



bioenergia

Improve regional policies for bio-energy
and territorial development

PIANO DI AZIONE PER LE BIOMASSE

Analisi dell'utilizzo di biomassa
in Provincia Autonoma di Trento

Processi e Tecnologie
di valorizzazione energetica

Potenzialità e sviluppo
e prospettive future



COMMITTENTE Agenzia Provinciale per l'Energia
RESPONSABILE SCIENTIFICO DELLO STUDIO prof. P. Baggio

ENTI INCARICATI
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRENTO
Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale e Meccanica
via Mesiano 77, 38123 Trento
FONDAZIONE EDMUND MACH
Centro Trasferimento Tecnologico
Dipartimento Sperimentazione e Servizi Tecnologici
Unità Biomasse ed Energie Rinnovabili
Via E. Mach 1, 38010 San Michele all'Adige - Trento

REDATTO DA
UNITN - ing. Elisa Pieratti
FEM - ing. Luca Tomasi, d.ssa Silvia Silvestri

HANNO COLLABORATO ALLA STESURA DELLA PRESENTE RELAZIONE
Analisi biomasse forestali
Università degli Studi di Trento - Dr. Sandro Sacchelli, Ing. Pietro Zambelli
Consulenza tecnica e scientifica - Prof. Ing. Marco Ragazzi

Analisi biomasse non forestali
Unità Biomasse ed energie rinnovabili - Lorenzo Forlin, Daniela Bona, Luca Grandi,
Andrea Cristoforetti, Giorgio De Ros
Consulenza tecnica e scientifica - Niccolò Brachetti Montorselli, Gianni Picchi, Raffaele Spinelli

Con la collaborazione di Dr. Damiano Fedel (a supporto di entrambi gli enti incaricati)



PREFAZIONE

PARTE PRIMA

1	INTRODUZIONE	7
----------	---------------------	----------

PARTE SECONDA

2	ANALISI DELL'UTILIZZO DI BIOMASSA IN PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO	13
----------	--	-----------

3	PROCESSI E TECNOLOGIE DI VALORIZZAZIONE ENERGETICA	51
----------	---	-----------

PARTE TERZA

4	POTENZIALITÀ DI SVILUPPO E PROSPETTIVE FUTURE	85
----------	--	-----------

5	BIBLIOGRAFIA	111
----------	---------------------	------------

LE BIOMASSE IN PROVINCIA DI TRENTO

L'energia prodotta da biomasse, ovvero dall'insieme dei prodotti organici vegetali e animali utilizzati a fini energetici, rappresenta una delle principali fonti di energia rinnovabile attualmente consumata nell'UE e, in prospettiva degli obiettivi 2020, acquisirà ancora maggiore rilevanza. Anche in provincia di Trento, le biomasse rappresentano una quota significativa di consumi, dopo l'energia idroelettrica la fonte rinnovabile più utilizzata. Il legno da foresta, inteso nei suoi più vari sottoprodotti (residui dalle operazioni di taglio, scarti di prima lavorazione, legna da ardere) è senza dubbio l'elemento principale, ma non bisogna sottovalutare le potenzialità energetiche delle fonti agricole ed agroindustriali (settore zootecnico, settore vitivinicolo, potatura della vite e del melo) nonché della parte umida dei rifiuti urbani (FORSU).

L'IMPORTANZA DI UN PIANO DI AZIONE PER LE BIOMASSE

Il **Piano d'Azione per le Biomasse (BAP)** della provincia di Trento evidenzia gli obiettivi e le strategie provinciali per lo sviluppo dell'impiego delle Biomasse a fini energetici e per lo sviluppo della filiera locale.

