riporta i prodotti tra le masse di prodotto principale e di sottoprodotto principale della coltura [55], e per i valori mancanti, si è fatto riferimento a Greggio et al. (2019) [56].

I valori del contenuto di umidità son quelli riportati nello studio svolto da ENAMA [13] in cui vengono definite le caratteristiche chimico-fisiche delle principali colture agroalimentari, come umidità, potere calorifico inferiore, concentrazione di azoto, cloro, etc. Per la percentuale di riutilizzo si è fatto riferimento al lavoro condotto da ITABIA nel 2008 per conto del Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM) [57], in cui, nella valutazione di risorse ed efficienza dei residui agricoli, vengono definite quelle che sono i quantitativi di biomassa che attualmente non viene utilizzata e che, sostanzialmente, esprime la quantità di sottoprodotto bruciata in campo. Nel nostro caso è stata considerata utilizzabile per fini energetici la biomassa che attualmente viene smaltita tramite bruciatura o che viene interrata. I parametri mancanti per alcune colture, in particolare i dati di umidità e di riutilizzo del residuo, sono stati enucleati dal rapporto “i sottoprodotti di interesse del DM 6.7.2012 - inquadramento, potenzialità e valutazioni” [58], iniziativa sviluppata nell’ambito Progetto Extravalore del MiPAAF. Una frazione anche molto rilevante delle biomasse ottenute non è però disponibile per altri usi in quanto l’azienda stessa ne fa un uso diretto come intermedio di produzione o ne trae un beneficio, attraverso la vendita. Il caso più noto è il riuso delle paglie per l’alimentazione animale e/o la lettiera negli allevamenti. Analogamente è tradizione che la quota di potature legnose di pezzatura maggiore venga utilizzata in azienda per il riscaldamento degli edifici o che i residui freschi della pulizia degli ortaggi siano destinati all’alimentazione diretta di suini e bovini. Una quota rilevante di residui, previa sminuzzatura, è riportata al terreno tramite interrimento ed una parte, ancora rilevante in alcune aree, è oggetto di combustione in campo spesso per motivazioni di ordine fitopatologico o per evitare che la degradazione della sostanza organica ad opera dei microorganismi decompositori sottragga azoto alle colture in successione.



COLTURE	RESIDUI	DESTINAZIONE	% DI DESTINAZIONE
FRUMENTO tenero e duro	Paglia	> Lettieria per ricovero degli animali	40-50 %
		> Alimentazione animale	5-10 %
		> Industria cartaria e varie	5-10 %
		> Bruciata in campo	30-40 %
ORZO	Paglia	> Lettieria per il ricovero degli animali	40-50 %
		> Bruciata in campo	50-60 %
AVENA	Paglia	> Alimentazione animale	40-60 %
		> Bruciata in campo	40-60 %
RISO	Paglia	> Lettieria per il ricovero degli animali	20-30 %
		> Bruciata in campo	70-80 %
MAIS da granella	Stocchi (steli)	> Lettieria per il ricovero degli animali (stocchi)	40-50 %
	Tutoli	> Alimentazione animale (stocchi)	10-20 %
	[assi delle spighe]	> Interramento (tutoli)	70-80 %
BARBABIETOLA da zucchero	Foglie	> Alimentazione animale	10-20 %
		> Interramento	90-80 %
TABACCO	Steli	> Interramento	100 %
GIRASOLE	Steli	> Interramento	100 %
VITE da vino e da tavola	Sarmenti (rami)	> Interramento	30-40 %
		> Bruciati in campo	30-40 %
		> Fascine da ardere	20-40 %
OLIVO	Legna, rami, frasche	> Energia (legna)	90-100 %
		> Bruciati in campo (rami)	90-100 %
FRUTTIFERI [melo, pero, pesco, ecc.]	Rami	> Interrati (in pianura)	10-20 %
		> Bruciati in campo	80-90 %
AGRUMI [arancio, limone, ecc.]	Rami	> Bruciati in campo	90-100 %
FRUTTIFERI A GUSCIO noci, noccioli, mandorli, ecc.]	Rami	> Bruciati in campo	90-100 %

Figura 8: destinazioni dei residui delle coltivazioni agricole e delle industrie connesse (fonte: ITABIA 2008)

Nella Figura 8, vengono riportati i principali utilizzi in percentuale, della biomassa residua agricola delle diverse colture. Introducendo nel calcolo questo ulteriore fattore si ottiene la disponibilità effettiva che per alcune tipologie di biomasse è una frazione molto limitata rispetto al prodotto originario. Poiché si è voluto eseguire una stima cautelativa si è deciso di utilizzare sempre l'estremo inferiore dell'intervallo proposto da ITABIA [57]. La stima del potenziale di biomassa da valorizzare tiene conto pertanto alla quota di biomassa bruciata in campo o interrata e tiene conto dei residui agricoli che presumibilmente sono, normalmente, utilizzati per altre finalità. Per utilizzare l'equazione 1, precedentemente evidenziata, nel calcolo del potenziale di biomassa si è reso necessario, procedere al calcolo del quantitativo lordo di biomassa residuale tal quale prodotta annualmente. (t/anno t.q.) ottenuto moltiplicando fra di loro, la SAU, la resa (t/ha) e l'indice sottoprodotto su prodotto. Questo ha fornito una stima del potenziale di biomassa residuale lordo disponibile, non tenendo conto però dell'umidità che caratterizza le diverse specie vegetali. Per definire il potenziale lordo di residui secchi (t/anno s.s.), si è moltiplicato il valore della biomassa tal quale per il rispettivo quantitativo di umidità in percentuale. Infine, con il coefficiente di riutilizzo, si è ottenuto quello che è il potenziale netto di sostanza secca annuo (t/anno s.s.). Le mappe tematiche che mettono in rilievo la distribuzione delle diverse colture e quindi della biomassa relativa sono state create con il software dedicato QGIS. In particolare, dal portale ISTAT [59], è stato possibile scaricare uno

Shapefile contenente i limiti amministrativi regionali, provinciali e comunali, aggiornati a Gennaio 2019. Da quest'ultimo, tramite analisi vettoriale a cascata, si è potuto ritagliare la porzione di interesse, proprio grazie all'algoritmo *ritaglia*, presente nel software.

Dall'esecuzione dell'algoritmo, otteniamo diversi Shapefile in base alla scala selezionata che nello specifico sono:

- uno Shapefile che descrive l'intera area analizzata e che viene illustrata già in Figura 6, salvato con "*Regioni Sud Italia.shp*".
- sei Shapefile che descrivono i limiti amministrativi regionali, sono stati tutti salvati con "*Regione (nome regione).shp*", esempio "*Regione Puglia.shp*".

La distribuzione delle diverse colture in ambito GIS a livello regionale proviene dalla carta *uso del suolo*, sviluppata da SINANET [60]. Tale documento è un modello affidabile di cartografia sistematica, offerto dalla "Carta CORINE", realizzata tramite il progetto europeo Corine Land Cover, che utilizza il rilevamento satellitare come principale fonte di dati. Questa cartografia in scala 1:100000, basata su unità d'indagine territoriale di estensione minima di 25 ha, consente di ottenere a costi accettabili un livello d'informazione soddisfacente e facilmente aggiornabile, nonché una nomenclatura standard a livello comunitario. Grazie a essa si può analizzare la diversità ecologica di un territorio, simulare gli impatti esercitati dalla realizzazione di grandi opere, identificare le diverse forme di evoluzione in atto e gli eventuali squilibri territoriali [61]. Il Database Uso del Suolo costituisce un valido strumento per la conoscenza del territorio ai fini della pianificazione, della gestione e del monitoraggio. Sono infatti possibili valutazioni qualitative e quantitative, comparazioni con edizioni realizzate in anni diversi ed altre banche dati. Una delle sue funzioni è quella di illustrare la presenza delle diverse formazioni vegetali, naturali o di origine antropica, che di norma vengono suddivise in grandi classi, senza entrare nel dettaglio delle specie che le compongono. Si è deciso di utilizzare questa carta nazionale e non quelle regionali, presenti nei diversi geoportali regionali, in quanto per alcune regioni, non è possibile utilizzare i dati relativi all'uso del suolo per scopo scientifico, ma solamente come visualizzazione attraverso uno specifico portale online. Con ciò non sarebbe possibile svolgere le azioni del nostro lavoro. Utilizzando la carta *uso del suolo* all'interno del software QGIS è stato possibile ridefinirla per ogni confine regionale così da avere uno Shapefile contenente la carta uso del suolo per ogni regione analizzata che riporta, nella tabella degli attributi, le colture di nostro interesse.

È utile specificare che nella carta uso del suolo SINANET, le principali produzioni agricole, tranne oliveti e vigneti che sono visualizzate in modo univoco, vengono raggruppate in più

macrocategorie, del tipo “frutteti e frutti minori”, “seminativi semplici in aree irrigue”, “seminativi semplici in aree non irrigue”, etc. Nonostante ciò, per l’analisi spaziale della distribuzione dei residui si è scelto di considerare le seguenti colture: oliveti, vigneti e seminativi in aree irrigue e non. Sono state escluse le colture di frutteti e frutti minori poiché la loro copertura è relativamente scarsa messa a confronto con le altre specie vegetali. In definitiva, selezionando all’interno della tabella attributi le colture *vigneti, oliveti e seminativi*, otteniamo per ogni regione uno Shapefile che verrà salvato con: “*Biomassa Regione (nome regione).shp*”. A questo punto, ottenuto uno Shapefile per ogni regione, descrivente l’uso del suolo agricolo, con il fine di rappresentare la distribuzione delle colture anche all’interno del territorio regionale, tramite la funzione “*Crea reticolo*”, è stato creato un reticolo poligonale, con celle 5x5 km, con estensione del raster impostato sulla nostra area del mezzogiorno, e ritagliato successivamente per ogni limite regionale. Si è scelto di creare un reticolo con dimensione della cella 5x5km in quanto, questa risoluzione, permette una visualizzazione più chiara dell’area dove è presente il residuo agricolo all’interno dei limiti provinciali.

Ogni cella del reticolo è accompagnata da un ID specifico, visibile nella tabella attributi all’interno del software, che consentirà di poter effettuare operazioni di analisi vettoriale.

In particolare, si è proceduto a realizzare anche un’intersezione tra il reticolo regionale e lo Shapefile regionale. Nel nuovo Shapefile “*intersezione biomassa Regione (nome regione).shp*”, nella tabella degli attributi, tramite il calcolatore di campi, si sono calcolate le aree dei poligoni per ogni cella del nostro reticolo tramite la funzione “*\$area*” del Calcolatore di campo. Successivamente, la tabella degli attributi, di questo Shapefile, è stata salvata con formato “.xlsx” per poter elaborare i dati tramite software Excel. Nella compilazione del foglio di calcolo, è stato necessario convertire le nostre aree in ettari (ha) in quanto in QGIS, la funzione “*\$area*”, restituisce l’area del poligono in m<sup>2</sup>; si è poi calcolata la stima di biomassa potenziale per ogni singola regione eseguendo l’equazione 1, solo che, in questo caso, la nostra SAU è stata calcolata dal software GIS, a partire dalla carta uso del suolo e non più dalla banca dati ISTAT. Una volta calcolata la biomassa residuale in tonnellate, tramite la creazione di una tabella pivot su Excel, è stata reimportata nel software QGIS la cartella di lavoro appena ottenuta, e tramite una operazione di unione, “*join*”, è stato possibile collegare le diverse informazioni selezionando l’ID della cella del reticolo come vettore di unione. Infine, andando a modificare le proprietà del nostro layer, contenente ormai tutte le informazioni di nostro interesse, si è andato a categorizzare quest’ultimo in una precisa scala cromatica a seconda del contenuto di biomassa disponibile in tonnellate per ogni cella del nostro reticolo. Le celle in cui, non è presente alcun residuo, non vengono visualizzate nella mappa tematica. Per tutte le

mappature, si è scelto di utilizzare la modalità di suddivisione delle varie classi “*natural jenks*”: questo algoritmo permette di individuare dei raggruppamenti naturali dei dati per creare le classi di intervallo. Le classi risultanti mostrano una varianza massima tra le singole classi e una minima varianza all’interno dei valori di ciascuna classe [62]. Per la visualizzazione dei diversi residui, nell’intera area del mezzogiorno, si è provveduto a ripetere l’operazione appena illustrata, con alcune modifiche. Tramite la funzione “*Crea Reticolo*”, si è creato un nuovo reticolo poligonale, sempre con celle di 5x5 km, ma questa volta selezionando l’estensione dell’intera area del mezzogiorno, salvato come “*Reticolo Sud-Italia.shp*”. Utilizzando l’algoritmo “*Unione*” invece, è stato creato uno Shapefile unico, contenente tutte le aree adibite alla coltura di oliveti, vigneti e seminativi nella nostra area di studio. Si è proceduto reiterando la funzione a coppie di regioni. Infine, è stata realizzata l’intersezione tra il “*Reticolo Sud-Italia.shp*” e il layer appena creato contenente la posizione territoriale delle colture selezionate. Nella revisione generale delle procedure realizzate è stato, infine, eseguito l’implementazione dei seguenti documenti:

- tabella riportante il calcolo area dei poligoni tramite funzione “*\$area*” con successiva conversione in ha;
- foglio di calcolo in formato .xlsx, con i dati necessari a determinare, utilizzando l’equazione, la resa (t/ha) e un indice Sp/Pp, il regime di umidità e la percentuale di riutilizzo. Per ogni regione è stato utilizzato il proprio valore medio di resa (t/ha) e indice Sp/Pp così da mantenere le caratteristiche regionali e riprodurre gli stessi valori ottenuti nell’analisi regionale;
- tabella pivot utile per la determinazione del residuo biomassa agricola (t) per ogni cella;

Realizzando l’intersezione tra “*join*” e “*Reticolo Sud-Italia.shp*”, modificando con stile graduato la colonna residui biomassa agricola (t), si è arrivati a mappare la diversa disponibilità di residui delle produzioni agricole all’interno della nostra area di interesse con una classificazione unitaria tra le diverse regioni che agevola, in definitiva, l’analisi dei dati.

Pertanto, nella mappa creata, le celle assumeranno un colore differente a seconda del contenuto di biomassa agricola potenzialmente presente al loro interno, con annessa leggenda quantitativa. Le procedure e i criteri seguiti, nel lavoro di tesi, per arrivare a definire la biomassa agricola disponibile fanno riferimento a diversi studi che hanno approfondito la problematica delle filiere bioenergetiche. Tra i lavori più significativi consultati da cui sono scaturiti suggerimenti e metodi valutativi, si segnalano gli studi di: Pellerano et al. (2007) [63] e Infascelli et al. (2009) [64], che hanno definito un metodo per il calcolo delle BRA di origine agro-forestali nelle

regioni Puglia e Campania e con cui verranno fatti confronti sul quantitativo calcolato e Cotana et al. (2007) che analizza la valorizzazione energetica delle potature di olivo.

Per quanto riguarda le operazioni di geolocalizzazione delle BRA si è fatto riferimento ai metodi di Valenti et al. (2017) [65], che ha definito un modello, basato su GIS, per il calcolo della disponibilità potenziale di sottoprodotti agricoli in Sicilia; Colantoni et al. (2016) e Delivand et al. (2015) [66], sviluppato in collaborazione con l'Università di Foggia, che propone un metodo che combina le procedure basate sul sistema informativo geografico con l'analisi multicriterio (GIS-MCA) per affrontare la logistica della biomassa-elettricità nell'area di Puglia, Basilicata e Campania nel sud Italia;

## 6.4 CENSIMENTO DEGLI IMPIANTI A BIOMASSA OPERATIVI

Per quanto riguarda l'ubicazione degli impianti che svolgono operazioni di recupero di biomassa per la produzione di energia si è fatto riferimento al portale GSE (Gestore Servizi Energetici). GSE è la società individuata dallo Stato italiano per perseguire e conseguire gli obiettivi di sostenibilità ambientale, nei due pilastri delle fonti rinnovabili e dell'efficienza energetica. Eroga servizi ai cittadini, alle imprese e alle pubbliche amministrazioni, con la realizzazione di studi di settore e attività di monitoraggio su temi energetici. Tramite il servizio ATLAIMPIANTI, è possibile accedere a un atlante geografico interattivo, che permette di consultare i principali dati sugli impianti di produzione di energia elettrica e termica, incentivati dallo stesso GSE e di verificarne l'ubicazione sul territorio nazionale. Le informazioni sugli impianti sono organizzate e suddivise per tipologia, fonte utilizzata o meccanismo di incentivazione. Dalla sezione "DATI e SCENARI" del sito GSE [67] è stato possibile, dopo filtraggio sull'area di studio, esportare in formato xls, un foglio di lavoro contenente tutti gli impianti presenti sul territorio che utilizzano biomasse solide per la conversione in energia pulita. In questo caso, per biomasse, si fa riferimento alle diverse tipologie descritte nel paragrafo 3.1 LE PRINCIPALI FILIERE BIOENERGETICHE, per tanto sono incluse anche le biomasse residuali agricole. Per ogni impianto viene riportato il comune di appartenenza e la potenza nominale espressa in kW. Interrogando l'archivio dei documenti del portale dell'Istituto Nazionale di Statistica (ISTAT) [59] invece, si è scaricato il file vettoriale contenente i comuni italiani aggiornati all'anno 2019. Importato il file sul software QGIS, si è proceduto a dimensionare quest'ultimo tramite funzione "Ritaglia", con lo Shapefile "Regioni Sud Italia" creato precedentemente, per limitare i dati di interesse solo ai comuni delle regioni analizzate nello studio. Dopo aver importato il file xls, scaricato dal portale GSE, tramite funzione join, si crea un'unione con la funzione di campo univoca data dal nome dei comuni. Successivamente è stato riversato su Excel lo Shapefile appena compilato per la creazione di una tabella pivot utile per l'analisi della potenza degli impianti per singolo comune, ove presenti e a calcolare la somma della potenza nominale degli impianti per i comuni in cui sono presenti più impianti. La mappa risultante, sulla base di una scala cromatica definita in legenda, permette di individuare la potenza nominale degli impianti a biomasse dei diversi comuni. L'elaborato creato, tramite la funzione "Crea layout di stampa" è stato salvato in formato JPEG per essere facilmente visualizzato ed esportato.

## 6.5 CONFRONTO ALGORITMI INTERNI DI QGIS CON ALGORITMI DI SOFTWARE ESTERNI

Per effettuare il confronto fra i diversi algoritmi presenti nel software QGIS, tra cui quelli nativi del programma ed alcuni esterni facenti parte di software come SAGA, GRASS, GDAL, è stato effettuato un confronto fra l'esecuzione dei diversi algoritmi. In particolare, dal software QGIS sono stati eseguiti gli algoritmi nativi del programma che sono stati utilizzati per la realizzazione di questo elaborato, e successivamente sono stati confrontati ad algoritmi di programmi esterni che svolgono le medesime funzioni per valutarne le prestazioni.

È stata creata una tabella su software Excel, per essere facilmente aggiornabile in futuro, in cui vengono confrontati i vari parametri quali:

- Software con annessa versione;
- Nome dell'algoritmo;
- Nome del layer in ingresso e nome del layer in uscita;
- Algoritmo di esecuzione;
- Tempo di esecuzione;
- Risultato in output;
- Eventuali note contenenti errori o segnalazioni.

Per ulteriore completezza, sono state aggiunte le specifiche del dispositivo utilizzato per l'esecuzione degli algoritmi, in quanto le caratteristiche del personal computer potrebbero aver influenzato il tempo di esecuzione degli algoritmi, dovuto alla mole di dati richiesti.

## 7. RISULTATI E DISCUSSIONE

Questa tesi ha quantificato la BRA disponibile e i risultati permettono una visione della distribuzione e del quantitativo di biomassa disponibile all'interno del bacino in esame. Premettendo che le biomasse derivanti dal comparto agricolo sono, come del resto il prodotto principale, strettamente legate al territorio con rese quantitative e qualitative variabili anno per anno e dipendenti da fattori climatici, morfologici, economici e antropici [68], si rileva che la stima delle biomasse ricavabili annualmente da un territorio è sempre soggetta ad una elevata incertezza.

In questo lavoro, la stima della disponibilità delle biomasse residuali agricole, per ogni regione, è stata ottenuta in base ai dati relativi alle SAU delle diverse colture, alle rese produttive medie e al rapporto prodotto/sottoprodotto.

Di seguito verranno presentati e discussi i risultati ottenuti dal presente lavoro di tesi, prima in ottica regionale, per analizzare la copertura e il quantitativo di BRA calcolato, successivamente verrà data una visione complessiva di tutto il meridione per individuare i principali bacini di approvvigionamento delle biomasse agricole e infine per trattare il confronto fra le diverse colture analizzate.



Per semplicità viene riportata qui di seguito la Tabella 4 contenente i valori di umidità % e percentuale di riutilizzo per le diverse colture regionali analizzate, recepiti dagli studi [13] e [57] poiché, essendo valori medi nazionali, assumono uguale valore per tutte le regioni.

*Tabella 4: Contenuto di umidità e percentuale di riutilizzo delle colture analizzate (fonte: Umidità da studio ENAMA, Riutilizzo da studio ITABIA)*

Coltura	Umidità %	Riutilizzo %
Frumento tenero e duro	15	70
Orzo	15	50
Avena	15	40
Mais	40	40
Pomodoro	80	5
Patata	60	5
Uva da tavola e da vino	35	10
Olive da tavola e da olio	50	10
Pesca	40	10
Ciliegia	40	10
Susina	40	10
Albicocca	40	10
Arancia	40	10
Clementine	40	10
Mela	40	10
Nocciola	40	10
Mandorla	40	10

Le informazioni circa i quantitativi annuali di biomassa effettivamente disponibile e la relativa geolocalizzazione, quando è stato possibile, a livello provinciale, rappresentano valori stimati utili per la gestione di filiere bioenergetiche nei distretti vocati alla produzione di energia da biomasse che possono essere periodicamente aggiornate in funzione delle variabili produttive, tecnologiche e legislative.

## 7.1 REGIONE ABRUZZO

L'elaborazione dei dati riferiti al territorio regionale mette in evidenza i risultati ottenuti di seguito. I valori provinciali di superficie, resa (t/ha) e indice Sp/Pp sono contenuti nella Tabella 20, Tabella 21, Tabella 22 e Tabella 23 nella sezione ALLEGATI I.

Dai valori ottenuti in Tabella 5, si nota come le principali colture siano quelle relative ai seminativi quali frumento tenero, duro e orzo con una superficie complessiva di 77325 ha, a seguire oliveti e vigneti con 41984 ha e 32529 ha rispettivamente. Queste ultime sono presenti principalmente in Provincia di Chieti. Limitata la presenza del pesco con un'estensione pari a 1816 ha.

Tabella 5: Valori di SAU, Resa (t/ha) e Indice Sp/Pp per le colture principali in Abruzzo

Regione Abruzzo						
Coltura	Sup. tot. (ha)	Resa (t/ha)	DS Resa	Sp/Pp	DS Sp/Pp	DS Residui
frumento tenero	22.605	5,0	0,26	0,7	-	0,18
frumento duro	34.345	4,5	0,35	0,7	-	0,24
orzo	20.375	4,7	0,57	0,8	-	0,45
avena	3.593	3,1	-	0,7	-	-
mais	7.681	12,3	-	1,3	-	-
patata comune	4.543	51,9	-	0,4	-	-
pomodoro	2.450	95,3	0,30	0,3	-	0,09
uva da tavola e da vino	32.529	13,4	0,76	0,3	-	0,19
olive da tavola e da olio	41.984	5,0	0,84	1,4	0,77	4,06
pesco	1.816	17,9	1,25	0,2	-	0,25

Nella Tabella 6, sono riportati i dati del quantitativo di biomassa disponibile nella Regione Abruzzo per le diverse colture.

Le produzioni agricole, influenzate dalle caratteristiche pedo-climatiche della regione, rendono rilevanti i residui delle potature degli oliveti con una quota di 130342 t/anno per la Regione Abruzzo. Seguono i residui dei vigneti con 63642 t/anno e quelli derivanti dalla coltura di mais con 62638 t/anno. Di particolare rilevanza i sottoprodotti derivanti dalla patata che, nonostante una superficie relativamente scarsa con 4543 ha, riescono a produrre una biomassa residuale pari a 35839 t/anno.

Tabella 6: Disponibilità della biomassa residua stimata e relativa incertezza di quantificazione

Regione Abruzzo				
Colture	Biomassa lorda t.q. (t)	Biomassa lorda s.s (t)	Biomassa netta s.s (t)	DS ±
frumento tenero	79.632	67.687	20.306	1.029
frumento duro	107.105	91.039	27.312	2.138
orzo	76.162	64.737	32.369	3.914
avena	7.696	6.542	3.925	-
mais	122.819	104.396	62.638	-
patata comune	94.313	37.725	35.839	-
pomodoro	70.009	14.002	13.302	42
uva da tavola e da vino	108.789	70.713	63.642	3.593
olive da tavola e da olio	289.649	144.825	130.342	76.655
pesco	6.510	3.906	3.516	245

A partire dalla carta uso del suolo è stata prodotta una mappa tematica che rappresenta la distribuzione e la quantificazione dei residui di biomassa agricola per la regione Abruzzo (Figura 9). Per la mappatura sono stati sommati i residui di vigneti, oliveti e seminativi in aree irrigue e non.

In Figura 9, si nota come nella suddivisione in celle da 5x5 km della regione Abruzzo, le coltivazioni siano maggiormente presenti in corrispondenza della costa Adriatica, probabilmente legato alla pedologia pianeggiante del territorio, con alcune eccezioni nella zona sud-est in provincia di L'Aquila con quote che arrivano a 5600 t/anno per cella.

A livello quantitativo, si vede come le celle assumono colori differenti in base alle tonnellate di residui, passando da valori minimi (ca. 0 t) a valori che arrivano a 94200 t/anno per le celle in rosso scuro in corrispondenza delle provincie di Chieti e Pescara. Nelle zone prive di celle non sono presenti coltivazioni rilevanti ai fini di tale mappatura.

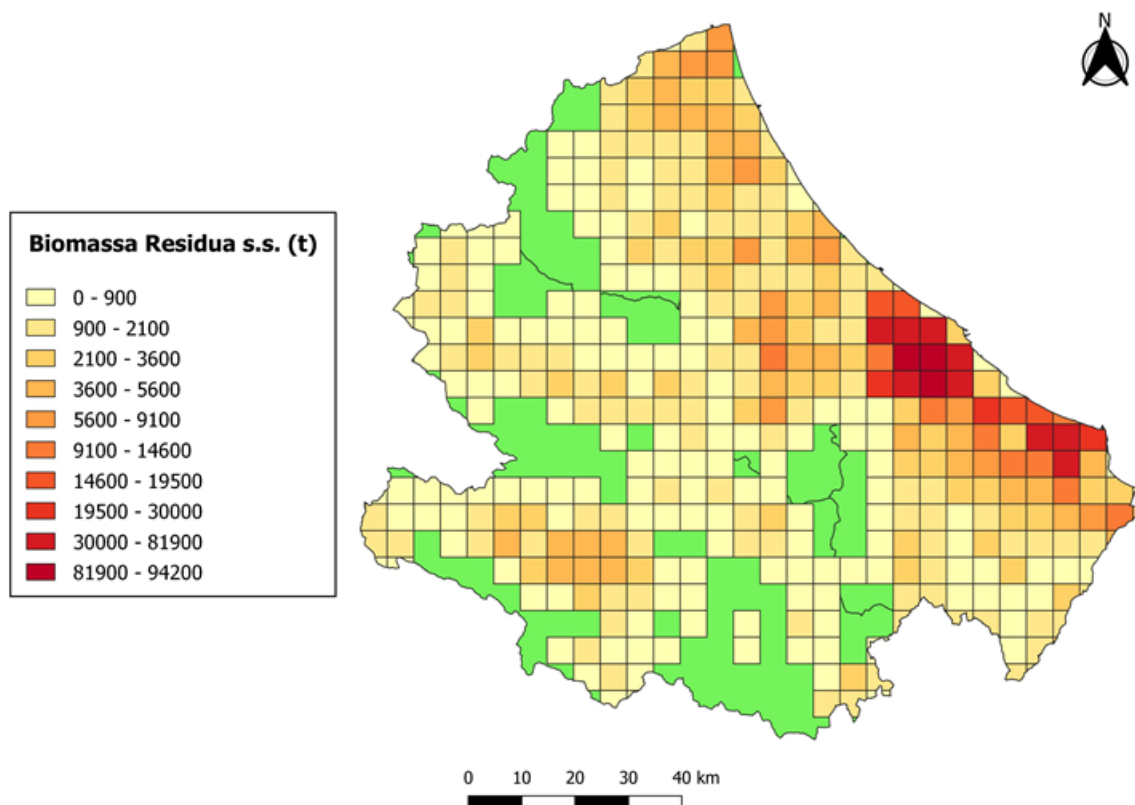


Figura 9: Distribuzione e quantificazione della Biomassa Residuale Agricola (BRA) in t<sub>ss</sub>/anno in Abruzzo prodotte da vigneti, oliveti e seminativi.

## 7.2 REGIONE BASILICATA

I valori provinciali di superficie, resa (t/ha) e indice Sp/Pp sono contenuti nella Tabella 24 e Tabella 25 nella sezione ALLEGATI I. In Tabella 7, vengono inseriti i dati utilizzati al fine di calcolare la biomassa residua disponibile nel territorio lucano. Si osservi come la coltura predominante sia quella del frumento duro con una copertura pari a 115707 ha, seguite a distanza da altre colture cerealicole quali frumento tenero, orzo e avena con 6998 ha, 17310 ha e 17200 ha rispettivamente, nonostante nell'ultimo censimento dell'agricoltura risalente al 2010 si sia evidenziata una diminuzione della superficie destinata ai cereali pari al 23,8% rispetto all'anno 2000 [69]. Seppur minore, vi è stata una diminuzione della superficie anche per quanto riguarda le colture di oliveti con valori che variano da 26587 ha nel 2018 a 28000 ha circa nel 2010 [69]. A differenza delle altre regioni, gli oliveti sono presenti con minore entità, ricoprendo un'area pari a 2027 ha. Fra i frutteti si annoverano arancia con 3798 ha e albicocca con 3758 ha, presenti per lo più in Provincia di Matera.

Tabella 7: Valori di SAU, Resa (t/ha) e Indice Sp/Pp per le colture principali in Basilicata

Regione: Basilicata						
Colture	Sup. tot. (ha)	Resa (t/ha)	DS Resa	Indice Sp/Pp	DS Sp/Pp	DS Residui
frumento tenero	6.998	4,0	0,01	1,1	0,07	0,29
frumento duro	115.707	3,5	0,18	1,1	0,07	0,31
orzo	17.310	4,5	-	1,0	-	-
avena	17.200	3,3	0,09	1,1	-	0,10
pomodoro da industria	2.148	106,2	5,82	0,3	-	1,75
uva da tavola e da vino	2.027	13,3	5,31	0,2	0,02	1,28
olive da tavola e olio	26.587	4,3	0,12	0,3	0,06	0,27
arancia	3.798	20,4	-	0,4	-	-
pesco	1.871	18,9	2,61	0,2	-	0,52
albicocca	3.758	12,1	1,98	0,1	-	0,24

Nella Tabella 8, sono mostrati i diversi quantitativi di biomassa residua lordi e netti che potenzialmente è possibile trovare sul territorio lucano con annessa incertezza di quantificazione.

Considerando il quantitativo netto di biomassa, tenuto conto del valore di umidità e della percentuale di riutilizzo, si nota come, in accordo al valore di superficie, le colture che producono maggiori residui sono quelle cerealicole come il frumento duro con 107967 t/anno, frumento tenero con 7570 t, orzo con 33326 t e avena con 31698 t/anno.

Fra le altre colture di interesse, sono da considerare l'arancia con una biomassa pari a 14615 t/anno, colture adibite a oliveti con 13042 t/anno e i residui del pomodoro pari a 13000 t/anno. I valori di incertezza mancanti per orzo e arancia sono dovuti al fatto, che i valori di Resa e Indice, sono presi da valori regionali e non da dati provinciali, restituendo quindi un valore di deviazione standard uguale a 0.

Tabella 8: Disponibilità della biomassa residua in Basilicata e relativa incertezza di quantificazione

Regione: Basilicata				
Colture	Biomassa lorda t.q. (t)	Biomassa lorda s.s (t)	Biomassa netta s.s (t)	DS ±
frumento tenero	29.686	25.233	7.570	510
frumento duro	423.401	359.891	107.967	9.103
orzo	78.414	66.652	33.326	-
avena	62.152	52.829	31.698	887
pomodoro da industria	68.419	13.684	13.000	713
uva da tavola e da vino	6.338	4.120	3.708	1.517
olive da tavola e olio	28.983	14.492	13.042	3.276
arancia	27.065	16.239	14.615	-
pesco	7.056	4.233	3.810	527
albicocca	5.452	3.271	2.944	482

La Figura 10 mostra la distribuzione e la quantificazione della BRA in sostanza secca in Basilicata a partire da coltivazioni come oliveti, vigneti e seminativi semplici in aree irrigue e asciutte. Dall'immagine ottenuta si ha una distribuzione della biomassa agricola più o meno omogenea nel territorio lucano, con valori che variano da un minimo fino a circa 50 mila tonnellate all'anno per singola cella 5x5km. Dalla loro colorazione, si vede come quelle che presentano all'interno maggior residuo, siano in corrispondenza della costa Adriatica con un graduale abbassamento dei valori nelle zone più interne della provincia di Potenza, dovuto principalmente anche in questo caso alla morfologia del territorio non più prevalentemente pianeggiante. In particolare, le celle che presentano la colorazione rosso scuro sono quasi tutte a ridosso della linea di riva.

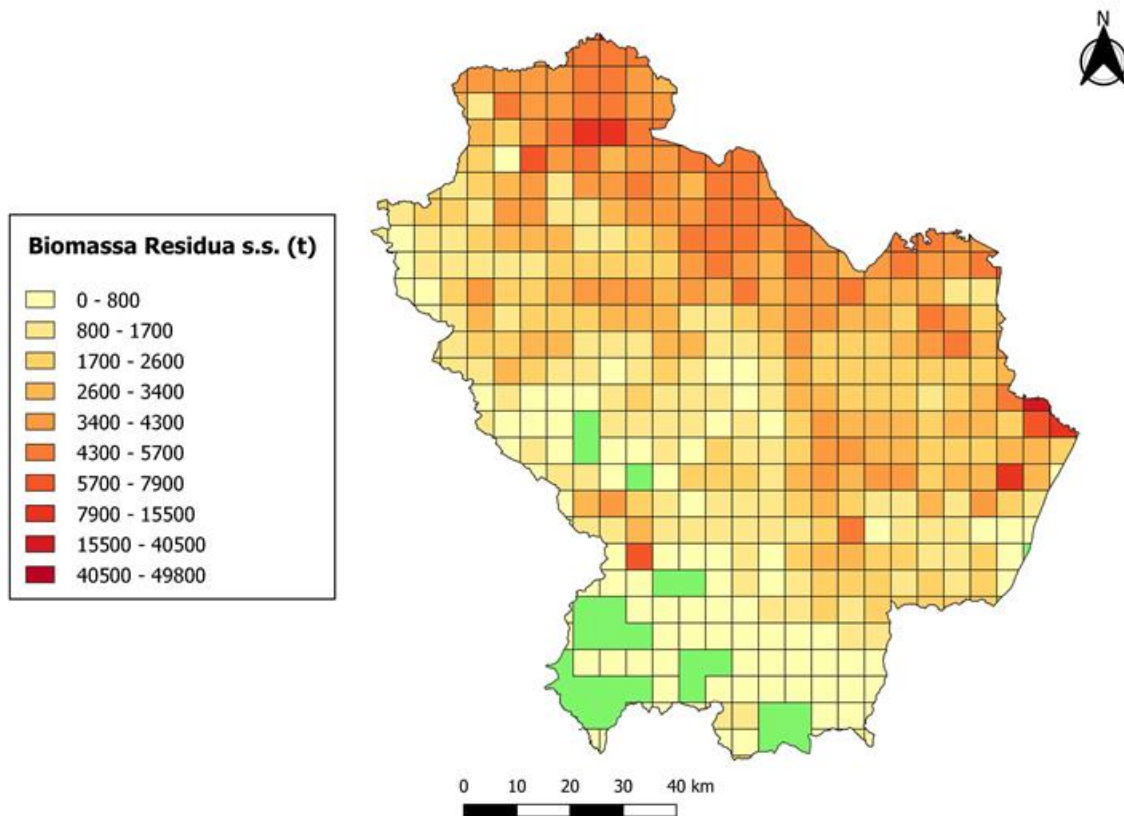


Figura 10: Distribuzione e quantificazione della Biomassa Residuale Agricola (BRA) in  $t_{ss}/\text{anno}$  in Basilicata prodotte da vigneti, oliveti e seminativi.

## 7.3 REGIONE CALABRIA

L'elaborazione dei dati riferiti al territorio regionale mette in evidenza i risultati ottenuti di seguito. I valori provinciali di superficie, resa (t/ha) e indice Sp/Pp sono contenuti nella Tabella 26, Tabella 27, Tabella 28, Tabella 29 e Tabella 30 nella sezione ALLEGATI I.

Per la Regione Calabria, nella Tabella 9, sono presenti i dati utili a calcolare il quantitativo di biomassa residua disponibile per l'intero territorio regionale. A causa della mancanza di dati di resa (t/ha) a livello provinciale, la deviazione standard della maggior parte delle colture è uguale a 0, tranne che per gli oliveti. Probabilmente ciò è dovuto alla mancanza di studi effettuati per calcolare la resa delle colture analizzate.

A differenza delle regioni precedenti, nel territorio calabrese, l'estensione dei seminativi, ricopre una superficie minore, arrivando a coprire una porzione di circa 50 mila ha per frumento tenero e duro, orzo, avena e mais. Il ruolo predominante è dell'olivo con una copertura pari a 184.529 ha, rimasto pressoché stabile dal 6° Censimento dell'agricoltura nel 2010 in cui la superficie olivetata era circa di 186 mila ha [70]. Oltre all'olivo, anche le aziende agrumicole rivestono notevole importanza dal punto di vista della copertura regionale ed in particolare per quelle di arancia e clementina con una superficie rispettivamente di 16.360 ha e 15.744 ha con una resa del prodotto principali che si aggira intorno alle 21 t/ha.

Tabella 9: Valori di SAU, Resa (t/ha) e Indice Sp/Pp per le colture principali in Calabria

Regione: Calabria						
Colture	Sup. tot. (ha)	Resa (t/ha)	DS Resa	Sp/Pp	DS Sp/Pp	DS Residui
frumento tenero	10.269	6,8	-	1,0	-	-
frumento duro	23.916	5,4	-	1,1	0,30	1,60
orzo	7.805	5,9	-	1,2	0,08	0,46
avena	12.817	3,1	-	0,4	0,03	0,08
mais	4.259	12,3	-	1,2	0,17	2,12
patata comune	4.489	45,1	-	0,4	-	-
uva da tavola e da vino	8.817	14,2	-	0,4	0,02	0,33
olive da tavola e olio	184.529	2,1	0,40	1,1	0,32	0,81
arancia	16.360	23,5	-	0,4	0,07	1,58
clementine	15.744	20,0	-	0,3	0,09	1,89



In Tabella 10 vengono riportati il quantitativo lordo di biomassa tal quale prima, il quantitativo lordo e netto di biomassa in sostanza secca poi. L'olivo è la coltura che produce maggiore con un valore pari a 198714 t/anno di biomassa in sostanza secca. Le colture che producono i maggiori residui sono quelle agrumicole di arancia e clementine. Le prime producono una biomassa pari a 76017 t/anno, le seconde un valore di 57132 t/anno, a causa di un fattore di riutilizzo del 10% per la sola alimentazione animale, facendo sì che la maggior parte del residuo, possa essere usato per altri scopi, per esempio la conversione energetica.

La percentuale di riutilizzo per i seminativi, pari al 70% ed impiegati principalmente per alimentazione animale e per la lettiera di ricovero animale, invece, porta una minore presenza di questa biomassa, con il solo frumento duro che supera una quota di 35 mila t/anno.

Tabella 10. Disponibilità della biomassa residua in Calabria e relativa incertezza di quantificazione

Regione: Calabria				
Colture	Biomassa lorda t.q. (t)	Biomassa lorda s.s (t)	Biomassa netta s.s (t)	DS ±
frumento tenero	69.418	59.006	17.702	-
frumento duro	146.735	124.725	37.417	9.756
orzo	56.365	47.910	23.955	1.526
avena	15.060	12.801	7.681	540
mais	63.177	37.906	22.744	3.246
patata comune	80.910	32.364	30.746	-
uva da tavola e da vino	51.188	33.272	29.945	1.713
olive da tavola e olio	441.587	220.793	198.714	67.386
arancia	140.772	84.463	76.017	13.979
clementine	105.800	63.480	57.132	16.068

La mappa di distribuzione dei residui riportata in Figura 11, mostra un quantitativo di BRA che nelle singole celle 5x5km arriva sino a un valore di 36300 t/anno per pochi casi ed in particolare nelle vicinanze del confine regionale con Puglia e Basilicata. Per il resto, si osserva, una maggiore presenza di residui, a ridosso della costa, sia ionica che tirrenica, e un'assenza di coltivazioni in alcune zone centrali della regione. In particolare, le provincie di Cosenza e Crotona, sembrano mostrare una maggiore presenza di BRA sia in termini di copertura che in termini di quantità.

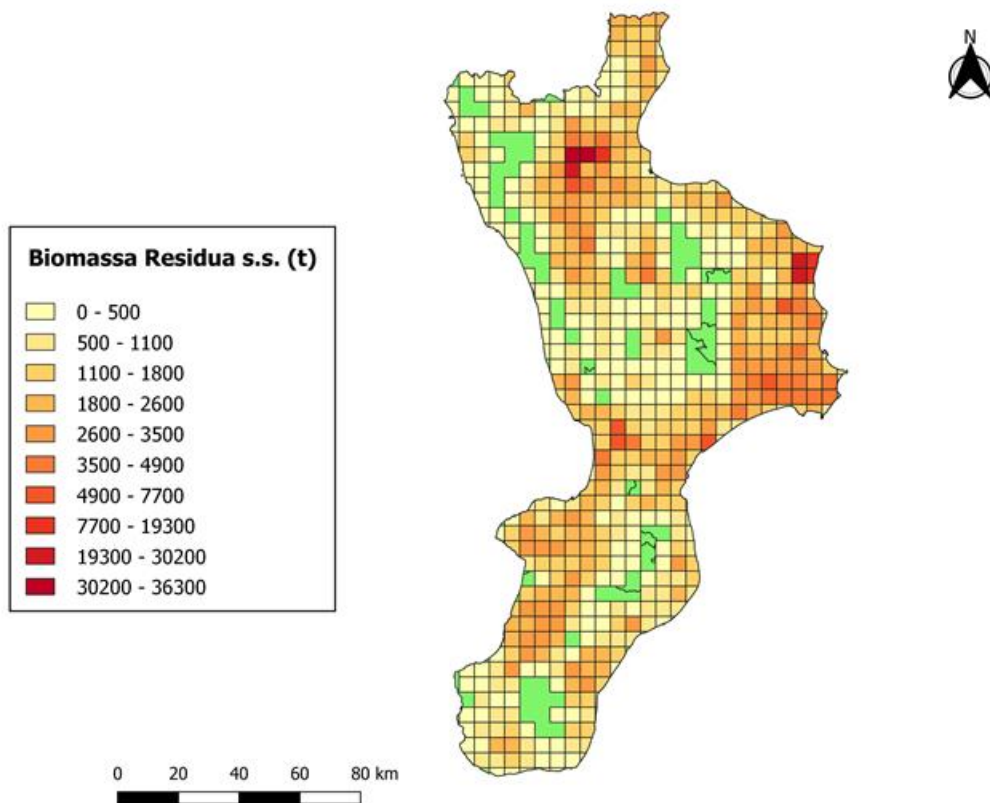


Figura 11: Distribuzione e quantificazione della Biomassa Residuale Agricola (BRA) in t<sub>ss</sub>/anno in Calabria prodotte da vigneti, oliveti e seminativi.

## 7.4 REGIONE CAMPANIA

L'elaborazione dei dati riferiti al territorio regionale mette in evidenza i risultati ottenuti di seguito. I valori provinciali di superficie, resa (t/ha) e indice Sp/Pp sono contenuti nella Tabella 31, Tabella 32, Tabella 33, Tabella 34 e Tabella 35 nella sezione ALLEGATI I.