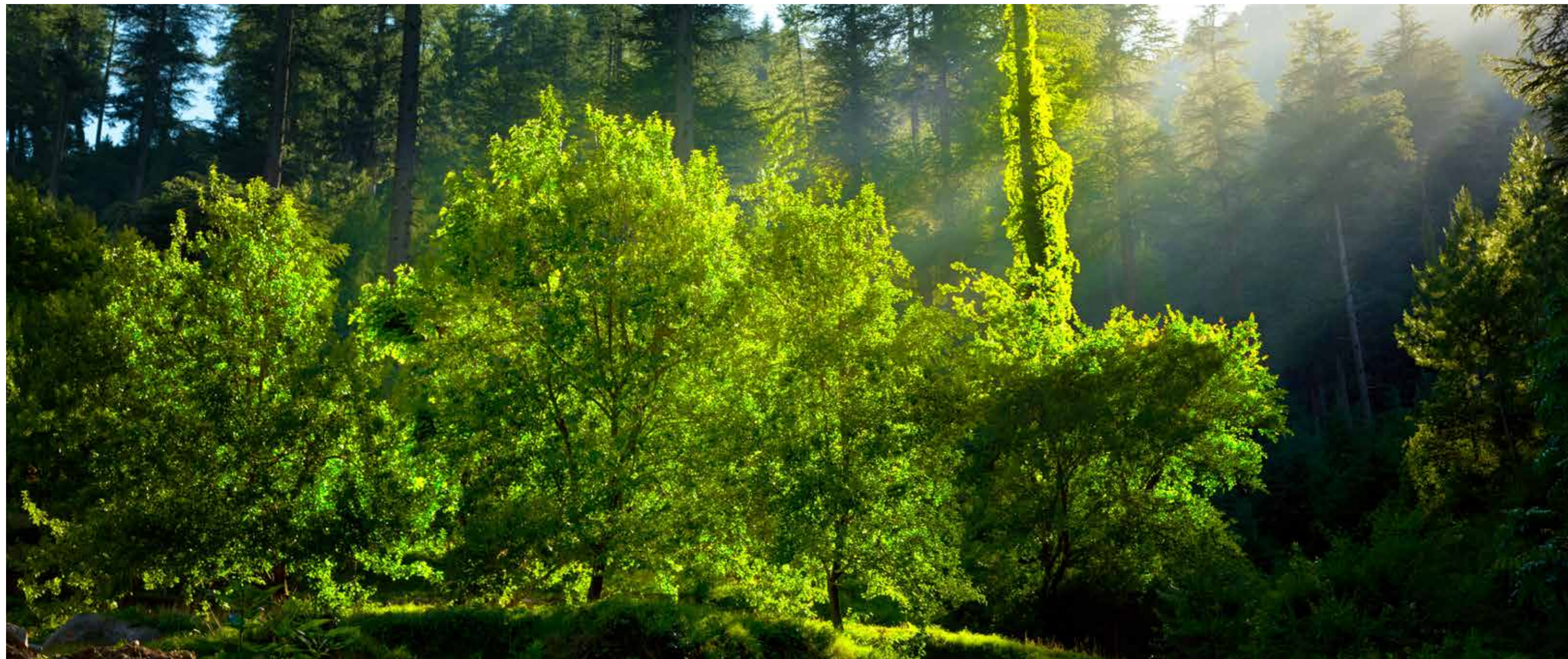
Le biomasse sono delle fonti energetiche, prodotte e utilizzate a scala locale, che rappresentano una risorsa dagli molteplici e positivi aspetti: da una parte, costituiscono un elemento indispensabile per far fronte alla crescente dipendenza delle importazioni in campo energetico; dall'altra, essendo fonti energetiche rinnovabili, permettono una significativa riduzione delle emissioni di gas a effetto serra; infine, ma non da ultimo, rappresentano a livello di piccoli territori una grande potenzialità di sviluppo socioeconomico.

Per tutti questi motivi il BAP, nelle sue principali analisi qualitative e nelle indicazioni di linee strategiche e di azioni, è confluito nel nuovo Piano Energetico Ambientale Provinciale 2014-2020, approvato dalla Provincia Autonoma di Trento per rispettare il Burden Sharing nazionale in materia di nuova produzione energetica da fonti rinnovabili. Rispetto ai due scenari di produzione da fonti rinnovabili al 2020, rispettivamente lo scenario basso e quello alto, e a parità di apporto idroelettrico, più del 50% della produzione incrementale rinnovabile sarà prodotto tramite l'utilizzo di biomasse.