Nella Tabella 11 vengono inseriti i dati dall'analisi ottenuta. Per le colture cerealicole, quella che presenta una maggiore copertura è il frumento duro con 55999 ha, con quote di maggioranza nella provincia di Avellino (31800 ha); le altre, fra cui frumento tenero, orzo, avena e mais, sono in un range che va dai 10 mila ai circa 17 mila ha.

Il tipo di pratica agricola maggiormente presente a livello regionale è rappresentata dagli olivi con una copertura totale di 75913 ha. Di questi, in particolare, 43020 ha si trovano solo nella provincia di Salerno. Rispetto ai dati presentati dal 6° Censimento dell'Agricoltura si osserva, a differenza della tendenza nazionale, un aumento seppur minimo per quanto riguarda la copertura degli oliveti (72623 ha nel 2010) [71]. Fra le altre colture si citano, i vigneti con una superficie di 25555 ha, gli alberi da pesco con una copertura pari a 15695 ha e quelli che producono nocciole pari a 21291 ha.

Tabella 11: Valori di SAU, Resa (t/ha) e Indice Sp/Pp per le colture principali in Campania

Regione Campania						
Colture	Sup. Tot (ha)	Resa (t/ha)	DS Resa	Sp/Pp	DS Sp/Pp	DS Residui
frumento tenero	16.778	4,5	0,33	1,1	0,09	0,53
frumento duro	55.999	3,5	0,12	1,1	0,04	0,21
orzo	12.954	5,1	0,05	0,8	-	0,04
avena	9.966	3,0	-	0,7	0,09	0,27
mais	13.788	11,8	-	1,3	-	-
patata comune	5.127	42,5	-	0,4	-	-
uva da tavola e da vino	25.555	9,6	1,16	0,3	0,04	0,57
olive da tavola e olio	75.913	3,4	0,53	0,9	0,17	0,74
pesco	15.695	23,5	0,21	0,2	-	2,57
nocciola	21.291	1,7	0,23	1,9	-	1,51

Nella Tabella 12, vengono inseriti i dati ottenuti per il calcolo della biomassa residua disponibile all'interno del territorio regionale campano con rispettiva incertezza di quantificazione. La coltura da cui è possibile ottenere più biomassa, in accordo con il valore di superficie è l'olivo con le sue 103027 t/anno di sostanza netta e secca.

A seguire troviamo il mais, con 76027 t/anno, dovuto a una resa molto alta rispetto alle altre colture cerealicole (11,8 t/ha), il frumento duro con 56953 t/anno, pesca e nocciola con 39824 t e 37092 t/anno rispettivamente e i residui derivanti dai vigneti con 48582 t/anno.

Si nota come, l'incertezza di quantificazione per pesca e nocciola, presenti un valore molto alto, confrontato al quantitativo netto di biomassa disponibile.

Tabella 12: Disponibilità della biomassa residua, in Campania e relativa incertezza di quantificazione

Regione Campania				
Colture	Biomassa lorda t.q. (t)	Biomassa lorda s.s (t)	Biomassa netta s.s (t)	DS ±
frumento tenero	79.775	67.809	20.343	2.255
frumento duro	223.346	189.844	56.953	2.973
orzo	52.914	44.977	22.489	206
avena	22.272	18.931	11.359	1.373
mais	211.687	127.012	76.207	-
patata comune	87.097	34.839	33.097	-
uva da tavola e da vino	83.047	53.980	48.582	8.472
olive da tavola e olio	228.949	114.475	103.027	25.285
pesco	73.748	44.249	39.824	21.815
nocciola	68.689	41.213	37.092	17.346

Per la georeferenziazione delle colture, è stata creata la Figura 12, che descrive la distribuzione regionale delle colture analizzate e in particolare per quelle di oliveti, vigneti e seminativi semplici in aree irrigue e non, che rappresentano le pratiche colturali più diffuse.

A differenza delle altre regioni, in questo caso i valori di residui si assestano a un valore relativamente basso per la biomassa disponibile, arrivando a un massimo di 11300 t/anno all'interno delle celle di 5x5km. Le celle di colore rosso scuro, che rappresentano il massimo contenuto di biomassa, sono diffuse in modo quasi omogeneo all'interno della regione, con maggioranza nelle provincie di Avellino, Caserta e Benevento. In corrispondenza invece, della provincia di Napoli, si assiste a una minore presenza di pratiche colturali, così come si può vedere dalla mappa tematica per la mancanza di celle colorate.

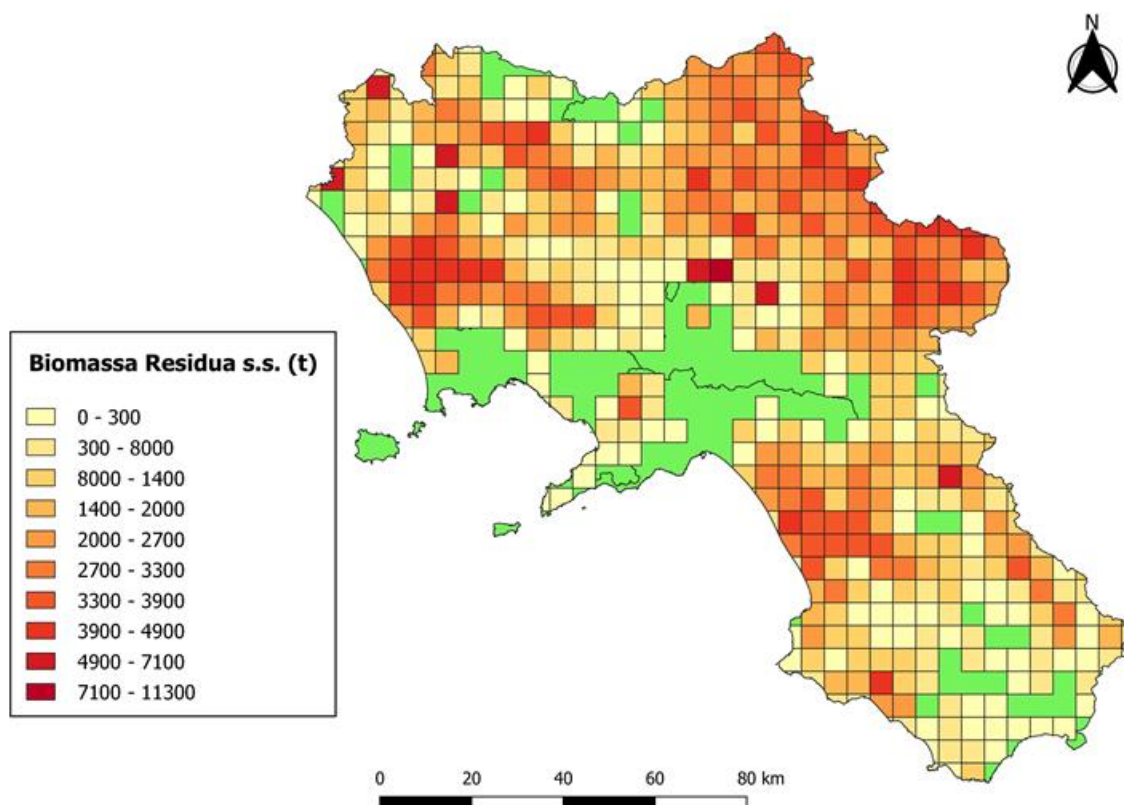


Figura 12: Distribuzione e quantificazione della Biomassa Residuale Agricola (BRA) in t<sub>ss</sub>/anno in Campania prodotte da vigneti, oliveti e seminativi.

## 7.5 REGIONE MOLISE

L'elaborazione dei dati riferiti al territorio regionale mette in evidenza i risultati ottenuti di seguito. I valori provinciali di superficie, resa (t/ha) e indice Sp/Pp sono contenuti nella Tabella 36 e Tabella 37 nella sezione ALLEGATI I.

Dalla Tabella 13, mostrano una maggiore presenza di colture seminative ed in particolare del frumento duro con il valore massimo pari a 60000 ha.

Le colture di oliveti ricoprono una superficie di 14335 ha mentre risulta scarsa la pratica dei vigneti con solo 5535 ha. Quasi nullo il contributo dei frutteti, con mela, pesca e susina con valori di superficie che non arrivano ai 300 ha. La ripartizione delle macro-colture sul territorio dell'intera regione, sono influenzate dalla geomorfologia del territorio: la provincia di Campobasso è, infatti, caratterizzata prevalentemente da pianure e colline e, quindi, più predisposta alla coltivazione di seminativi e oliveti, mentre la provincia di Isernia, maggiormente montuosa, favorisce la coltivazione delle specie legnose di origine forestale [72]. In particolare, dei 60 mila ha di frumento duro, 58000 ha si trovano in provincia di Campobasso, e lo stesso vale per i vigneti con gli 11720 ha nella provincia di Campobasso contro i 2615 ha nella provincia di Isernia.

Tabella 13. Valori di SAU, Resa (t/ha) e Indice Sp/Pp per le colture principali in Molise

Regione Molise						
Colture	Sup. tot. (ha)	Resa (t/ha)	DS Resa	Sp/Pp	DS Sp/Pp	DS Residui
frumento tenero	3.600	5,0	-	0,9	0,04	0,18
frumento duro	60.000	4,5	0,01	0,8	0,01	0,06
orzo	1.650	5,1	-	0,8	0,02	0,11
mais	1.500	12,3	-	0,8	0,04	0,43
pomodoro da industria	940	91,8	-	0,3	-	-
uva da tavola e da vino	5.535	16,7	-	0,4	0,07	1,18
olive da tavola e da olio	14.335	5,0	0,13	0,7	0,04	0,20
mela	290	50,7	-	0,2	-	-
pesco	210	17,0	-	0,3	0,09	1,57
susina	135	16,6	-	0,1	-	-

Nella Tabella 14, vengono riportati i risultati ottenuti per il calcolo della biomassa disponibile tal quale prima, ed espressa in sostanza secca poi.

La pratica colturale che produce più residuo è quella del frumento duro con 55459 t/ anno e con un'incertezza di 3812 t/anno, con le altre colture di seminativi come frumento tenero, orzo e mais con valori relativamente bassi (4254 t, 2909 t e 7292 t/anno rispettivamente).

Seguono gli oliveti con 21880 t/anno e i vigneti con 14576 t/anno. Le altre colture non presentano residui significativi, con valori che variano dalle centinaia fino alle circa 7 mila tonnellate.

Tabella 14: Disponibilità della biomassa residua in Molise e relativa incertezza di quantificazione

Regione Molise				
Colture	Biomassa lorda t.q. (t)	Biomassa lorda s.s (t)	Biomassa netta s.s (t)	DS ±
frumento tenero	16.683	14.181	4.254	163
frumento duro	217.485	184.862	55.459	972
orzo	6.845	5.818	2.909	76
mais	14.299	12.154	7.292	333
pomodoro da industria	25.899	5.180	4.921	-
uva da tavola e da vino	32.391	21.054	18.949	3.828
olive da tavola e da olio	48.623	24.311	21.880	1.287
mela	2.207	1.324	1.192	-
pesco	948	569	512	178
susina	225	135	121	-

L'analisi spaziale GIS, che prevede la creazione di mappe tematiche, per analizzare la distribuzione e la quantificazione regionale delle colture, ha prodotto la Figura 13.

L'analisi spaziale conferma le considerazioni fatte in precedenza, ed in particolare di come la maggior parte delle colture si trovano in provincia di Campobasso nel lato nord-est.

I valori, nelle celle di 5x5km, variano da un minimo fino a un massimo pari a 88400 t/anno per pochi casi isolati. Guardando verso la provincia di Isernia si osserva un graduale abbassamento dei residui proprio in corrispondenza del confine provinciale, con poche celle che arrivano a valori di 3500 t, per il resto prevale la colorazione giallo chiaro con un range che va da 0 a 700 t/anno, evidenziando quindi la differenza sulla presenza delle coltivazioni fra le due provincie molisane.

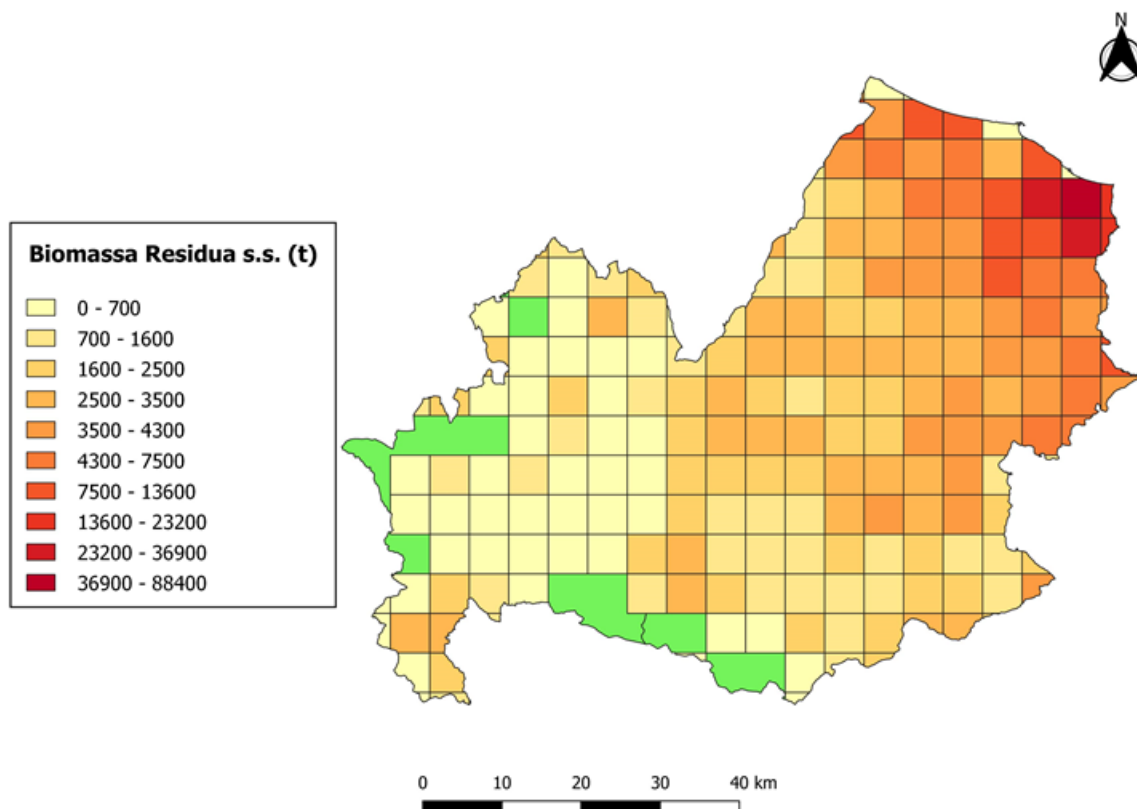


Figura 13: Distribuzione e quantificazione della Biomassa Residuale Agricola (BRA) in t<sub>ss</sub>/anno in Molise prodotte da vigneti, oliveti e seminativi.



## 7.6 REGIONE PUGLIA

L'elaborazione dei dati riferiti al territorio regionale mette in evidenza i risultati ottenuti di seguito. I valori provinciali di superficie, resa (t/ha) e indice Sp/Pp sono contenuti nella Tabella 38, Tabella 39, Tabella 40, Tabella 41, Tabella 42 Tabella 43 nella sezione ALLEGATI I.

La Tabella 15, riporta i dati delle dieci colture maggiormente diffuse nel territorio regionale.

Rispetto alle altre regioni, la Puglia, si caratterizza per avere la maggiore copertura destinata ad uso agricolo ed in particolare i dati per provincia risultano eterogenei all'interno del territorio regionale evidenziando importanti specializzazioni produttive fra le diverse province. I seminativi fra cui, frumento tenero e duro, orzo e avena ricoprono superficie totale di 408350 ha, con valori che arrivano a 345500 ha per il frumento duro. Di questi, 240000 ha, si trovano unicamente nella provincia di Foggia, e in proporzione minore nelle altre province.

La pratica agricola più diffusa è rappresentata dagli oliveti con una copertura regionale di 382150 ha, divise principalmente in due province: in quella di Bari con 99500 ha e in quella di Lecce con 95980 ha. I vigneti ricoprono una porzione di territorio agricolo pari a 84830 ha ridistribuiti principalmente fra le province di Foggia, Barletta-Andria-Trani e Taranto.

Fra i frutteti analizzati, di significativa grandezza, quella del ciliegio con 18449 ha e del mandorlo con 19858 ha.

Tabella 15: Valori di SAU, Resa (t/ha) e Indice Sp/Pp per le colture principali in Puglia

Regione Puglia						
Colture	Sup. tot. (ha)	Resa (t/ha)	DS Resa	Sp/Pp	DS Sp/Pp	DS Residui
frumento tenero	15.300	4,0	0,22	1,1	0,05	0,31
frumento duro	345.500	3,5	0,08	1,1	0,09	0,33
orzo	22.700	3,3	-	1,1	-	-
avena	24.850	5,1	0,65	1,1	0,05	0,78
pomodoro	18.340	95,0	7,39	0,3	-	2,22
uva da tavola e da vino	84.830	18,4	7,93	0,3	0,03	2,28
olive da tavola e da olio	382.150	4,1	0,73	0,3	0,09	0,45
ciliegio	18.449	5,3	0,08	0,2	-	0,02
pesco	3.150	20,0	1,33	0,2	-	0,27
mandorlo	19.858	2,2	-	1,0	-	-

Nella Tabella 16, vengono riportati i risultati ottenuti per il calcolo della biomassa agricola disponibile nel territorio pugliese per le colture analizzate. Viene definito il quantitativo di biomassa tal quale e in sostanza secca, più l'incertezza di quantificazione scaturita dalla variabilità dei dati provinciali. Fra i seminativi, i principali residui derivano da frumento duro con 343394 t/anno e dall'avena con 73612 t/anno. Nelle colture legnose invece, si distinguono gli oliveti con una produzione di biomassa potenziale di 316350 t/anno e i vigneti con 254218 t/anno. Di notevole importanza, gli scarti provenienti dalla patata con valori di 99301 t/anno, a causa della resa molto alta (95 t/ha) e ad un riutilizzo per altre pratiche uguale al 5%. Si nota inoltre, un elevato coefficiente di incertezza per quanto riguarda frumento duro, oliveti e vigneti, dovuto principalmente alla notevole superficie ricoperta da queste colture.

Tabella 16: Disponibilità della biomassa residua in Puglia e relativa incertezza di quantificazione

Regione Puglia				
Colture	Biomassa lorda t.q. (t)	Biomassa lorda s.s (t)	Biomassa netta s.s (t)	DS ±
frumento tenero	65.661	55.812	16.744	1.228
frumento duro	1.346.644	1.144.647	343.394	29.028
orzo	81.402	69.192	34.596	-
avena	144.337	122.687	73.612	9.913
pomodoro	522.635	104.527	99.301	7.727
uva da tavola e da vino	434.561	282.464	254.218	113.216
olive da tavola e da olio	540.769	270.384	243.346	78.036
ciliegio	19.581	11.748	10.573	163
pesco	12.574	7.544	6.790	453
mandorlo	41.126	24.676	22.208	-

Dalla Figura 14, ottenuta per l'analisi GIS tramite il Software QGIS, si possono trarre delle conclusioni in accordo con le considerazioni tenute prima. La regione Puglia risulta, quasi completamente interessata dalla pratica agricola per le tre colture principali quali, vigneti, oliveti e seminativi semplici in aree irrigue e non, a parte alcune piccole zone del Gargano, in provincia di Foggia. I valori, all'interno delle celle 5x5km, sono i più alti registrati tra le diverse regioni, con dati che arrivano anche a 101700 t per cella. La distribuzione dei residui, media regionale, sembra essere intorno ai valori che vanno dai 7 mila t. ai 22 mila t per cella, e le province caratterizzate da un maggior residuo disponibile sono quelle di Foggia e di Bari, quelle con minore potenzialità sono Taranto e Brindisi.

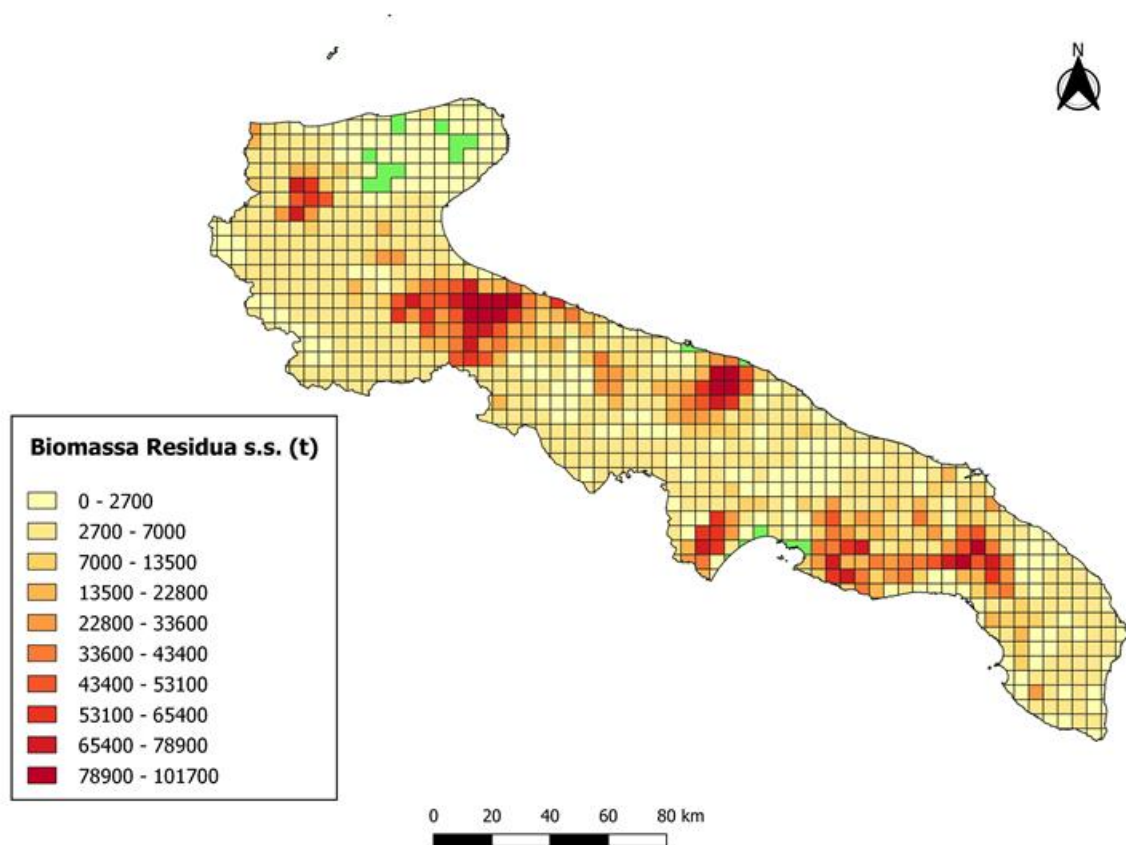


Figura 14: Distribuzione e quantificazione della Biomassa Residuale Agricola (BRA) in t<sub>ss</sub>/anno in Puglia prodotte da vigneti, oliveti e seminativi.

## 7.7 SUD ITALIA

Per definire la localizzazione e la densità delle BRA delle principali colture agrarie nell'intera area del mezzogiorno peninsulare sono stati utilizzati gli stessi dati impiegati per la determinazione, su base regionale: le rese produttive delle diverse colture (t/ha), il rapporto Sp/Pp, il contenuto di umidità e le percentuali di utilizzo. Le funzionalità presenti nel software open source QGIS, che permettono di interfacciare i dati digitalizzati con le carte d'uso del suolo, hanno consentito di creare una mappa tematica unica per l'intera area di studio mantenendo la matrice a griglia con celle corrispondenti a aree di 5x5 km. Ciò è stato possibile tramite la creazione di un foglio di lavoro che ha comparato gli indici e i valori medi regionali di stima della disponibilità delle biomasse agricole residuali in sostanza secca. Tale mappa è riportata in Figura 15.

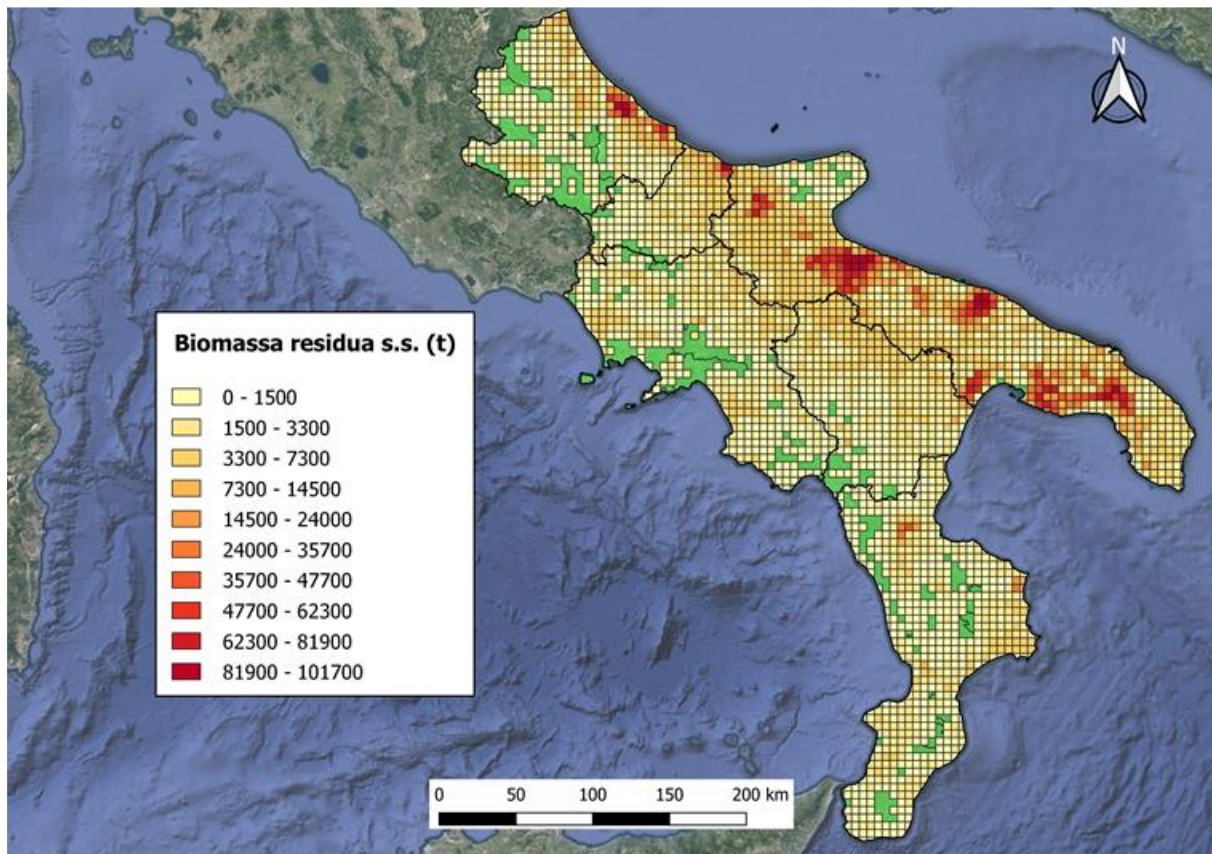
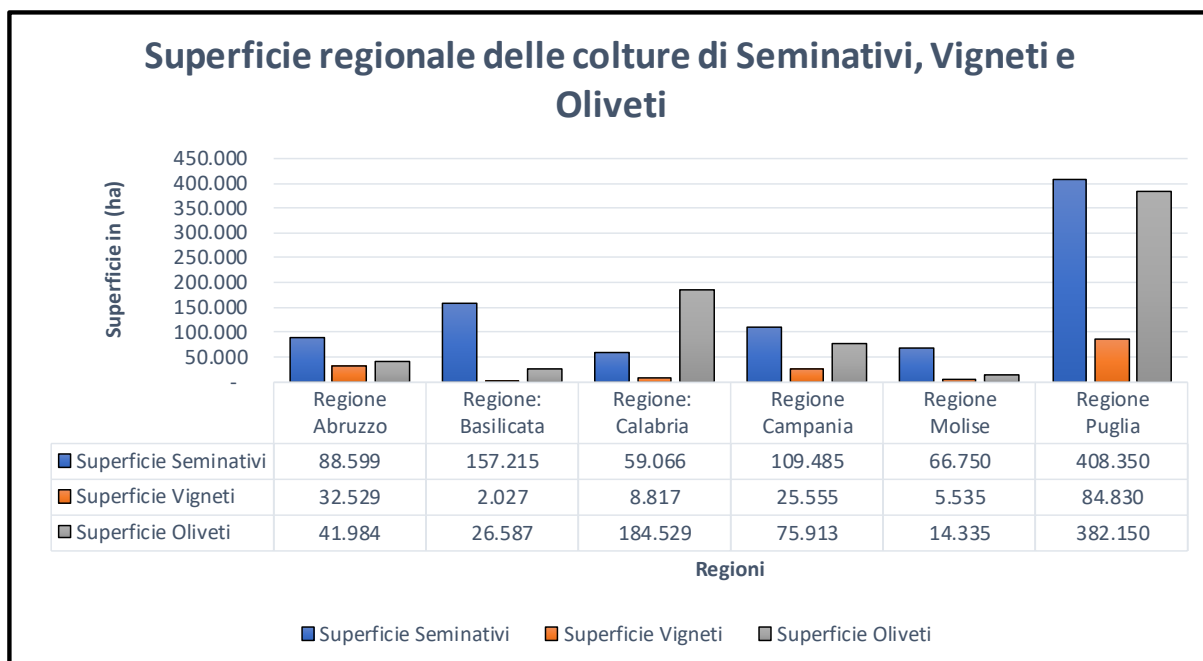


Figura 15: Distribuzione e quantificazione della Biomassa Residuale Agricola (BRA) in  $t_{ss}/\text{anno}$  in Sud Italia prodotte da vigneti, oliveti e seminativi.

La mappa denota, attraverso la diversa colorazione delle celle, una situazione piuttosto eterogenea nelle diverse regioni. Le celle caratterizzate da una colorazione più intensa indicano una maggior quantitativo di residuo e sono maggiormente concentrate in Puglia (dove si riscontra il valore maggiore con 101770 t/anno di BRA secca in una cella di 5x5km) e lungo il litorale adriatico dell'Abruzzo e del Molise. Nella regione Puglia, la mappa mette in evidenza una situazione a "macchia di leopardo" che è ampiamente giustificata dalle caratteristiche geomorfologiche e pedologiche del territorio e dalle peculiarità delle produzioni colturali che caratterizzano il Tavoliere delle Puglie, le Murge e il Salento. La mappa, facilmente aggiornabile con dati più recenti, permette di visualizzare rapidamente le aree con maggiore disponibilità e può rappresentare un utile strumento di informazione per la pianificazione logistica, su base interregionale, di progetti di valorizzazione a fini energetici delle biomasse, quali impianti di conversione energetica e depositi di stoccaggio. Per ottenere una più specifica caratterizzazione della diffusione delle principali colture nelle diverse regioni a partire dall'elaborazione dei dati superficiali provenienti dal portale ISTAT, su software Excel, si è creato il seguente grafico a barre (Figura 16) che mette in evidenza la differenza di copertura fra le diverse regioni delle principali colture analizzate per l'analisi spaziale, quali seminativi, oliveti e vigneti. In particolare, sono stati usati i valori di superficie in ha, riportati precedentemente nelle tabelle regionali. Per i seminativi, sono stati considerati in tutte le regioni, frumento duro, tenero e orzo, in quanto onnipresenti. La copertura di avena e mais invece, è stata considerata solo per le regioni in cui tali valori erano presenti. Nonostante ciò, il risultato finale non è stato influenzato. Le altre colture non vengono considerate in quanto, per la ridotta estensione della SAU, sono da considerarsi marginali.



*Figura 16: Superficie regionale in ha delle colture di Seminativi, Oliveti e Vigneti*

Il grafico mostra che la regione Puglia fa registrare i più elevati valori di SAU per tutte e tre le colture considerate; per la Basilicata si evidenzia una notevole preponderanza dei seminativi che sono maggiormente rappresentati anche nelle regioni Abruzzo, Molise e Campania; in Calabria sono invece maggiormente diffusi gli oliveti con una superficie pari a circa 200 mila ha. Infine, si nota, come fra le tre colture analizzate, quella dei vigneti, rappresenta la pratica colturale meno diffusa in tutto il Sud Italia. Ripetendo lo stesso procedimento, considerando questa volta il quantitativo di biomassa ottenuto per ogni singola regione e la relativa incertezza di quantificazione, si ottengono i diagrammi che permettono di stimare la quota di residui effettivamente valorizzabili. In Figura 17 è messa a confronto la biomassa netta in sostanza secca prodotta dai seminativi nelle diverse regioni. Anche in questo caso, sono state prese in considerazione le colture di frumento duro, tenero, orzo e quelle di avena e mais ove presenti. I quantitativi di tali residui sono stati sommati tra di loro per raggiungere il valore riportato in figura e anche il valore dell'incertezza di quantificazione è stata la somma delle diverse frazioni. Si può notare come in Puglia, con oltre 450 mila tonnellate, i valori di residui da seminativi raggiungono quote molto più elevate rispetto ai quantitativi di tutte le altre regioni. Per Abruzzo, Basilicata, Calabria e Campania i quantitativi rilevati sono compresi tra 100000 e 200000 tonnellate, in Molise il quantitativo di residuo scende al di sotto delle 70 mila tonnellate.

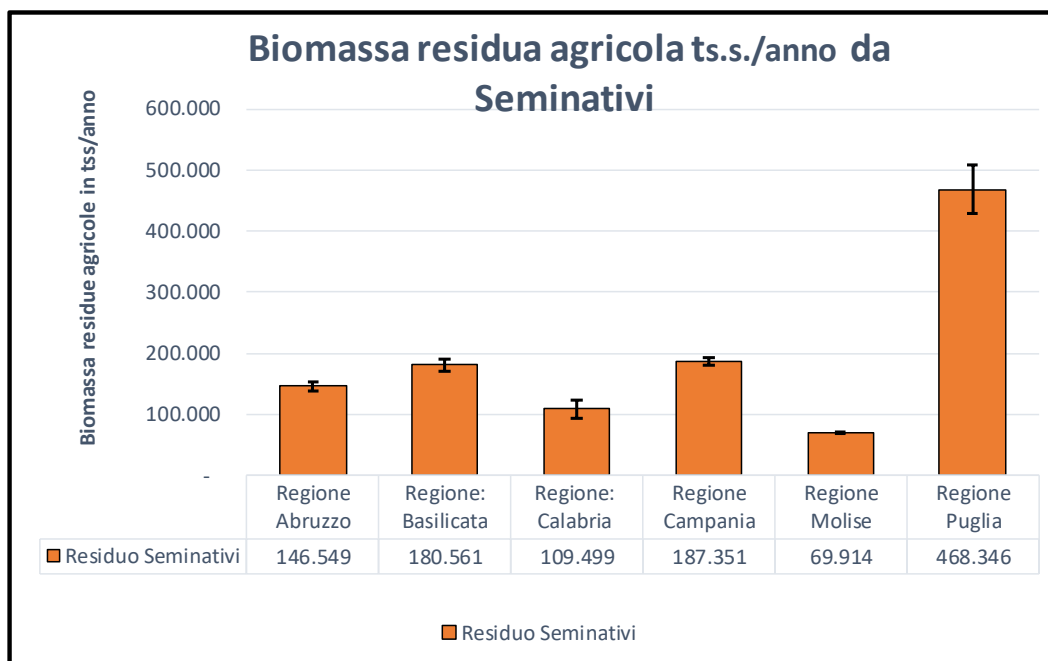


Figura 17: Quantificazione della Biomassa Residuale Agricola (BRA) in t<sub>ss</sub>/anno in Sud Italia prodotte da seminativi.

In Figura 18, vengono comparati i quantitativi di biomassa netta in sostanza secca riferiti ai vigneti. Anche in questo caso la Puglia è l'unica regione ad avere valori significativi ed in particolare superiori alle 250 mila tonnellate. Fra le altre regioni, l'Abruzzo presenta un residuo superiore alle 60 mila tonnellate, mentre, nelle restanti regioni il residuo dei vigneti è decisamente ridotto con valori che vanno dalle 48 mila tonnellate della Campania alle sole 2 mila tonnellate della Basilicata.

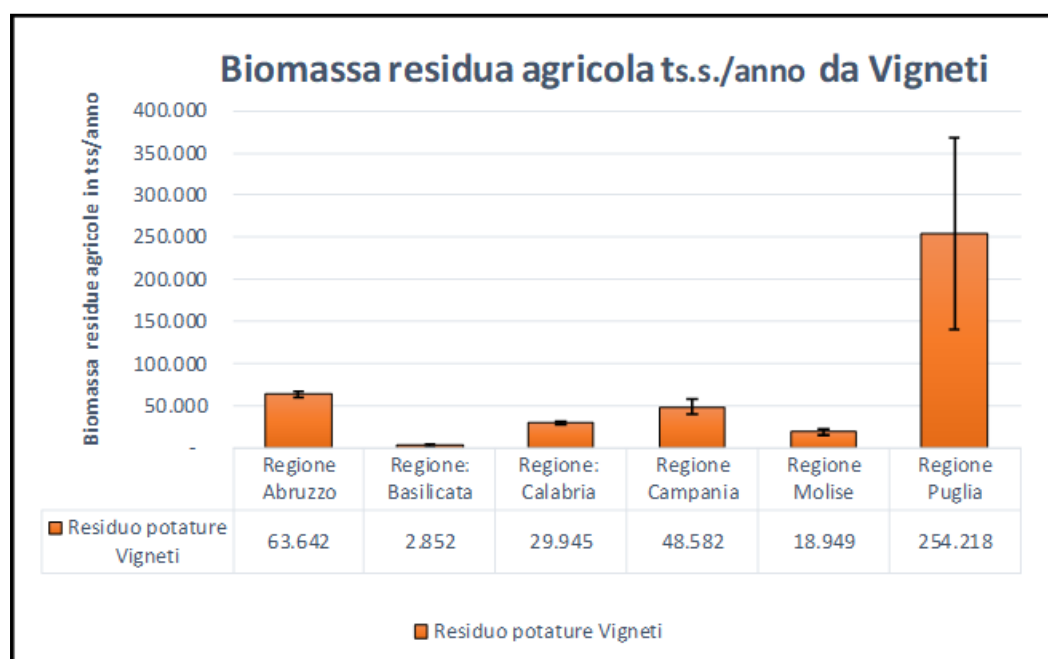


Figura 18: Quantificazione della Biomassa Residuale Agricola (BRA) in t<sub>ss</sub>/anno in Sud Italia prodotte da vigneti



Infine, in Figura 19, viene messo a confronto il residuo degli oliveti delle diverse regioni. Anche per questa coltura, la Puglia risulta essere la maggiore produttrice di biomassa, con una quota poco superiore alle 300 mila tonnellate. La Calabria si attesta su valori di circa 200 mila tonnellate, e le Regioni Abruzzo e Campania tra le 130 mila e le 100 mila tonnellate. Si nota inoltre che il contributo delle regioni Basilicata e Molise è trascurabile rispetto alle altre regioni, con valori che non superano le 25 mila tonnellate.

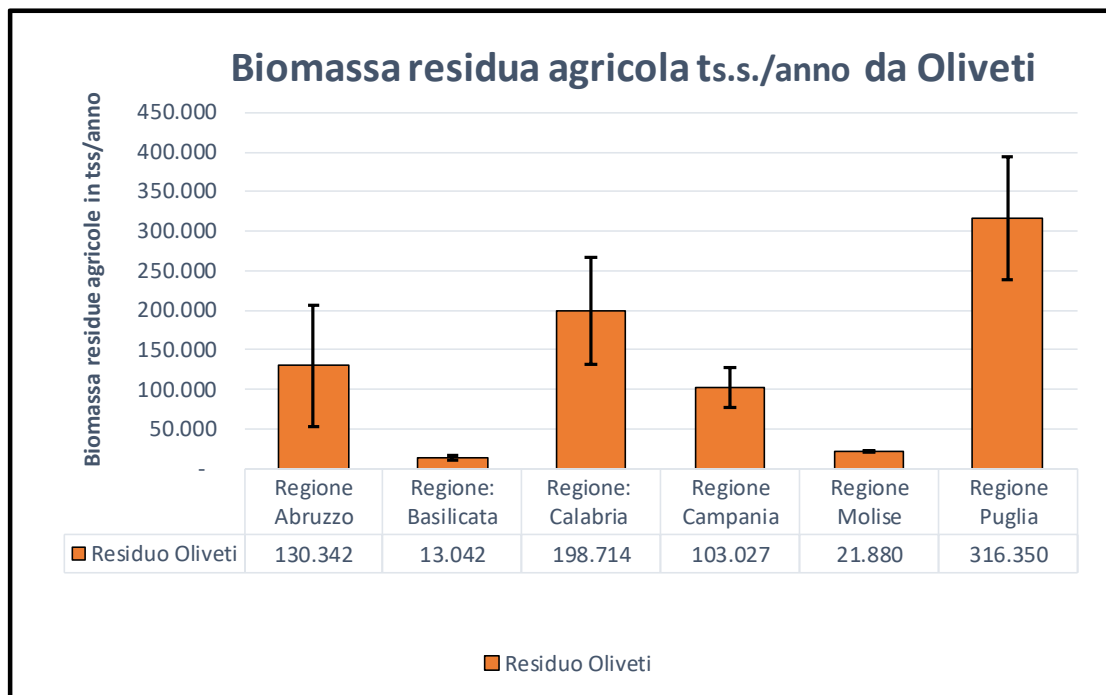


Figura 19: Quantificazione della Biomassa Residuale Agricola (BRA) in ts/anno in Sud Italia prodotte da oliveti

Facendo il confronto tra i dati ottenuti in questo lavoro di tesi, e quelli presenti negli studi [64] e [63] sul calcolo della BRA disponibile, si nota come nel primo caso, il quantitativo di biomassa calcolato per la Regione Campania nel presente elaborato sia maggiore dello studio effettuato da Infascelli et al. (449 contro 318 mila tonnellate); nel lavoro di Pellerano et al. Invece, viene calcolato un valore di BRA per la Regione Puglia pari a 970 mila tonnellate rispetto a 1,1 milione di tonnellate del seguente lavoro.



## 7.7.1 LOCALIZZAZIONE DELLE CENTRALI A BIOMASSA SOLIDA IN SUD ITALIA

Nella valutazione di produttività delle filiere agro-energetiche non ci si può limitare a realizzare la stima della BRA potenziale in un determinato territorio ma occorre considerare: la convenienza ad avviare la BRA alle centrali considerando che la distanza di movimentazione conviene non superi i 30-40 km (filiera corta), il livello di meccanizzazione della logistica e dello stoccaggio delle biomasse [10]. Un elemento fondamentale per la pianificazione necessaria alla costruzione di nuovi impianti è rappresentato dal grado di diffusione, sul territorio, delle centrali di conversione energetica delle biomasse. Per tale motivo, è stata anche condotta una indagine conoscitiva per rilevare la collocazione degli impianti alimentati da biomasse solide nelle regioni dell'area di studio. I dati elaborati sono stati ricavati consultando l'atlante geografico interattivo ATLAIMPIANTI [al link](#), un del portale GSE. L'atlante permette di consultare i principali dati sugli impianti di produzione di energia elettrica e termica, alimentati con le diverse fonti, e verificarne l'ubicazione sul territorio nazionale. È stato, pertanto, necessario filtrare le informazioni selezionando, tra i dati tecnici, le voci riguardanti la macrofonte delle bioenergie, la fonte e la tipologia dell'impianto e, per quanto riguarda l'ubicazione, le regioni dell'area di studio. Per creare una mappa di geolocalizzazione delle centrali, sono stati considerati unicamente gli impianti alimentati a biomasse solide per la produzione di elettricità in quanto gli impianti per la produzione di calore, censiti nel portale, erano molto spesso riferibili all'utilizzazione, a livello domestico, da parte di soggetti privati, di legna da ardere, pellet o cippato per alimentare stufe, termo-camini e caldaie.

I dati tecnici relativi agli impianti considerati specificano, relativamente alla macrofonte delle bioenergia, genericamente la fonte biomassa solida e pertanto, in riferimento ad essa, si intendono in generale tutti i tipi di residuo descritti nel paragrafo 3.1 LE PRINCIPALI FILIERE BIOENERGETICHE Per quanto riguarda l'ubicazione, infine, la collocazione geografica esatta dell'impianto non è disponibile per motivi di privacy, per tanto è riferibile all'intera estensione del territorio comunale.

I dati di interesse sono stati elaborati in un foglio di lavoro per essere trasferiti poi sui QGIS con l'obiettivo di creare una mappa tematica attraverso cui poter evidenziare l'ubicazione degli impianti valorizzando, con una scala cromatica, la potenza nominale in kW di ognuno di essi.

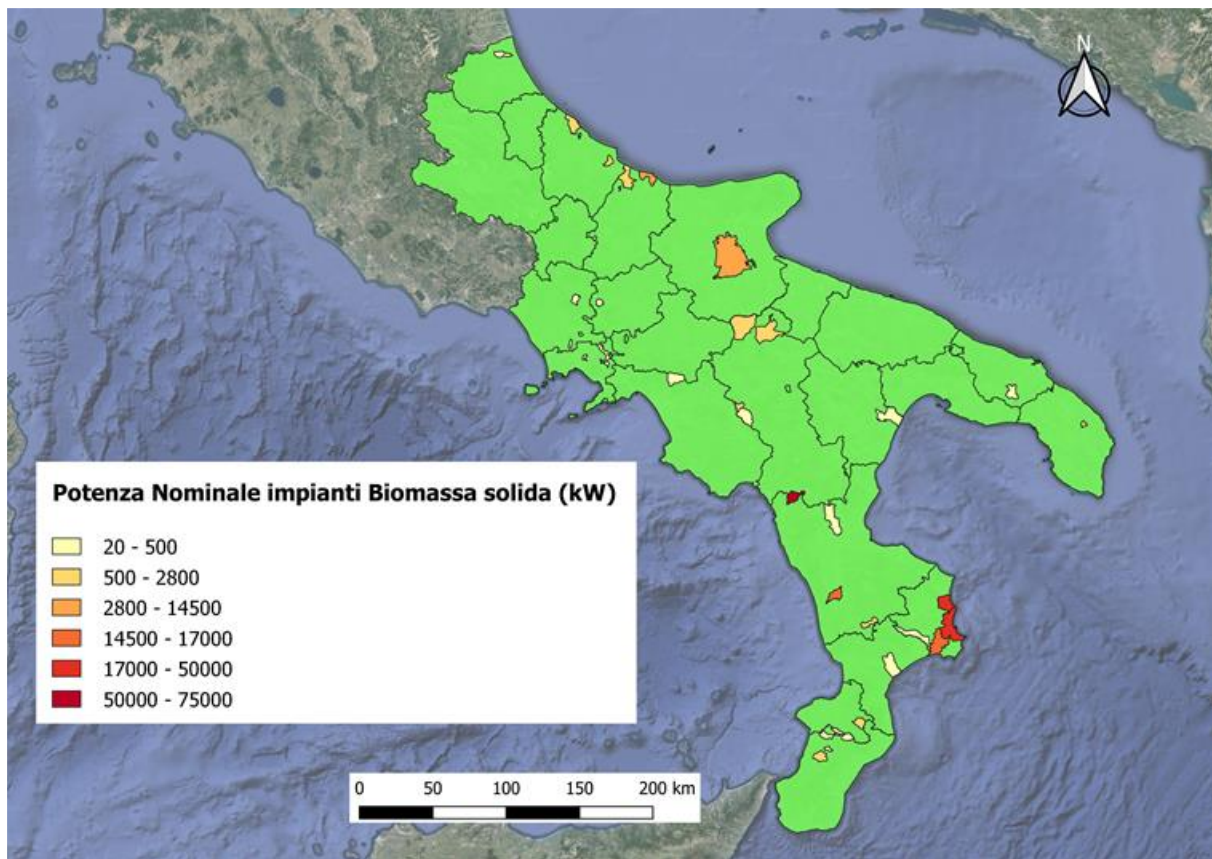


Figura 20: Localizzazione e Potenza Nominale degli impianti a Biomassa solida in Sud Italia

La Figura 20, che riporta l'ubicazione degli impianti, mostra che i centri di valorizzazione energetica delle biomasse solide nell'area di studio sono decisamente in numero molto ridotto rispetto alla disponibilità complessiva delle biomasse stesse e si caratterizzano per valori non molto elevati riguardo alla potenza nominale media erogata. La regione che presenta più impianti a biomasse solide è la Calabria con un numero di 17 centrali collocate in 14 differenti località; seguono la Campania con 9 impianti, la Basilicata con 5, l'Abruzzo con 4 e infine il Molise e la Puglia con 3 impianti. La scarsa diffusione degli impianti, insieme ai ridotti valori della loro potenza nominale che variano da un minimo di 20 kW a un massimo di 75000 kW, indicano che la valorizzazione delle biomasse residuali del comparto agricolo, nelle regioni meridionali, continua ad essere ben al di sotto delle potenzialità stimate.

## 7.7.2 IPOTESI DI VALORIZZAZIONE TERRITORIALE

L'installazione sul territorio di un numero razionalmente dimensionato di impianti energetici alimentati da biomasse di residui agricoli prende avvio dall'analisi dei molteplici aspetti agronomici, tecnici, logistici, energetici e ambientali delle varie fasi di raccolta, movimentazione, stoccaggio, trasformazione e impiego finale dell'energia prodotta [73].

La valutazione della sostenibilità della produzione e dell'utilizzo di biomasse solide ad uso energetico non può essere circoscritta all'analisi costi-benefici dal punto di vista economico ma deve considerare, complessivamente, anche quelle di carattere ambientale e sociale [74].

Nelle considerazioni preliminari, al punto 105, della Direttiva RED II del Parlamento e del Consiglio Europeo sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili del dicembre 2018, si sostiene [75]:

*“I combustibili da biomassa dovrebbero essere convertiti in energia elettrica e termica in modo efficiente, al fine di massimizzare la sicurezza energetica e la riduzione delle emissioni di gas a effetto serra, nonché di limitare le emissioni di inquinanti atmosferici e ridurre al minimo la pressione sulle risorse limitate di biomassa.”*

I meccanismi di incentivazione della produzione di energia elettrica da biomasse che promuovono e sostengono l'avvio di filiere agro-energetiche, nel nostro Paese, sono uniformati ai criteri indicati nell'art. 4. Regimi di sostegno per l'energia da fonti rinnovabili, comma 8 del RED II che fissano gli obiettivi qualitativi e quantitativi da valutare in base alla capacità di tali filiere di

- a) conseguire una riduzione dei costi;
- b) conseguire miglioramenti tecnologici;
- c) conseguire alti tassi di realizzazione;
- d) garantire una partecipazione non discriminatoria dei piccoli operatori e, se del caso, delle autorità locali;
- e) limitare l'impatto ambientale;
- f) garantire l'accettabilità locale;
- g) garantire la sicurezza dell'approvvigionamento e l'integrazione della rete.

Nel sud Italia, dove sono attivi impianti di conversione energetica di biomasse solide, si sono create, nella logica dei distretti agro-industriali, filiere che coinvolgono più operatori economici e consumatori nell'intero arco del processo dalla produzione e dalla raccolta della biomassa

fino all'utilizzazione finale dell'energia generata. In base alla potenza della centrale considerata si rileva che all'aumentare della potenza erogata aumenta anche l'area del bacino di approvvigionamento e si diversificano le tipologie di biomassa che sono trasformate in cippato, i tipi di energia prodotta (elettricità/calore) e gli usi finali delle stesse (autoconsumo/vendita) creando indotti più o meno vasti. Esistono però, specialmente in alcune regioni, aree, che pur vocate allo sviluppo di filiere legno-energia, non sono ancora interessate da significativi programmi di valorizzazione delle BRA.

Per questa ragione, nel presente lavoro si è voluto anche sviluppare, sempre utilizzando la metodologia GIS, una procedura utile per individuare le aree che, per la disponibilità qualitativa delle biomasse residue agricole, per le caratteristiche infrastrutturali del territorio e per la domanda di energia, presentano caratteristiche, potenzialmente favorevoli all'installazione di nuovi impianti di valorizzazione energetica delle BRA.

Per identificare le aree con una più spiccata vocazione all'avvio di filiere bioenergetiche è stato necessario ridurre le quantità stimate in  $t_{ss}$ /anno per tipologia di sottoprodotto della % di riutilizzo dei residui e considerare la presenza sul territorio di altri impianti. La mappa ottenuta è stata comparata con la mappa degli impianti già esistenti precedentemente realizzata.

Oltre all'individuazione delle aree più idonee allo sviluppo di distretti agro-energetici, pur nella consapevolezza della complessità dei processi di pianificazione, progettazione e realizzazione degli impianti termoelettrici che finiscono per essere influenzati da molte variabili, si sono esaminate le esperienze delle filiere legno-energia di diverse realtà territoriali per rilevare criticità e punti di forza, delle stesse, per proporre la replicazione di tali modelli gestionali nei contesti in cui se ne riscontri la fattibilità.

Nella seguente Figura 21: Schema impianto alimentato da biomasse solide (fonte: GSE 2010)  
lo schema delle soluzioni impiantistiche di una centrale alimentata a cippato.

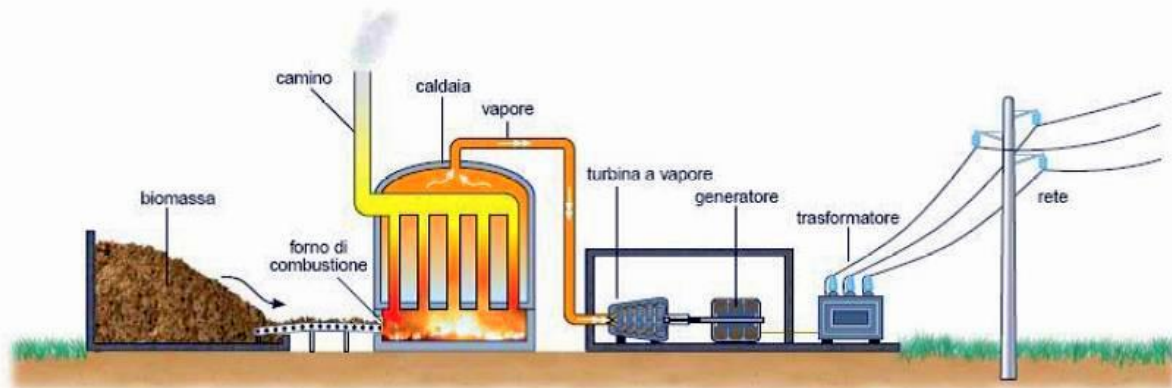


Figura 21: Schema impianto alimentato da biomasse solide (fonte: GSE 2010)

Operando una scelta basata sulla comparazione della potenza installata, delle tecnologie utilizzate e della radicazione nel tessuto produttivo del territorio, tra le numerose centrali termoelettriche alimentati a biomasse dislocate sul territorio nazionale, ne sono state messe a confronto 4 per estrarne i parametri costruttivi da proporre in uno scenario all'interno del presente studio: San Marco Bioenergie (FE), E.T.A., Biomasse Italia, analizzati nello studio diretto da ENAMA [76].

La centrale a biomasse solide di Bando d'Argenta (FE) della Società San Marco Bioenergie Spa, con una potenza installata di ca. 20 MW, è la più grande tra quelle a biomassa nel nord e centro Italia. La centrale è composta da due linee identiche da una capacità di ca. 10 MW elettrici ciascuna basate sulla consolidata tecnologia di combustione a griglia mobile.

E.T.A. società del comparto Marcegaglia Energy, possiede e gestisce la centrale di produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili localizzata nel comune di Cutro (KR). Si tratta di una centrale che impiega la tecnologia di combustione a letto fluido di potenza lorda pari a 16,5 MWe. La società Biomasse Italia produce energia elettrica da fonti energetiche rinnovabili in due centrali situate a Crotone e Strongoli (KR) per una potenza complessivamente installata di 73 MWe (Strongoli - 47 MW e Crotone - 26 MW) che fanno di Biomasse Italia una delle più grandi aziende europee nel settore della produzione di energia elettrica da sola combustione di biomassa. I due impianti presentano tecnologie impiantistiche differenti: l'impianto di Strongoli utilizza due caldaie a letto fluido ri-circolato, una sola turbina a vapore del tipo a condensazione collegata ad un generatore e un condensatore raffreddato ad acqua; l'installazione presente a Crotone possiede 2 caldaie Standardkessel con griglia a gradini e raffreddata ad aria, una turbina a vapore e condensatore raffreddato ad acqua [77].

Le schede tecniche sulle prestazioni degli impianti mettono in evidenza che le quattro strutture hanno potenze nominali di media-grande taglia (da 16,5 a 40 MW), con cicli di funzionamento annua equiparabili e con un bacino di approvvigionamento che è fortemente radicato nel territorio ma si differenziano per la tipologia della biomassa che li alimenta e per le tecnologie di trasformazione. Comparabili tra loro sono il rendimento energetico medio in rapporto al consumo di biomassa ligno-cellulosica convertita. Il dato che è stato primariamente preso in considerazione è il quantitativo di approvvigionamento di BRA in tonnellate che consentiva il corretto funzionamento delle centrali. Nel caso della Centrale di Bando d'Argenta (FE), la quantità utilizzata ogni anno varia indicativamente da ca. 230000 t a 280000 t, che trasformate (con un rendimento elettrico netto di oltre il 25%) portano a produrre un quantitativo di energia, di ca. 160000 MWh, che è equivalente al fabbisogno di ca. 27000 abitanti.

La Centrale termoelettrica di Cutro (KR) viene alimentata con cippato di legno per un ammontare annuo di circa 150000 t che sono in grado di mantenere la potenza dell'impianto ad un valore 14 MWe. Nella Centrale di Strongoli i consumi annui di biomassa sono di 400000 tonnellate (il reperimento della biomassa avviene per il 75% sul mercato locale).

L'impianto di Crotona di 27MWe utilizza cippato con consumo specifico di 300000 tonnellate all'anno. I valori considerati hanno portato a determinare il valore medio di rendimento energetico che ammonta a 0,7 MWh/t. Il rendimento energetico medio così calcolato si giustifica in considerazione delle molte variabili che incidono sulla valorizzazione energetica delle biomasse che ovviamente è influenzata dalla logistica complessiva degli impianti.

Nella Tabella 17: Analisi tecnica di quattro impianti a biomassa solida (fonte: ENAMA) vengono definite in modo sintetico le caratteristiche tecniche degli impianti sopradescritti.

Tabella 17: Analisi tecnica di quattro impianti a biomassa solida (fonte: ENAMA)

Impianto	Potenza nominale (MW)	Energia prodotta (MWh/anno)	Biomassa utilizzata (t/anno)	MWh/t	Rendimento medio MWh/t
San Marco Bioenergie (Fe)	20	160.000	250.000	0,6	0,7
E.T.A. di Cutro (Kr)	16,5	106.000	150.000	0,7	
Biomasse Italia Strongoli	46	360.000	400.000	0,9	
Biomasse Italia Crotona	27	220.000	300.000	0,7	

In sud Italia, su un totale di circa a  $2,7 \pm 0,5$  Mt/anno di residui secchi, appare congruo ritenere disponibile per la valorizzazione energetica un quantitativo di biomassa di residui agricoli di 1 milione di tonnellate in quanto buona parte del quantitativo stimato, viene inutilizzato o usato per la concimazione dei terreni tramite l'interramento, costituendo una fonte di fertilità chimica,



fisica e biologica per il suolo agricolo [13]; si ottiene una stima conservativa del materiale che è disponibile sul territorio per alimentare la filiera energetica.

Lo scenario che si delinea, perciò è conservativo rispetto alla quantità potenzialmente disponibile sul territorio e che potrebbe effettivamente essere utilizzato per la produzione di energia primaria. Moltiplicando il rendimento energetico medio, con il quantitativo di biomassa potenzialmente sfruttabile, si ottiene il contributo energetico che sarebbe possibile ottenere in Sud Italia, pari a 745 GWh.

Facendo un'analisi degli impianti a biomassa solida presenti nel territorio analizzato, dal portale GSE, si nota una distribuzione degli impianti per quanto riguarda la potenza nominale molto eterogenea. Facendo una media della potenza nominale, si osserva che la capacità media in Sud Italia sia di 5MW pertanto, si è calcolata la produzione teorica di energia elettrica, e il fabbisogno materiale di BRA di un impianto di 5 MW (Tabella 18: Studio teorico su impianto a biomassa solida con potenza nominale di 5 MW).

*Tabella 18: Studio teorico su impianto a biomassa solida con potenza nominale di 5 MW*

Potenza nominale MW	Energia Prodotta (GWh)	Biomassa utilizzata (t/anno)
5	37	50.541

Facendo il rapporto tra 1 milione di tonnellate di residuo e il consumo specifico di biomassa di un impianto da 5 MW, si ottiene un valore pari a 20 impianti, e, tenendo conto di quelli già esistenti con una potenza nominale maggiore di 2 MW (8 impianti), è stata definita l'ubicazione di altri 12 impianti ipotizzando che quelli già in funzione sul territorio abbiano anch'essi una potenza nominale di 5MW.

Tramite il supporto del software QGIS, si è interrogato lo Shapefile creato precedentemente in cui venivano mostrati gli impianti già presenti. Per una questione di consumo di biomassa, si è scelto di non evidenziare gli impianti con potenza nominale inferiore ai 2 MW, in quanto, il quantitativo di biomassa utilizzato per la combustione risulta effimero rispetto al totale di residuo disponibile sul territorio e quelli con potenza maggiore, fanno uso anche di biomassa derivante dagli scarti forestali, dal verde urbano e dai resti delle segherie [77]. Per fare ciò, è stata fatta una selezione degli impianti con potenza nominale maggiore di 2MW ed è stato esportato un nuovo Shapefile salvato con "Impianti esistenti di 2MW". Sovrapponendo allo Shapefile degli impianti già esistenti, il reticolo che mostra la distribuzione della biomassa, si è scelto di individuare la localizzazione di nuovi impianti sulla base di due fattori principali:

- L'assenza di altri impianti
- La disponibilità di residuo nell'intorno

Tale localizzazione, è bene ricordarlo, è solo un esercizio teorico in quanto non tiene conto di tanti altri fattori quali la pianificazione territoriale e della logistica della filiera energetica. Infine, per calcolare l'area di approvvigionamento disponibile per ciascun impianto, si è eseguito l'algoritmo "buffer". La funzione evidenzia una porzione di territorio equidistante dal comune selezionato per ospitare un impianto a biomassa solida. La dimensione del buffer selezionato è di 40 km affinché si possa operare nella filiera corta, così da ridurre le emissioni dovuti al trasporto della biomassa, e valorizzare i sottoprodotti locali. Nella Figura 22: Proposta locazione nuovi impianti da 5 MW rispetto a impianti già esistenti con potenza nominale maggiore di 2 MW viene mostrata la possibile locazione di impianti di nuova costruzione con Potenza Nominale di 5 MW, allo scopo di utilizzare il quantitativo di biomassa disponibile per la loro valorizzazione energetica, tramite processi di combustione. Si osserva come in questo caso, tramite le zone di buffer, l'area di studio risulta quasi completamente ricoperta dall'azione di influenza degli impianti. In particolare, la proposta prevede la creazione di 4 impianti distribuiti sul territorio regionale Pugliese, 2 impianti in Basilicata e Abruzzo e Campania, e 1 impianto nelle regioni Calabria e Molise.

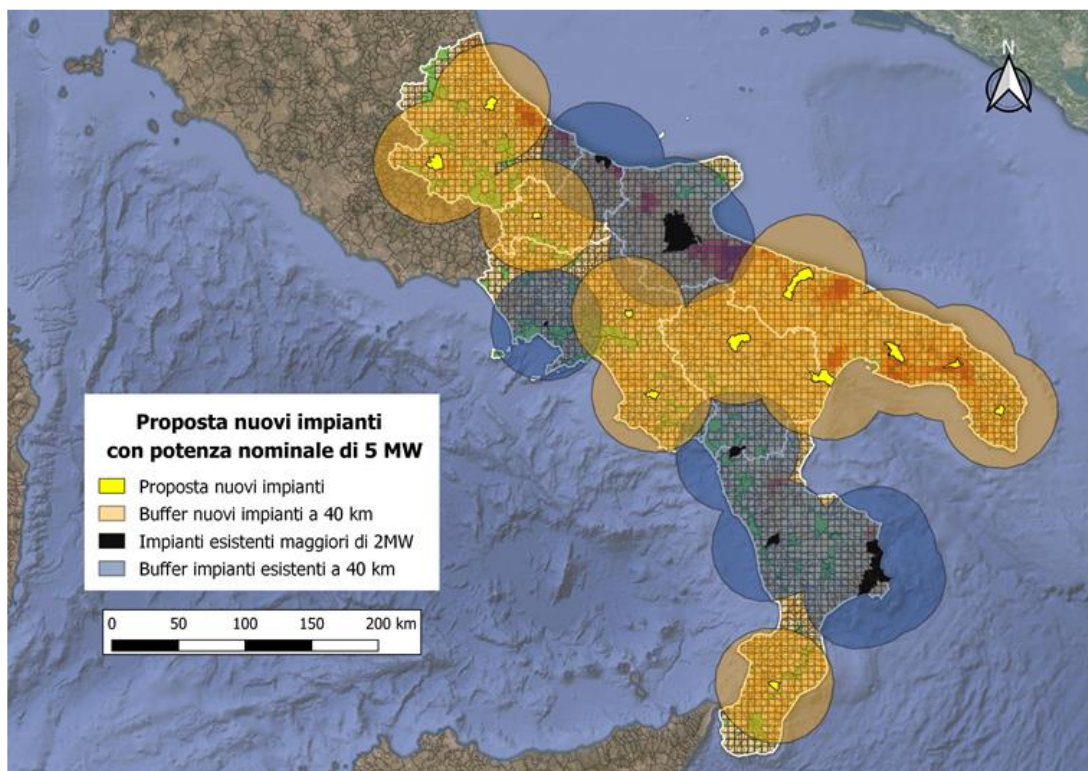


Figura 22: Proposta locazione nuovi impianti da 5 MW rispetto a impianti già esistenti con potenza nominale maggiore di 2 MW



## 7.8 CONFRONTO FRA PLUGIN NATIVI ED ESTERNI A QGIS

Il confronto effettuato fra gli algoritmi nativi del software QGIS e gli algoritmi di software esterni, viene inserito in Tabella 45, Tabella 46, Tabella 47, Tabella 48 e Tabella 49 nella sezione ALLEGATI II. Fra gli algoritmi presenti nei diversi software, quelli analizzati sono:

- Ritaglia di QGIS e Ritaglia vettore con maschera di GDAL,
- Intersezione di QGIS con Intersezione di SAGA,
- Unione di QGIS, Polygon union di SAGA e V.patch di GRASS,
- Differenza di QGIS e Differenza di SAGA,
- Differenza simmetrica di QGIS e Differenza simmetrica di SAGA.

Questi algoritmi, oltre ad essere le principali funzioni di analisi vettoriale, svolgono la stessa procedura, così da poter essere facilmente paragonati. Inoltre, sono gli algoritmi utilizzati per la realizzazione di questo lavoro di tesi. Una delle principali caratteristiche del software QGIS, è che dalla stessa interfaccia utente è possibile far partire algoritmi di software esterni, tramite l'installazione di pacchetti aggiuntivi. Non avendo competenze in campo della programmazione informatica per la scrittura dei codici, il lavoro sarà destinato ed analizzato dagli sviluppatori volontari del software QGIS, in modo tale che per le successive versioni dello stesso, si possano apportare delle modifiche agli algoritmi in questione, al fine di migliorarne le prestazioni, prendendo spunto eventualmente dalle proprietà di algoritmi di software esterni. Quello che si nota dalle tabelle contenenti i confronti è che per alcuni algoritmi quali, unione e differenza, l'algoritmo nativo di QGIS, riesce a svolgere la funzione in un tempo ridotto rispetto agli altri software. A differenza invece di intersezione, ritaglia e differenza simmetrica che restituiscono il risultato in un lasso di tempo maggiore. In particolare, gli algoritmi intersezione e ritaglia di QGIS, dall'analisi svolta, risultano essere troppo lenti. Infine, si dichiara che gli algoritmi differenza e differenza simmetrica di SAGA, non restituiscono alcun risultato visivo, probabilmente dovuto a un errore di esecuzione.

A titolo di esempio viene riportata la Tabella 46: Confronto fra algoritmi, Intersezione di QGIS e Intersezione di SAGA che riporta il confronto fra l'algoritmo Intersezione di QGIS e l'omologo del Software SAGA. I due plugin sono stati eseguiti utilizzando gli stessi strumenti di analisi spaziale.

Tabella 19: Confronto fra algoritmi, Intersezione di QGIS e Intersezione di SAGA

Software	QGIS 3.2	SAGA 2.3.2
Plugin	Intersezione	Intersezione
Layer in ingresso	<i>UsodelsuoloSUD.shp</i>	<i>UsodelsuoloSUD.shp</i>
Vettore di transizione	<i>Regione Puglia.shp</i>	<i>Regione Puglia.shp</i>
Algoritmo	<pre>{ 'INPUT' : 'C:\\Users\\phmar\\Desktop\\confronto plugin\\Shapefile\\usodelsuoloSUD.shp', 'INPUT_FIELDS' : [], 'OUTPUT' : 'memory:', 'OVERLAY' : 'C:\\Users\\phmar\\Desktop\\confronto plugin\\Shapefile\\Regione Puglia.shp', 'OVERLAY_FIELDS' : [] }</pre>	<pre>{ 'A' : 'C:/Users/phmar/Desktop/confronto plugin/Shapefile/usodelsuoloSUD.shp', 'B' : 'C:/Users/phmar/Desktop/confronto plugin/Shapefile/Regione Puglia.shp', 'RESULT' : 'C:/Users/phmar/AppData/Local/Temp/processing_6153b2f765f743088344ca34510c9bcd/838fc21ef09044db95a85838289b9f20/RESULT.shp', 'SPLIT' : True }  shapes_polygons "Intersect" -A "C:/Users/phmar/Desktop/confronto plugin/Shapefile/usodelsuoloSUD.shp" -B "C:/Users/phmar/Desktop/confronto plugin/Shapefile/Regione Puglia.shp" -SPLIT true -RESULT "C:/Users/phmar/AppData/Local/Temp/processing_6153b2f765f743088344ca34510c9bcd/838fc21ef09044db95a85838289b9f20/RESULT.shp"</pre>
Tempo	311,11 sec	59,50 sec
Risultato	{'OUTPUT': 'output_68bb2256_2d1c_435b_8014_8ca1e3a2fac7'}	{'RESULT': 'C:/Users/phmar/AppData/Local/Temp/processing_6153b2f765f743088344ca34510c9bcd/838fc21ef09044db95a85838289b9f20/RESULT.shp'}

## 8. CONCLUSIONI

Questo studio ha avuto lo scopo dichiarato di arrivare a stimare la disponibilità e la distribuzione delle biomasse lignocellulosiche di residui di coltivazioni tipiche delle regioni meridionali peninsulari, di definire una metodologia operativa per standardizzare il calcolo dei residui agricoli in sostanza secca a partire dal residuo tal quale, e di mappare, con le metodologie GIS, i principali bacini delle attività agricole nelle regioni Abruzzo, Basilicata, Calabria, Campania, Puglia e Molise che producono matrici organiche che possono essere valorizzate a fini energetici e infine di individuare le aree che, per l'assenza di impianti alimentati a biomasse e per la presenza di apprezzabili quantitativi di biomassa residua agricola (BRA) non utilizzata per altri scopi, maggiormente si qualificano per l'avvio di filiere bioenergetiche.

Il notevole interesse per l'utilizzo delle biomasse, come fonti alternative ai combustibili fossili, risiede anche nel fatto che, in prospettiva, il loro sviluppo avrà benefici effetti sul piano ambientale e potrà comportare vantaggi economici e di sviluppo locale (filiera corte), capaci di creare reddito aggiuntivo per il settore agricolo. Una produzione di energia da biomasse sempre più decentrata e diversificata ovviamente potrà essere realizzata a condizione di disporre di una conoscenza aggiornata della tipologia di biomasse prodotte, della loro localizzazione e della loro densità per disporre di dati che, elaborati con le tecnologie di georeferenziazione, consentano di ottenere mappature in grado di evidenziare le potenzialità di un determinato territorio.

Affrontando una questione complessa, il metodo di ricerca utilizzato, riferendosi anche a precedenti studi e lavori che hanno approfondito la problematica dell'utilizzo delle biomasse residuali, è stato incentrato sul reperimento di dati aggiornati e sulla loro elaborazione con il programma QGIS che si è rivelato uno strumento molto efficace per realizzare la geolocalizzazione delle risorse.

I risultati dell'analisi effettuata hanno messo in evidenza che nelle regioni meridionali, anche per la vocazione agricola di molte di esse, è attualmente reperibile un considerevole quantitativo di residui di diverse colture, soprattutto derivanti da seminativi, vigneti e oliveti, e. allo stesso tempo, che, per la scarsa diffusione di impianti di conversione energetica, gran parte di questi materiali viene sprecata o avviata ad altri utilizzi. I valori delle potenzialità delle biomasse agricole stimate suggeriscono invece che tali risorse, in grado di rinnovarsi annualmente, possono costituire una fonte energetica di fondamentale importanza nel comparto agro-industriale e rappresentare, per le aziende, una fonte di reddito piuttosto che un costo.

Il reperimento dei dati di interesse aggiornati è stata la parte iniziale, e più corposa, dell'indagine.

A differenza di quanto avviene in altre realtà del Paese, non è stato possibile riferirsi a banche dati sviluppate su base regionale ma è stato necessario interrogare database riportanti informazioni e dati di portata nazionale e operare l'estrapolazione di quelli riguardanti la scala territoriale considerata.

La valutazione qualitativa e quantitativa delle biomasse, nelle sei regioni meridionali prese in esame, ha permesso di evidenziare che i residui agricoli, valorizzabili per scopi energetici, possono riferirsi a tre classi di colture principali: seminativi, oliveti e vigneti, in quanto sono le pratiche agricole più diffuse nell'intero territorio.

Nell'intera area di studio, il totale delle superfici agricole utilizzate (SAU) delle diverse colture rilevato e i quantitativi di BRA in sostanza secca stimati sono i seguenti: per i seminativi, a fronte di una SAU di complessivi 890 mila ha circa, si stima possano ottenersi  $1,16 \pm 0,08$  Mt<sub>ss</sub>/anno di BRA; gli oliveti con una SAU pari a 725 mila ha, generano una biomassa netta potenziale di  $0,8 \pm 0,25$  Mt<sub>ss</sub>/anno e i vigneti con una SAU di 159 mila ha restituiscono  $0,4 \pm 0,13$  milioni di Mt<sub>ss</sub>/anno di BRA.

Essendo le produzioni agricole fortemente influenzate dalle caratteristiche pedo-climatiche e dalle pratiche agronomiche che vengono attuate più comunemente nel territorio, la situazione nelle diverse regioni è risultata molto diversificata per le rese dei prodotti colturali in relazione alle SAU e anche per le percentuali relative delle tre frazioni colturali considerate.

Considerando le SAU di seminativi, oliveti e vigneti insieme ai relativi quantitativi di sottoprodotto emerge che: in Abruzzo le principali colture sono i seminativi, (SAU di 88 mila ha) mentre oliveti e vigneti hanno una SAU rispettivamente di 42 mila ha e 32 mila ha, le BRA stimate sono, rispettivamente, 146 mila t/anno per i seminativi, 63 t/anno per i vigneti e 130 mila t/anno per gli oliveti; in Basilicata predominano le colture cerealicole quali frumento tenero, orzo e avena con una copertura di 157 mila ha, gli oliveti hanno una SAU di 26 mila ha mentre più ridotta è la SAU per i vigneti (ca. 2 mila ha), le BRA sono rispettivamente 180 mila t/anno per i seminativi, 13 mila t/ anno e circa 3 mila t/anno per oliveti e vigneti; in Calabria è maggiormente sviluppata l'olivicoltura con una SAU di 184 mila ha, i seminativi sono circa 60 mila ha e i vigneti solo 8 mila ha, le BRA, disponibili ammontano a 198 mila t/anno per gli oliveti, 109 mila t/anno per i seminativi e 29 mila t/anno per i vigneti; in Campania gli oliveti hanno una SAU di circa 76 mila ha, i vigneti 25 mila ha e i seminativi con una copertura di 109 mila ha, le BRA sono rispettivamente di 187 mila t/anno per i seminativi, 103 mila t/anno per gli oliveti e 48 mila t/anno per i vigneti; in Molise la Sau risulta ridotta rispetto alle altre regioni

con 66 mila ha per i seminativi, 5 mila ha per i vigneti e 14 mila ha per gli oliveti, la biomassa calcolata è di circa 70 mila t/anno per i seminativi, 21 mila t/anno per gli oliveti e circa 19 mila t/anno per i vigneti; in Puglia si riscontrano elevati valori di SAU in tutte e tre le colture, la SAU riferita ai seminativi è di 408 mila ha, i vigneti ricoprono un'area di 84 mila ha e gli oliveti con una SAU di 382 mila ha, le BRA sono di 478 mila t/anno per quanto riguarda i seminativi, 254 mila t/anno per i vigneti e 316 mila t/anno per gli oliveti.

Per effettuare un'indagine di maggior dettaglio, nei processi di analisi spaziale delle risorse e la relativa comparazione quali-quantitativa, realizzati con la metodologia dei sistemi informativi geografici GIS, sono stati utilizzati dati della realtà territoriale a livello di singole provincie.

Nel lavoro di elaborazione dei dati inventariali è stato utilizzato il software open source QGIS e, utilizzando le funzionalità avanzate del programma, sono state create le mappe tematiche che permettono di legare i dati numerici agli attributi degli elementi cartografici del territorio.

La georeferenziazione attuata ha permesso di rendere evidente la particolare eterogeneità delle situazioni riscontrate nelle diverse regioni sia riguardo alla produzione delle BRA sia riguardo alla diffusione e all'ubicazione degli impianti alimentati a biomasse solide nel territorio. In particolare, emerge il caso della regione Puglia che mentre produce quantitativi molto maggiori di residui agricoli in tutte tre le colture considerate rispetto alle altre regioni, al contrario conta solo tre impianti di conversione energetica delle biomasse solide nel settore elettrico.

Alla luce dei risultati dell'indagine effettuata si può affermare che l'attuale livello di utilizzo di biomasse ligno-cellulosiche, nel meridione, è sicuramente al di sotto dell'offerta potenziale evidenziata e che esistono margini elevati per una significativa espansione della filiera agroenergetica.

La georeferenziazione attuata ha permesso di rendere evidente la particolare eterogeneità delle situazioni riscontrate nelle diverse regioni sia riguardo alla produzione delle BRA sia riguardo alla diffusione e all'ubicazione degli impianti alimentati a biomasse nel territorio. In particolare, emerge il caso della regione Puglia che mentre produce quantitativi molto maggiori di residui agricoli in tutte tre le colture considerate rispetto alle altre regioni, al contrario conta solo tre impianti di conversione energetica delle biomasse solide nel settore elettrico.

Alla luce dei risultati dell'indagine effettuata si può affermare che l'attuale livello di utilizzo di biomasse ligno-cellulosiche, nel meridione, è sicuramente molto al di sotto dell'offerta potenziale evidenziata e che esistono margini elevati per una significativa espansione della filiera agroenergetica.

Per questa ragione è stata anche effettuata una valutazione delle caratteristiche delle aree, che a livello regionale, hanno una più spiccata vocazione all'avvio di filiere bioenergetiche.

In uno scenario conservativo di utilizzo di solo il 50% delle BRA teoricamente disponibili emerge che il Sud Italia potrebbe generare ca. 745 GWh. Tale quantità di energia può essere erogata da impianti alimentati da BRA in circa 19 centrali da 5 MW. Queste ultime sono in grado, ognuna, di soddisfare il fabbisogno energetico di 7000 utenti domestici.

Il comparto agricolo, in quanto capace di generare quantità rilevante di prodotti e sottoprodotti che costituiscono un "serbatoio" di energia e di materie prime rinnovabili, rappresenta il settore produttivo che maggiormente può contribuire allo sviluppo e alla crescita della green economy. La transizione verso un sistema energetico sostenibile, sicuro e competitivo così come previsto dal "Quadro per le politiche dell'energia e del clima" dell'EU, passa anche attraverso la rilocalizzazione e riorganizzazione delle attività di produzione e di trasformazione, in funzione alle risorse naturali di un territorio. Le filiere bioenergetiche, in tale prospettiva, assumeranno una sempre maggiore rilevanza nella misura in cui saranno in grado di sviluppare, con avanzati sistemi tecnologici e senza entrare in conflitto con le produzioni alimentari, piattaforme per l'utilizzo delle biomasse sia per ottenere nuovi prodotti che per generare energia con costi minori e concreti benefici per le aziende agricole.

La complessità delle problematiche legate alla valorizzazione delle biomasse agricole, così come emersa da quanto innanzi è stato richiamato, impone pertanto una particolare attenzione nella promozione di progetti di filiera che dovranno affrontare anche le criticità della concentrazione e distribuzione dei residui sul territorio e gli eventuali problemi legati alla raccolta, al trasporto e allo stoccaggio dei sottoprodotti.

Per concludere, preme sottolineare che, tra le FER, le biomasse sono quelle più integrate con il territorio e, per questo motivo, le scelte di localizzazione degli impianti non possono solo riguardare gli amministratori locali e gli operatori economici ma coinvolgono direttamente i cittadini. Una corretta e puntuale informazione sui vantaggi nell'uso delle biomasse, ma anche la conoscenza dei punti di eventuali criticità, non può che essere un cruciale punto di snodo per attuare la migliore pianificazione possibile, su base territoriale, delle filiere bioenergetiche.



## ALLEGATI I

Tabelle contenenti i valori regionali di superficie (ha), resa (t/ha) e indice Sp/Pp.

### Regione Abruzzo

Provincia: L'Aquila			
	Sup. (ha)	Resa (t/ha)	Sp/Pp
frumento tenero	2.010	4,7	0,7
frumento duro	1.635	4,4	0,7
orzo	4.450	4,4	0,8
avena	1.185	3,1	0,7
mais	186	12,3	1,3
patata comune	3.658	51,9	0,4
pomodoro	235	95,7	0,3
uva da tavola e da vino	400	13,7	0,3
olive da tavola e da olio	2.100	5,4	1,2
pesco	49	17,3	0,2

Tabella 20: Superficie, resa (t/ha) e indice Sp/Pp in Prov. di L'Aquila

Provincia: Chieti			
	Sup. (ha)	Resa (t/ha)	Sp/Pp
frumento tenero	1.750	5,2	0,7
frumento duro	16.500	4,4	0,7
orzo	1.770	4,4	0,8
avena	1.990	3,1	0,7
mais	840	12,3	1,3
patata comune	203	51,9	0,4
pomodoro	1.163	95,1	0,3
uva da tavola e da vino	25.995	13,8	0,3
olive da tavola e da olio	23.334	5,2	2,5
pesco	1.170	17,3	0,2

Tabella 21: Superficie, resa (t/ha) e indice Sp/Pp in Prov. di Chieti

Provincia: Pescara			
	Sup. (ha)	Resa (t/ha)	Sp/Pp
frumento tenero	1.745	5,2	0,7
frumento duro	5.910	4,1	0,7
orzo	2.405	5,5	0,8
avena	168	3,1	0,7
mais	1.405	12,3	1,3
patata comune	142	51,9	0,4
pomodoro	422	95,1	0,3
uva da tavola e da vino	3.284	13,8	0,3
olive da tavola e da olio	10.690	3,8	1,2
pesco	405	17,3	0,2

Tabella 22: Superficie, resa (t/ha) e indice Sp/Pp in Prov. di Pescara

Provincia: Teramo			
	Sup. (ha)	Resa (t/ha)	Sp/Pp
frumento tenero	17.100	5,2	0,7
frumento duro	10.300	4,9	0,7
orzo	11.750	4,4	0,8
avena	250	3,1	0,7
mais	5.250	12,3	1,3
patata comune	540	51,9	0,4
pomodoro	630	95,1	0,3
uva da tavola e da vino	2.850	12,3	0,3
olive da tavola e da olio	5.860	5,8	0,6
pesco	192	19,8	0,2

Tabella 23: Superficie, resa (t/ha) e indice Sp/Pp in Prov. di Teramo

### Regione Basilicata

Provincia: Matera			
	Sup. (ha)	Resa (t/ha)	Sp/Pp
frumento tenero	1.208	4,0	1
frumento duro	53.300	3,6	1
orzo	5.381	4,5	1
avena	5.241	3,2	1,1
pomodoro da industria	231	110,3	0,3
uva da tavola e da vino	521	17,1	0,3
olive da tavola e olio	17.166	4,2	0,2
arancia	3.790	20,4	0,4
pesco	1.654	17,0	0,2
albicocca	3.694	13,5	0,1

Tabella 24: Superficie, resa (t/ha) e indice Sp/Pp in Prov. di Matera

Provincia: Potenza			
	Sup. (ha)	Resa (t/ha)	Sp/Pp
frumento tenero	5.790	4,1	1,1
frumento duro	62.407	3,4	1,1
orzo	11.929	4,5	1
avena	11.959	3,4	1,1
pomodoro da industria	1.917	102,1	0,3
uva da tavola e da vino	1.506	9,6	0,2
olive da tavola e olio	9.421	4,4	0,3
arancia	8	20,4	0,4
pesco	217	20,7	0,2
albicocca	64	10,7	0,1

Tabella 25: Superficie, resa (t/ha) e indice Sp/Pp in Prov. di Potenza



## Regione Calabria

Provincia: Catanzaro			
	Sup. (ha)	Resa (t/ha)	Sp/Pp
frumento tenero	1.780	6,8	1,0
frumento duro	3.850	5,4	1,0
orzo	2.350	5,9	1,2
avena	3.500	3,1	0,3
mais	1.650	12,3	1,2
patata comune	760	45,1	0,4
uva da tavola e da vino	707	14,2	0,4
olive da tavola e olio	40.205	2,3	1,1
arancia	2.435	23,5	0,4
clementine	426	20,0	0,3

Tabella 26: Superficie, resa (t/ha) e indice Sp/Pp in Prov. di Catanzaro

Provincia: Cosenza			
	Sup. (ha)	Resa (t/ha)	Sp/Pp
frumento tenero	6.278	6,8	1,0
frumento duro	10.286	5,4	1,0
orzo	4.130	5,9	1,4
avena	3.722	3,1	0,4
mais	1.029	12,3	1,1
patata comune	2.772	45,1	0,4
uva da tavola e da vino	3.200	14,2	0,4
olive da tavola e olio	53.678	1,8	1,3
arancia	2.540	23,5	0,3
clementine	12.223	20,0	0,3

Tabella 27: Superficie, resa (t/ha) e indice Sp/Pp in Prov. di Cosenza

Provincia: Crotona			
	Sup. (ha)	Resa (t/ha)	Sp/Pp
frumento tenero	11	6,8	1,0
frumento duro	7.030	5,4	1,7
orzo	685	5,9	1,2
avena	2.055	3,1	0,4
mais	280	12,3	1,1
patata comune	27	45,1	0,4
uva da tavola e da vino	3.349	14,2	0,4
olive da tavola e olio	23.437	1,8	0,7
arancia	1.185	23,5	0,4
clementine	110	20,0	0,5

Tabella 28: Superficie, resa (t/ha) e indice Sp/Pp in Prov. di Crotona

Provincia: Reggio di Calabria			
	Sup. (ha)	Resa (t/ha)	Sp/Pp
frumento tenero	1.000	6,8	1,0
frumento duro	1.250	5,4	1,0
orzo	140	5,9	1,2
avena	940	3,1	0,4
mais	400	12,3	1,1
patata comune	600	45,1	0,4
uva da tavola e da vino	1.300	14,2	0,4
olive da tavola e olio	49.700	2,7	1,0
arancia	9.000	23,5	0,4
clementine	2.350	20,0	0,3

Tabella 29: Superficie, resa (t/ha) e indice Sp/Pp in Prov. di Reggio di Calabria

Provincia: Vibo Valentia			
	Sup. (ha)	Resa (t/ha)	Sp/Pp
frumento tenero	1.200	6,8	1,0
frumento duro	1.500	5,4	1,0
orzo	500	5,9	1,2
avena	2.600	3,1	0,4
mais	900	12,3	1,5
patata comune	330	45,1	0,4
uva da tavola e da vino	261	14,2	0,5
olive da tavola e olio	17.509	1,8	1,6
arancia	1.200	23,5	0,4
clementine	635	20,0	0,3

Tabella 30: Superficie, resa (t/ha) e indice Sp/Pp in Prov. di Vibo Valentia

## Regione Campania

Provincia: Avellino			
	Sup. (ha)	Resa (t/ha)	Sp/Pp
frumento tenero	4.900	4,1	1
frumento duro	31.800	3,4	1,1
orzo	4.800	5,2	0,8
avena	5.700	3,0	0,7
mais	2.300	11,8	1,3
patata comune	700	42,5	0,4
uva da tavola e da vino	6.150	7,7	0,4
olive da tavola e olio	8.000	3,6	1,1
pesco	12	23,4	0,2
nocciola	8.300	2,0	1,9

Tabella 31: Superficie, resa (t/ha) e indice Sp/Pp in Prov. di Avellino

Provincia: Benevento			
	Sup. (ha)	Resa (t/ha)	Sp/Pp
frumento tenero	6.500	5,0	1
frumento duro	17.200	3,7	1,1
orzo	6.200	5,1	0,8
avena	2.400	3,0	0,7
mais	2.700	11,8	1,3
patata comune	180	42,5	0,4
uva da tavola e da vino	10.500	11,0	0,3
olive da tavola e olio	13.750	4,3	1,0
pesco	140	23,4	0,2
nocciola	80	1,8	1,9

Tabella 32: Superficie, resa (t/ha) e indice Sp/Pp in Prov. di Benevento

Provincia: Caserta			
	Sup. (ha)	Resa (t/ha)	Sp/Pp
frumento tenero	2.328	4,5	1,2
frumento duro	2.519	3,6	1,2
orzo	854	5,1	0,8
avena	919	3,0	0,7
mais	5.884	11,8	1,3
patata comune	1.816	42,5	0,4
uva da tavola e da vino	2.539	9,7	0,3
olive da tavola e olio	9.017	3,3	0,8
pesco	12.263	23,9	0,2
nocciola	3.731	1,8	1,9

Tabella 33: Superficie, resa (t/ha) e indice Sp/Pp in Prov. di Caserta

Provincia: Napoli			
	Sup. (ha)	Resa (t/ha)	Sp/Pp
frumento tenero	-	4,5	1,1
frumento duro	80	3,6	1,1
orzo	-	5,1	0,8
avena	47	3,0	0,7
mais	804	11,8	1,3
patata comune	1.631	42,5	0,4
uva da tavola e da vino	2.106	9,7	0,4
olive da tavola e olio	2.126	2,9	0,7
pesco	2.380	23,4	0,2
nocciola	6.060	1,6	1,9

Tabella 34: Superficie, resa (t/ha) e indice Sp/Pp in Prov. di Napoli

Provincia: Salerno			
	Sup. (ha)	Resa (t/ha)	Sp/Pp
frumento tenero	3.050	4,5	1
frumento duro	4.400	3,6	1,1
orzo	1.100	5,1	0,8
avena	900	3,0	0,9
mais	2.100	11,8	1,3
patata comune	800	42,5	0,4
uva da tavola e da vino	4.260	9,7	0,3
olive da tavola e olio	43.020	3,0	0,9
pesco	900	23,4	0,2
nocciola	3.120	1,4	1,9

Tabella 35: Superficie, resa (t/ha) e indice Sp/Pp in Prov. di Salerno

## Regione Molise

Provincia: Campobasso			
	Sup. (ha)	Resa (t/ha)	Sp/Pp
frumento tenero	2.500	5,0	0,9
frumento duro	58.000	4,5	0,8
orzo	1.500	5,1	0,8
mais	500	12,3	0,8
pomodoro	900	91,8	0,3
uva da tavola e da vino	5.130	16,7	0,3
olive da tavola e da olio	11.720	5,1	0,7
mela	250	50,7	0,2
pesco	150	17,0	0,2
susina	135	16,6	0,1

Tabella 36: Superficie, resa (t/ha) e indice Sp/Pp in Prov. di Campobasso

Provincia: Isernia			
	Sup. (ha)	Resa (t/ha)	Sp/Pp
frumento tenero	1.100	5,0	1,0
frumento duro	2.000	4,5	0,8
orzo	150	5,1	0,8
mais	1.000	12,3	0,8
pomodoro	40	91,8	0,3
uva da tavola e da vino	405	16,7	0,4
olive da tavola e da olio	2.615	4,9	0,7
mela	40	50,7	0,2
pesco	60	17,0	0,3
susina	-	16,6	0,1

Tabella 37: Superficie, resa (t/ha) e indice Sp/Pp in Prov. di Isernia

## Regione Puglia

Provincia: Bari			
	Sup. (ha)	Resa (t/ha)	Sp/Pp
frumento tenero	5.300	4,1	1,1
frumento duro	37.000	3,4	1,1
orzo	7.000	3,3	1,1
avena	7.500	5,5	1,2
pomodoro	100	98,7	0,3
uva da tavola e da vino	7.180	20,9	0,3
olive da tavola e da olio	99.500	4,5	0,3
ciliegio	17.000	5,1	0,2
pesco	150	21,0	0,2
mandorlo	12.500	2,2	1,0

Tabella 38: Superficie, resa (t/ha) e indice Sp/Pp in Prov. di Bari

Provincia: Barletta-Andria-Trani			
	Sup. (ha)	Resa (t/ha)	Sp/Pp
frumento tenero	2.400	3,6	1,1
frumento duro	18.500	3,6	1,2
orzo	1.700	3,3	1,1
avena	900	4,1	1,1
pomodoro	250	97,1	0,3
uva da tavola e da vino	14.550	29,5	0,3
olive da tavola e da olio	32.570	4,4	0,3
ciliegio	750	5,3	0,2
pesco	1.600	19,2	0,2
mandorlo	830	2,2	1,0

Tabella 39: Superficie, resa (t/ha) e indice Sp/Pp in Prov. di Barletta -Andria -Trani

Provincia: Foggia			
	Sup. (ha)	Resa (t/ha)	Sp/Pp
frumento tenero	4.000	4,2	1,1
frumento duro	240.000	3,6	1,2
orzo	6.300	3,3	1,1
avena	8.700	4,6	1,1
pomodoro	16.000	96,8	0,3
uva da tavola e da vino	27.650	25,1	0,3
olive da tavola e da olio	54.100	5,1	0,3
ciliegio	150	5,3	0,2
pesco	500	22,2	0,2
mandorlo	1.450	2,2	1,0

Tabella 40: Superficie, resa (t/ha) e indice Sp/Pp in Prov. di Foggia

Provincia: Brindisi			
	Sup. (ha)	Resa (t/ha)	Sp/Pp
frumento tenero	1.600	4,1	1
frumento duro	19.000	3,6	1
orzo	1.600	3,3	1,1
avena	1.850	5,5	1,1
pomodoro	1.200	98,7	0,3
uva da tavola e da vino	9.500	11,9	0,3
olive da tavola e da olio	63.800	4,2	0,4
ciliegio	260	5,3	0,2
pesco	700	19,1	0,2
mandorlo	4.500	2,2	1,0

Tabella 41: Superficie, resa (t/ha) e indice Sp/Pp in Prov. di Brindisi

## Regione Puglia

Provincia: Taranto			
	Sup. (ha)	Resa (t/ha)	Sp/Pp
frumento tenero	2.000	4,1	1,1
frumento duro	10.000	3,6	1,1
orzo	3.000	3,3	1,1
avena	3.000	5,5	1,2
pomodoro	400	98,7	0,3
uva da tavola e da vino	16.000	12,6	0,2
olive da tavola e da olio	36.200	2,9	0,3
ciliegio	280	5,3	0,2
pesco	80	19,1	0,2
mandorlo	500	2,2	1,0

*Tabella 43: Superficie, resa (t/ha) e indice Sp/Pp in Prov. di Taranto*

Provincia: Lecce			
	Sup. (ha)	Resa (t/ha)	Sp/Pp
frumento tenero	-	4,1	1
frumento duro	21.000	3,6	1
orzo	3.100	3,3	1,1
avena	2.900	5,5	1,1
pomodoro	390	80,0	0,3
uva da tavola e da vino	9.950	10,4	0,3
olive da tavola e da olio	95.980	3,9	0,5
ciliegio	9	5,3	0,2
pesco	120	19,1	0,2
mandorlo	78	2,2	1,0

*Tabella 42: Superficie, resa (t/ha) e indice Sp/Pp in Prov. di Lecce*

## ALLEGATI II

Tabelle contenenti i confronti fra algoritmi nativi di QGIS e algoritmi di software esterni.

Tabella 44: Specifiche dispositivo pc utilizzato per confronto algoritmi

SPECIFICHE DISPOSITIVO		
Processore	Ram	Tipo sistema
Intel (R) Core (TM) i7-7700HQ CPU @ 2.80 GHz	8,00 GB	Sistema operativo 64 bit

Tabella 45: Confronto fra algoritmi, Ritaglia di QGIS e Ritaglia vettore con maschera di GDAL

Software	QGIS 3.2	GDAL 2.2.4
Plugin	Ritaglia	Ritaglia vettore con maschera
Layer in ingresso	<i>Regioni Sud Italia.shp</i>	<i>Regioni Sud Italia.shp</i>
Vettore di ritaglio	<i>Regione Puglia.shp</i>	<i>Regione Puglia.shp</i>
Algoritmo	<pre>{ 'INPUT' : 'C:\\Users\\phmar\\Desktop\\confronto plugin\\Shapefile\\Regioni Sud Italia.shp', 'OUTPUT' : 'memory:', 'OVERLAY' : 'C:\\Users\\phmar\\Desktop\\confronto plugin\\Shapefile\\Regione Puglia.shp' }</pre>	<p>Input parameters:            { 'INPUT' : 'C:/Users/phmar/Desktop/confronto plugin/Shapefile/Regioni Sud Italia.shp', 'MASK' : 'C:/Users/phmar/Desktop/confronto plugin/Shapefile/Regione Puglia.shp', 'OPTIONS' : '', 'OUTPUT' : 'C:/Users/phmar/AppData/Local/Temp/processing_6153b2f765f743088344ca34510c9bcd/6cbe86e4e28f445d802382a823665fd0/OUTPUT.shp' }</p> <p>GDAL command:            ogr2ogr -clipsrc "C:/Users/phmar/Desktop/confronto plugin/Shapefile/Regione Puglia.shp" -clipsrclayer "Regione Puglia" "C:/Users/phmar/AppData/Local/Temp/processing_6153b2f765f743088344ca34510c9bcd/6cbe86e4e28f445d802382a823665fd0/OUTPUT.shp" "C:/Users/phmar/Desktop/confronto plugin/Shapefile/Regioni Sud Italia.shp" -f "ESRI Shapefile"</p>
Tempo	12,62 sec	2,63 sec
Risultato	<pre>{'OUTPUT': 'output_e0fc45a4_9573_48e4_8c2a_5dcb58e4b744'}</pre>	<pre>{'OUTPUT': &lt;QgsProcessingOutputLayerDefinition { 'sink': 'C:/Users/phmar/AppData/Local/Temp/processing_6153b2f765f743088344ca34510c9bcd/6cbe86e4e28f445d802382a823665fd0/OUTPUT.shp', 'createOptions': { 'fileEncoding': 'System' } } &gt;}</pre>
Note	\	<p>ERROR 1: Attempt to write non-polygon (POINT) geometry to POLYGON type Shapefile.            ERROR 1: Unable to write feature 4 from layer Regioni Sud Italia.            ERROR 1: Terminating translation prematurely after failed translation of layer Regioni Sud Italia (use -skipfailures to skip errors)</p>

Tabella 46: Confronto fra algoritmi, Intersezione di QGIS e Intersezione di SAGA

Software	QGIS 3.2	SAGA 2.3.2
Plugin	Intersezione	Intersezione
Layer in ingresso	<i>UsodelsuoloSUD.shp</i>	<i>UsodelsuoloSUD.shp</i>
Vettore di transizione	<i>Regione Puglia.shp</i>	<i>Regione Puglia.shp</i>
Algoritmo	<pre>{ 'INPUT' : 'C:\\Users\\phmar\\Desktop\\confronto plugin\\Shapefile\\usodelsuoloSUD.shp', 'INPUT_FIELDS' : [], 'OUTPUT' : 'memory:', 'OVERLAY' : 'C:\\Users\\phmar\\Desktop\\confronto plugin\\Shapefile\\Regione Puglia.shp', 'OVERLAY_FIELDS' : [] }</pre>	<pre>{ 'A' : 'C:/Users/phmar/Desktop/confronto plugin/Shapefile/usodelsuoloSUD.shp', 'B' : 'C:/Users/phmar/Desktop/confronto plugin/Shapefile/Regione Puglia.shp', 'RESULT' : 'C:/Users/phmar/AppData/Local/Temp/processing_6153b2f765f743088344ca34510c9bcd/838fc21ef09044db95a85838289b9f20/RESULT.shp', 'SPLIT' : True }  shapes_polygons "Intersect" -A "C:/Users/phmar/Desktop/confronto plugin/Shapefile/usodelsuoloSUD.shp" -B "C:/Users/phmar/Desktop/confronto plugin/Shapefile/Regione Puglia.shp" -SPLIT true -RESULT "C:/Users/phmar/AppData/Local/Temp/processing_6153b2f765f743088344ca34510c9bcd/838fc21ef09044db95a85838289b9f20/RESULT.shp"</pre>
Tempo	311,11 sec	59,50 sec
Risultato	<pre>{'OUTPUT': 'output_68bb2256_2d1c_435b_8014_8ca1e3a2fac7'}</pre>	<pre>{'RESULT': 'C:/Users/phmar/AppData/Local/Temp/processing_6153b2f765f743088344ca34510c9bcd/838fc21ef09044db95a85838289b9f20/RESULT.shp'}</pre>
Note	\	\

Tabella 47: Confronto fra algoritmi, Unione di QGIS, Polygon union di SAGA e v.patch di GRASS

Software	QGIS 3.2	SAGA 2.3.2	GRASS 7.4.1
Plugin	Unione	Polygon union	v.patch
Layer in ingresso	<i>Regione Basilicata.shp</i>	<i>Regione Basilicata.shp</i>	<i>Regione Basilicata.shp</i>
Vettore di unione	<i>Regione Puglia.shp</i>	<i>Regione Puglia.shp</i>	<i>Regione Puglia.shp</i>
Algoritmo	<pre>{ 'INPUT' : 'C:\\Users\\phmar\\Desktop\\confronto plugin\\Shapefile\\Regione Basilicata.shp', 'OUTPUT' : 'memory:', 'OVERLAY' : 'C:\\Users\\phmar\\Desktop\\confronto plugin\\Shapefile\\Regione Puglia.shp' }</pre>	<pre>{ 'A' : 'C:/Users/phmar/Desktop/confronto plugin/Shapefile/Regione Basilicata.shp', 'B' : 'C:/Users/phmar/Desktop/confronto plugin/Shapefile/Regione Puglia.shp', 'RESULT' : 'C:/Users/phmar/AppData/Local/Temp/processing_6153b2f765f743088344ca34510c9bcd/6ef152180b784f2b92e33139dc86885d/RESULT.shp', 'SPLIT' : True }</pre> <pre>shapes_polygons "Union" -A "C:/Users/phmar/Desktop/confronto plugin/Shapefile/Regione Basilicata.shp" -B "C:/Users/phmar/Desktop/confronto plugin/Shapefile/Regione Puglia.shp" -SPLIT true -RESULT "C:/Users/phmar/AppData/Local/Temp/processing_6153b2f765f743088344ca34510c9bcd/6ef152180b784f2b92e33139dc86885d/RESULT.shp"</pre>	<pre>{ '-e' : True, 'GRASS_MIN_AREA_PARAMETER' : 0.0001, 'GRASS_OUTPUT_TYPE_PARAMETER' : 0, 'GRASS_REGION_PARAMETER' : None, 'GRASS_SNAP_TOLERANCE_PARAMETER' : -1, 'GRASS_VECTOR_DSCO' : '', 'GRASS_VECTOR_LCO' : '', 'bbox' : 'C:/Users/phmar/AppData/Local/Temp/processing_58b84ecacfa34fd7b5e49c5b320cb820/83be4a6b649347a4ae7c22b731a57f48/bbox.shp', 'input' : ['C:/Users/phmar/Desktop/confronto plugin/Shapefile/Regione Basilicata.shp', 'C:/Users/phmar/Desktop/confronto plugin/Shapefile/Regione Puglia.shp'], 'output' : 'C:/Users/phmar/AppData/Local/Temp/processing_58b84ecacfa34fd7b5e49c5b320cb820/8b1c9661436c4ec79a92a162be4d6d5d/output.shp' } g.proj -c proj4="+proj=utm +zone=32 +datum=WGS84 +units=m +no_defs" v.in.ogr min_area=0.0001 snap=-1.0 input="C:/Users/phmar/Desktop/confronto plugin/Shapefile/Regione Basilicata.shp" output="vector_5df76b0f9cc8d6" --overwrite -o v.in.ogr min_area=0.0001 snap=-1.0 input="C:/Users/phmar/Desktop/confronto plugin/Shapefile/Regione Puglia.shp" output="vector_5df76b0f9cc8d7" --overwrite -o g.region n=4697000.091399998 s=4439934.0349 e=1312016.1506 w=994467.148299998 v.patch input=vector_5df76b0f9cc8d6,vector_5df76b0f9cc8d7 -e output=output3d56750180ae4f87aafdc09199e68129 bbox=bbox3d56750180ae4f87aafdc09199e68129 --overwrite v.out.ogr -c type="auto" input="output3d56750180ae4f87aafdc09199e68129" output="C:/Users/phmar/AppData/Local/Temp/processing_58b84ecacfa34fd7b5e49c5b320cb820/8b1c9661436c4ec79a92a162be4d6d5d/output.shp" format="ESRI_Shapefile" --overwrite v.out.ogr -c type="auto" input="bbox3d56750180ae4f87aafdc09199e68129" output="C:/Users/phmar/AppData/Local/Temp/processing_58b84ecacfa34fd7b5e49c5b320cb820/83be4a6b649347a4ae7c22b731a57f48/bbox.shp" format="ESRI_Shapefile" --overwrite</pre>
Tempo	1,08 sec	12,91 sec	13,94 sec

<b>Risultato</b>	{'OUTPUT': 'output_3c0dbf87_0a25_4884_9717_65cb62cc6d01'}	{'RESULT': 'C:/Users/phmar/AppData/Local/Temp/processing_6153b2f765f743088344ca34510c9bcd/6ef152180b784f2b92e33139dc86885d/RESULT.shp'}	{'bbox': <QgsProcessingOutputLayerDefinition {'sink':C:/Users/phmar/AppData/Local/Temp/processing_58b84eca-cfa34fd7b5e49c5b320cb820/83be4a6b649347a4ae7c22b731a57f48/bbox.shp, 'createOptions': {'fileEncoding': 'System'}}>, 'output': <QgsProcessingOutputLayerDefinition {'sink':C:/Users/phmar/AppData/Local/Temp/processing_58b84eca-cfa34fd7b5e49c5b320cb820/8b1c9661436c4ec79a92a162be4d6d5d/output.shp, 'createOptions': {'fileEncoding': 'System'}}>}
<b>Note</b>	\	\	\

Tabella 48: Confronto fra algoritmi, Differenza di QGIS e Differenza di SAGA

<b>Software</b>	QGIS 3.2	SAGA 2.3.2
<b>Plugin</b>	Differenza	Differenza
<b>Layer in ingresso</b>	<i>Regioni Sud Italia.shp</i>	<i>Regioni Sud Italia.shp</i>
<b>Vettore di transizione</b>	<i>Regione Puglia.shp</i>	<i>Regione Puglia.shp</i>
<b>Algoritmo</b>	{'INPUT': 'C:/Users/phmar/Desktop/confronto plugin/Shapefile/Regioni Sud Italia.shp', 'OUTPUT': 'memory:', 'OVERLAY': 'C:/Users/phmar/Desktop/confronto plugin/Shapefile/Regione Puglia.shp' }	{ 'A': 'C:/Users/phmar/Desktop/confronto plugin/Shapefile/Regioni Sud Italia.shp', 'B': 'C:/Users/phmar/Desktop/confronto plugin/Shapefile/Regione Puglia.shp', 'RESULT': 'C:/Users/phmar/AppData/Local/Temp/processing_6153b2f765f743088344ca34510c9bcd/e15f1bbd4f73424fbe712de15f117e10/RESULT.shp', 'SPLIT': True }  shapes_polygons "Difference" -A "C:/Users/phmar/Desktop/confronto plugin/Shapefile/Regioni Sud Italia.shp" -B "C:/Users/phmar/Desktop/confronto plugin/Shapefile/Regione Puglia.shp" -SPLIT true -RESULT "C:/Users/phmar/AppData/Local/Temp/processing_6153b2f765f743088344ca34510c9bcd/e15f1bbd4f73424fbe712de15f117e10/RESULT.shp"
<b>Tempo</b>	3,16 sec	11,78 sec
<b>Risultato</b>	{'OUTPUT': 'output_18115061_4886_4c3f_8eda_e6c263cea3ad'}	{'RESULT': 'C:/Users/phmar/AppData/Local/Temp/processing_6153b2f765f743088344ca34510c9bcd/e15f1bbd4f73424fbe712de15f117e10/RESULT.shp'}
<b>Note</b>	\	errore di visualizzazione



Tabella 49: Confronto fra algoritmi, Differenza simmetrica di QGIS e Differenza simmetrica di SAGA

<b>Software</b>	QGIS 3.2	SAGA 2.3.2
<b>Plugin</b>	Differenza simmetrica	Differenza simmetrica
<b>Layer in ingresso</b>	<i>Regioni Sud Italia.shp</i>	<i>Regioni Sud Italia.shp</i>
<b>Vettore di transizione</b>	<i>Regione Puglia.shp</i>	<i>Regione Puglia.shp</i>
<b>Algoritmo</b>	<pre>{ 'INPUT' : 'C:/Users/phmar/Desktop/confronto plugin/Shapefile/Regioni Sud Italia.shp', 'OUTPUT' : 'memory:', 'OVERLAY' : 'C:/Users/phmar/Desktop/confronto plugin/Shapefile/Regione Puglia.shp' }</pre>	<pre>{ 'A' : 'C:/Users/phmar/Desktop/confronto plugin/Shapefile/Regioni Sud Italia.shp', 'B' : 'C:/Users/phmar/Desktop/confronto plugin/Shapefile/Regione Puglia.shp', 'RESULT' : 'C:/Users/phmar/AppData/Local/Temp/processing_6153b2f765f743088344ca34510c9bcd/51374a9885894b328d340e66203e1583/RESULT.shp', 'SPLIT' : True } shapes_polygons "Symmetrical Difference" -A "C:/Users/phmar/Desktop/confronto plugin/Shapefile/Regioni Sud Italia.shp" -B "C:/Users/phmar/Desktop/confronto plugin/Shapefile/Regione Puglia.shp" -SPLIT true -RESULT "C:/Users/phmar/AppData/Local/Temp/processing_6153b2f765f743088344ca34510c9bcd/51374a9885894b328d340e66203e1583/RESULT.shp"</pre>
<b>Tempo</b>	66,29 sec	12,36 sec
<b>Risultato</b>	<pre>{'OUTPUT': 'output_9bad7c02_c5f4_4ae8_9984_308912be9a90'}</pre>	<pre>{'RESULT': 'C:/Users/phmar/AppData/Local/Temp/processing_6153b2f765f743088344ca34510c9bcd/51374a9885894b328d340e66203e1583/RESULT.shp'}</pre>
<b>Note</b>	\	errore di visualizzazione

## INDICE DELLE FIGURE

Figura 1: Quota di energia da fonti rinnovabili nel 2018 (in % del consumo finale lordo di energia) Fonte: Eurostat .....	4
Figura 2: Infografica sugli sprechi agroalimentari (Fonte: Magazine del Barilla Centre for Food & Nutrition, 2013).....	5
Figura 3: Mix energetici d'Italia e UE (fonte: Eurostat).....	9
Figura 4: Distribuzione regionale della produzione elettrica degli impianti alimentati da biomasse solide nel 2018 (fonte: GSE su elaborazione dati TERNA).....	11
Figura 5: Distribuzione regionale della produzione elettrica degli impianti alimentati da biogas nel 2018 (fonte: GSE su elaborazione dati TERNA).....	11
Figura 6: Individuazione area di studio .....	25
Figura 7: Modello di elevazione digitale (fonte dati SINANET, elaborato su QGIS).....	26
Figura 8: destinazioni dei residui delle coltivazioni agricole e delle industrie connesse (fonte: ITABIA 2008) .....	32
Figura 9: Distribuzione e quantificazione della Biomassa Residuale Agricola (BRA) in t <sub>ss</sub> /anno in Abruzzo prodotte da vigneti, oliveti e seminativi. ....	43
Figura 10: Distribuzione e quantificazione della Biomassa Residuale Agricola (BRA) in t <sub>ss</sub> /anno in Basilicata prodotte da vigneti, oliveti e seminativi. ....	46
Figura 11: Distribuzione e quantificazione della Biomassa Residuale Agricola (BRA) in t <sub>ss</sub> /anno in Calabria prodotte da vigneti, oliveti e seminativi. ....	49
Figura 12: Distribuzione e quantificazione della Biomassa Residuale Agricola (BRA) in t <sub>ss</sub> /anno in Campania prodotte da vigneti, oliveti e seminativi.....	52
Figura 13: Distribuzione e quantificazione della Biomassa Residuale Agricola (BRA) in t <sub>ss</sub> /anno in Molise prodotte da vigneti, oliveti e seminativi.....	55
Figura 14: Distribuzione e quantificazione della Biomassa Residuale Agricola (BRA) in t <sub>ss</sub> /anno in Puglia prodotte da vigneti, oliveti e seminativi.....	58
Figura 15: Distribuzione e quantificazione della Biomassa Residuale Agricola (BRA) in t <sub>ss</sub> /anno in Sud Italia prodotte da vigneti, oliveti e seminativi. ....	59
Figura 16: Superficie regionale in ha delle colture di Seminativi, Oliveti e Vigneti.....	61
Figura 17: Quantificazione della Biomassa Residuale Agricola (BRA) in t <sub>ss</sub> /anno in Sud Italia prodotte da seminativi. ....	62
Figura 18: Quantificazione della Biomassa Residuale Agricola (BRA) in t <sub>ss</sub> /anno in Sud Italia prodotte da vigneti.....	62
Figura 19: Quantificazione della Biomassa Residuale Agricola (BRA) in t <sub>ss</sub> /anno in Sud Italia prodotte da oliveti.....	63
Figura 20: Localizzazione e Potenza Nominale degli impianti a Biomassa solida in Sud Italia .....	65
Figura 21: Schema impianto alimentato da biomasse solide (fonte: GSE 2010).....	68
Figura 22: Proposta locazione nuovi impianti da 5 MW rispetto a impianti già esistenti con potenza nominale maggiore di 2 MW .....	71

## INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1: Tempi di recupero e utilizzi dello scarto dei cereali autunno-vernini, riso e mais da granella .....	15
Tabella 2: Tempi di recupero e utilizzi degli scarti di patate, pomodori e carciofi .....	15
Tabella 3: Tempi di recupero e utilizzi degli scarti di vite, olivo e principali colture frutticole .....	16
Tabella 4: Contenuto di umidità e percentuale di riutilizzo delle colture analizzate (fonte: Umidità da studio ENAMA, Riutilizzo da studio ITABIA) .....	40
Tabella 5: Valori di SAU, Resa (t/ha) e Indice Sp/Pp per le colture principali in Abruzzo ....	41
Tabella 6: Disponibilità della biomassa residua stimata e relativa incertezza di quantificazione .....	42
Tabella 7: Valori di SAU, Resa (t/ha) e Indice Sp/Pp per le colture principali in Basilicata ..	44
Tabella 8: Disponibilità della biomassa residua in Basilicata e relativa incertezza di quantificazione .....	45
Tabella 9: Valori di SAU, Resa (t/ha) e Indice Sp/Pp per le colture principali in Calabria.....	47
Tabella 10. Disponibilità della biomassa residua in Calabria e relativa incertezza di quantificazione .....	48
Tabella 11: Valori di SAU, Resa (t/ha) e Indice Sp/Pp per le colture principali in Campania	50
Tabella 12: Disponibilità della biomassa residua. in Campania e relativa incertezza di quantificazione .....	51
Tabella 13. Valori di SAU, Resa (t/ha) e Indice Sp/Pp per le colture principali in Molise .....	53
Tabella 14: Disponibilità della biomassa residua in Molise e relativa incertezza di quantificazione .....	54
Tabella 15: Valori di SAU, Resa (t/ha) e Indice Sp/Pp per le colture principali in Puglia .....	56
Tabella 16: Disponibilità della biomassa residua in Puglia e relativa incertezza di quantificazione .....	57
Tabella 17: Analisi tecnica di quattro impianti a biomassa solida (fonte: ENAMA) .....	69
Tabella 18: Studio teorico su impianto a biomassa solida con potenza nominale di 5 MW ....	70
Tabella 19: Confronto fra algoritmi, Intersezione di QGIS e Intersezione di SAGA .....	73
Tabella 20: Superficie, resa (t/ha) e indice Sp/Pp in Prov. di L'Aquila .....	79
Tabella 21: Superficie, resa (t/ha) e indice Sp/Pp in Prov. di Chieti.....	79
Tabella 22: Superficie, resa (t/ha) e indice Sp/Pp in Prov. di Pescara .....	79
Tabella 23: Superficie, resa (t/ha) e indice Sp/Pp in Prov. di Teramo .....	79
Tabella 24: Superficie, resa (t/ha) e indice Sp/Pp in Prov. di Matera .....	79
Tabella 25: Superficie, resa (t/ha) e indice Sp/Pp in Prov. di Potenza.....	79
Tabella 26; Superficie, resa (t/ha) e indice Sp/Pp in Prov. di Catanzaro .....	80
Tabella 27: Superficie, resa (t/ha) e indice Sp/Pp in Prov. di Cosenza.....	80
Tabella 28: Superficie, resa (t/ha) e indice Sp/Pp in Prov. di Crotona .....	80
Tabella 29: Superficie, resa (t/ha) e indice Sp/Pp in Prov. di Reggio di Calabria .....	80
Tabella 30: Superficie, resa (t/ha) e indice Sp/Pp in Prov. di Vibo Valentia.....	80
Tabella 31: Superficie, resa (t/ha) e indice Sp/Pp in Prov. di Avellino .....	81
Tabella 32: Superficie, resa (t/ha) e indice Sp/Pp in Prov. di Benevento .....	81
Tabella 33: Superficie, resa (t/ha) e indice Sp/Pp in Prov. di Caserta .....	81
Tabella 34: Superficie, resa (t/ha) e indice Sp/Pp in Prov. di Napoli .....	81
Tabella 35: Superficie, resa (t/ha) e indice Sp/Pp in Prov. di Salerno .....	81
Tabella 36: Superficie, resa (t/ha) e indice Sp/Pp in Prov. di Campobasso .....	82
Tabella 37: Superficie, resa (t/ha) e indice Sp/Pp in Prov. di Isernia .....	82

Tabella 38: Superficie, resa (t/ha) e indice Sp/Pp in Prov. di Bari .....	82
Tabella 39: Superficie, resa (t/ha) e indice Sp/Pp in Prov. di Barletta -Andria -Trani .....	82
Tabella 40: Superficie, resa (t/ha) e indice Sp/Pp in Prov. di Foggia .....	82
Tabella 41: Superficie, resa (t/ha) e indice Sp/Pp in Prov. di Brindisi .....	82
Tabella 42: Superficie, resa (t/ha) e indice Sp/Pp in Prov. di Lecce .....	83
Tabella 43: Superficie, resa (t/ha) e indice Sp/Pp in Prov. di Taranto .....	83
Tabella 44: Specifiche dispositivo pc utilizzato per confronto algoritmi .....	84
Tabella 45: Confronto fra algoritmi, Ritaglia di QGIS e Ritaglia vettore con maschera di GDAL.....	84
Tabella 46: Confronto fra algoritmi, Intersezione di QGIS e Intersezione di SAGA.....	85
Tabella 47: Confronto fra algoritmi, Unione di QGIS, Polygon union di SAGA e v.patch di GRASS .....	86
Tabella 48: Confronto fra algoritmi, Differenza di QGIS e Differenza di SAGA.....	87
Tabella 49: Confronto fra algoritmi, Differenza simmetrica di QGIS e Differenza simmetrica di SAGA.....	88

## BIBLIOGRAFIA

- [1] IEA , «International Energy Agency,» [Online]. Available: <https://www.iea.org/>. [Consultato il giorno Gennaio 2020].
- [2] BP, «BP Statistical Review of World Energy,» *BP Statistical Review of World Energy*, 2019.
- [3] IEA, «World Energy Outlook 2019,» 2019.
- [4] IEA, «Renewables 2019 - Market analysis and forecast from 2019 to 2024,» 2019.
- [5] EUROSTAT, «Renewable energy statistics,» 2020.
- [6] Commissione Europea, «Una strategia quadro per un'Unione dell'energia resiliente, corredata da una politica,» 2015.
- [7] C. Europea, «Un pianeta pulito per tutti. Visione Strategica europea a lungo termine per un'economia prospera, moderna, competitiva e climaticamente neutra,» 2018.
- [8] MISE, «Strategia Energetica Nazionale - SEN 2017,» 2017.
- [9] ENEA, «Energia dalle biomasse - Tecnologie e prospettive,» 2008.
- [10] Ministero delle Politiche Agricole, Alimentari e Forestali, «Piano di Settore per le Bioenergie - Le Filiere Bioenergetiche e l'Agricoltura Italiana,» 2014.
- [11] MIPAAF, «L'agricoltura biologica nella programmazione 2014-2020,» 2018.
- [12] ENEA, «Bioenergia, Bioraffineria e Chimica Verde,» [Online]. Available: [https://www.enea.it/it/Ricerca\\_sviluppo/lenergia/fonti-rinnovabili/bioenergia-bioraffineria-chimica-verde](https://www.enea.it/it/Ricerca_sviluppo/lenergia/fonti-rinnovabili/bioenergia-bioraffineria-chimica-verde). [Consultato il giorno Gennaio 2020].
- [13] ENAMA, «CARATTERISTICHE TECNICHE DELLE BIOMASSE E DEI BIOCOMBUSTIBILI,» *BIOMASSE ED ENERGIA*, 2012.
- [14] «D. Lgs. 3/04/2006 n. 152 - Norme in materia ambientale,» 2006.
- [15] «D. Lgs. 3/12/2010 n. 205,» 2010.
- [16] M. Mangiameli, P. Roccaro, G. Mussumeci e F. Vagliasindi, «Free and open-source GIS technologies for the management of woody biomass,» *Applied Geomatics*, 2019.
- [17] M. Gergeľová, Š. Kuzevič e Ž. Kuzevičová, «Analysis of the potential of the forest biomass using Gis,» *International Multidisciplinary Scientific GeoConference (SGEM)*, 2017.
- [18] A. Colantoni , F. Recatanesi, F. Romagnoli, S. Baldini e M. Felicetti, «Decision analysis for the determination of biomass in the territory Tuscia Romana by geographic

- information system and forest management plans,» *Journal of Agricultural Engineering*, 2013.
- [19] Aspen Institute Italia, «Massimizzare il potenziale energetico nazionale tra crescita e sostenibilità,» 2018.
- [20] Ministero dello Sviluppo Economico - DGSAIE, «La situazione energetica nazionale nel 2017,» 2018.
- [21] ENEA, «Una valutazione dello stato del sistema energetico Italiano a quattro anni dalla Strategia Energetica Nazionale,» 2017.
- [22] GSE - Gestore Servizi Energetici, «Rapporto Statistico 2018,» *Energia da Fonti Rinnovabili in Italia*, 2018.
- [23] Camera dei Deputati - Servizio Studi, «Risparmio ed efficienza energetica,» 2019.
- [24] «L'Italia, al centro del Mediterraneo,» 2016. [Online]. Available: [https://www.pearson.it/libroliquido/demo/2016/Geografia\\_SSSG\\_9788861602281/01\\_h\\_unit.html](https://www.pearson.it/libroliquido/demo/2016/Geografia_SSSG_9788861602281/01_h_unit.html).
- [25] Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana, «D. Lgs 29/12/03, n. 387».
- [26] Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana, «D. Lgs 152/2006 ( Parte V, Allegato X, Parte II, sez. 4, n. 1)».
- [27] F. Cotana e G. Cavalaglio, «La valorizzazione energetica delle potature di olivo».
- [28] Camera di Commercio di Firenze, «Le biomasse: un'analisi su caratteristiche e prospettive del settore rivolta agli operatori agricoli della Toscana,» 2013.
- [29] ANPA, ONR, «I rifiuti del comparto agroalimentare - studio di settore,» 2001.
- [30] ITABIA, «Biomassa e Bioenergia».
- [31] D. M. n. 9800 - 27/4/2012, «Stato dell'arte della Bioenergia in Italia,» 2012.
- [32] SORGENIA, «Pro e Contro dell Biomasse,» 2019. [Online]. Available: <https://www.sorgenia.it/guida-energia/mercato-libero/pro-e-contro-delle-biomasse>.
- [33] Ecoage, «Le Biomasse e il problema del trasporto,» [Online]. Available: <https://www.ecoage.it/biomasse-emissioni-trasporto.htm>. [Consultato il giorno Dic 2019].
- [34] ITABIA, «Impianti a Biocombustibili solidi per la produzione di energia elettrica».
- [35] L. Corbella, M. Cocchi e C. Sagarese, «Il progetto ENCROP - Produzione ed utilizzo di biomasse ligno cellulosiche da colture dedicate,» etaflorence, 2010.
- [36] BIOMASSAPP, «Pirolisi delle biomasse e vantaggi per l'ambiente,» 2018. [Online]. Available: <https://www.biomassapp.it/blog/pirolisi-delle-biomasse-e-vantaggi-lambiente-0>.

- [37] D. Dell'Antonia, «Gassificazione e pirolisi delle biomasse,» 2012.
- [38] Università degli studi di Cagliari - UniCa, «Pirolisi e Pirogassificazione delle biomasse,» [Online]. Available: <https://sites.unica.it/fitogen/pirolisi-e-pirogassificazione-delle-biomasse/>.
- [39] S.-N. N. Pronam e P. Ashok, *Biotechnology for agro-industrial residues utilisation: utilisation of agro-residues*, 2009.
- [40] P. Demirel e P. Scherer, «Production of methane from sugar beet silage without manure addition by a single-stage anaerobic digestion process,» *Biomass Bioenergy*, 2008.
- [41] A. Teixeira, N. Baenas, R. Dominguez-Perles, A. Barros, E. Rosa, D. A. Moreno e C. Garcia-Viguera, «Natural bioactive compounds from winery by-products as health promoters: A review,» *International Journal of Molecular Sciences*, vol. 15, 2014.
- [42] A. I. Potapovich, V. A. Kostyuk, T. V. Kostyuk, C. De Luca e L. G. Korkina, «Effects of pre- and post-treatment with plant polyphenols on human keratinocyte responses to solar UV,» *Inflammation Research*, vol. 62, 2013.
- [43] M. Lorencini, C. A. Brohem, G. C. Dieamant e H. I. Maibach, «Active ingredients against human epidermal aging,» *Ageing Research Reviews*, vol. 15, 2014.
- [44] N. Boussetta, J. Lanoisellé, C. Bedel-Cloutour e E. Vorobiev, «Extraction of soluble matter from grape pomace by high voltage electrical discharges for polyphenol recovery: Effect of sulphur dioxide and thermal treatments,» *Journal of Food Engineering*, vol. 95, 2009.
- [45] M. Corrales, S. Toepfl, P. Butz, D. Knorr e B. Tauscher, «Extraction of anthocyanins from grape by products assisted by ultrasonic, high hydrostatic pressure or pulsed electric fields: A comparison,» *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, vol. 9, 2008.
- [46] «LIFE Low Carbon Feed,» [Online]. Available: <https://lifelowcarbonfeed.com/en/>. [Consultato il giorno Febbraio 2020].
- [47] G. Mtui, «Recent advances in pretreatment of lignocellulosic wastes and production of value added products,» *African Journal of Biotechnology*, vol. 8, 2009.
- [48] A. Getachew e F. Woldeesenbet, «Production of biodegradable plastic by polyhydroxybutyrate (PHB) accumulating bacteria using low cost agricultural waste material,» *BMC Research Notes volume*, vol. 9, 2016.
- [49] «Wikipedia,» [Online]. Available: [https://it.wikipedia.org/wiki/Mezzogiorno\\_\(Italia\)](https://it.wikipedia.org/wiki/Mezzogiorno_(Italia)). [Consultato il giorno Ottobre 2019].
- [50] ISMEA, SVIMEZ, «Rapporto sull'agricoltura del Mezzogiorno,» 2016.
- [51] «QGIS User Guide - QGIS Project,» 2013.

- [52] «QGIS,» [Online]. Available: <https://www.qgis.org/it/site/>.
- [53] G. Pellizzi, G. Riva e M. Fiala, «POTENZIALITÀ ENERGETICA DA BIOMASSE NELLE REGIONI ITALIANE,» ENEA-AIGR, 1994.
- [54] SIAN , «Sistema Informativo Agricolo Nazionale,» [Online]. Available: <https://www.sian.it/consRese/paiRicerca.do>.
- [55] V. Motola, N. Colonna, V. Alfano, M. Gaeta, S. Sasso, V. De Luca, C. De Angelis, A. Soda e G. Braccio, «Censimento potenziale energetico biomasse, metodo indagine atlante Biomasse su WEB-GIS,» 2009.
- [56] N. GREGGIO e a. et, «Theoretical and unused potential for residual biomasses in the Emilia Romagna Region (Italy) through a revised and portable framework for their categorization,» *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 112, 2019.
- [57] ITABIA, «Rapporto 2008 - I traguardi della Bioenergia in Italia».
- [58] MiPAAF, «I Sottoprodotti di interesse del DM 6.7.2012 - Inquadramento, Potenzialità e Valutazioni,» in *I Sottoprodotti Agroforestali e Industriali a base rinnovabile*, 2013.
- [59] ISTAT, [Online]. Available: <https://www.istat.it/it/archivio/222527>.
- [60] SINANET, «GROUPWARE - Uso, copertura e consumo di suolo,» [Online]. Available: <http://groupware.sinanet.isprambiente.it/uso-copertura-e-consumo-di-suolo/library/copertura-del-suolo/corine-land-cover/corine-land-cover-2018-iv-livello>.
- [61] «Copernicus - Europe's eye on earth,» [Online]. Available: <https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover>.
- [62] QGIS Tutorial and Tips, «Principali tematizzazioni per dati vettoriali,» [Online]. Available: [http://www.qgistutorials.com/it/docs/basic\\_vector\\_styling.html](http://www.qgistutorials.com/it/docs/basic_vector_styling.html). [Consultato il giorno Novembre 2019].
- [63] A. Pellerano, A. Pantaleo, P. Tenerelli e M. T. Carone, «Studio per la valorizzazione energetica di biomasse agro forestali nella Regione Puglia,» 2007.
- [64] R. Infascelli, S. Faugno, S. Pindozi e L. Boccia, «Disponibilità di biomasse agro forestali e residui di potature in Campania,» 2009.
- [65] F. Valenti, S. Porto, G. Chinnici, R. Selvaggi, G. Cascone, C. Arcidiacono e B. Pecorino, «Use of citrus pulp for biogas production: A GIS analysis of citrus-growing areas and processing industries in South Italy,» *Land Use Policy*, vol. 66, 2017.
- [66] M. K. Delivand, A. R. Cammerino, P. Garofalo e M. Monteleone, «Optimal locations of bioenergy facilities, biomass spatial availability, logistics costs and GHG (greenhouse gas) emissions: A case study on electricity productions in South Italy,» *Journal of Cleaner Production online*, 2015.



- [67] GSE, «Atlaimpanti,» [Online]. Available: [https://atla.gse.it/atlaimpanti/project/Atlaimpanti\\_Internet.html](https://atla.gse.it/atlaimpanti/project/Atlaimpanti_Internet.html). [Consultato il giorno Dicembre 2019].
- [68] ENEA, «Rilievo indici di relazione tra produzione agricole e biomassa residuale associata, analisi del mercato della biomassa residuale nelle province delle regioni: Molise, Campania, Puglia, Basilicata, Calabria, Sicilia, Sardegna,» 2009.
- [69] INEA, «Il Settore Agricolo e Agroalimentare della Basilicata,» 2014.
- [70] INEA, «Il lento cambiamento dell'Agricoltura Calabrese,» 2012.
- [71] Regione Campania, «6° Censimento Generale dell'Agricoltura,» 2012.
- [72] M. Paladino e A. Scalera , «L'Agricoltura del Molise - Rapporto 2013,» 2013.
- [73] G. Riva, J. Calzoni e A. Panvini, «Impianti a Biomasse per la produzione di energia elettrica,» 2000.
- [74] ENAMA, «Filiera e sostenibilità - Sostenibilità, Tracciabilità e Certificazione».
- [75] Gazzetta ufficiale dell'Unione Europea, «Direttiva (UE) 2018/2001 sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili,» 2018.
- [76] ENAMA, «Filiera e Sostenibilità,» Intese di filiera e accordi quadro per la filiera agroindustriale.
- [77] Biomasse Italia, «Presentazione Aziendale,» 2013.