All'interno del comparto biomasse, un ruolo assolutamente determinante è riservato in particolare al settore delle biomasse legnose; esse presentano la maggiore potenzialità sia in termini di migliore utilizzo dei quantitativi già sfruttati (sostituzione degli impianti esistenti, poco efficienti, con impianti ad elevata effi-

cienza), sia in termini di sfruttamento di risorse attualmente non utilizzate (biomasse residuali agricole, scarti da cantieri forestali). In misura minore, ma ugualmente rilevante per la soluzione di specifici comparti produttivi, come ad esempio quello zootecnico, contribuirà la produzione di biogas ottenuto da reflui di allevamenti.

Il piano d'Azione per le Biomasse è stato finanziato dal progetto europeo **BIO-EN-AREA** che ha come obiettivo principale la condivisione di **soluzioni innovative** tra regioni europee in materia di bioenergie, considerate non solo come fonti di energia rinnovabile ma anche come **catalizzatori di sviluppo locale**. Il progetto, coordinato dalla regione spagnola di Castilla y Leon, si avvale della collaborazione di altri sei partner di progetto provenienti, oltre all'Italia, dall'Irlanda, dalla Svezia, dall'Estonia e dalla Grecia.





1.1 DEFINIZIONE DEL CONTESTO ED INDIVIDUAZIONE DELLE TIPOLOGIE DI BIOMASSA DISPONIBILI SUL TERRITORIO PROVINCIALE

PREMESSA

Lo sviluppo sostenibile della società richiede interventi al fine di minimizzare il ricorso alle fonti fossili convenzionali e l'impatto ambientale delle attività antropiche. Le soluzioni di efficienza sono chiamate a razionalizzare gli usi finali dell'energia elettrica e termica presso gli utenti, per abbattere i fabbisogni energetici degli edifici e degli impianti: si evidenzia che incrementare l'efficienza energetica significa ridurre i consumi senza rinunce e sacrifici o senza compromettere la qualità di un servizio reso ai cittadini, nel caso si intervenga su un edificio o su un impianto di utilità pubblica. Al termine di un processo di ottimizzazione dei fabbisogni, gli interventi di produzione energetica da fonte rinnovabile possono garantire la totale o parziale copertura dei fabbisogni medesimi, contribuendo ad un ulteriore sensibile abbattimento dell'impatto ambientale e delle emissioni in atmosfera.

Le energie rinnovabili di fonte agricola ed agroindustriale, in particolare, offrono l'opportunità di contribuire alla riduzione della dipendenza energetica e di concorrere ad una maggiore sostenibilità ambientale, con particolare riferimento agli obiettivi Europei in materia di riduzione delle emissioni di CO₂. La Provincia di Trento, infatti, analogamente alle altre regioni e province autonome, è chiamata ad attivare e promuovere azioni concrete a tutti i livelli, che possano contribuire al conseguimento degli obiettivi fissati nel contesto internazionale.

Le difficoltà che numerose aziende agricole ed agroindustriali attraversano - dovute ai costi di produzione, agli aspetti am-

bientali connessi ad alcune attività produttive che impongono interventi ed azioni concrete, ad una realtà di montagna quale quella trentina dove si accentuano gli aspetti di tutela del territorio - richiedono di re-interpretare il ruolo dell'azienda e dell'uso delle risorse energetiche in termini di aumento di efficienza e riduzione dei consumi. L'azienda agricola/agroindustriale è, infatti, una rappresentazione esemplare delle tipologie di fabbisogni e richieste energetiche principali:

- **residenziali:** fabbisogni energetici di luoghi abitativi della fattoria o azienda agricola. Talvolta, specie per il settore zootecnico, adiacenti all'azienda;
- **industriali:** fabbisogni energetici dei processi produttivi all'interno dell'azienda. Possono essere di natura termica (e.g. processi di pastorizzazione, raffreddamento) o elettrica (e.g. macchinari di trasporto, pressatura, automazione di processo);
- **veicolare:** fabbisogni energetici per la movimentazione dei mezzi aziendali, nonché dei mezzi interni a capannoni di stoccaggio e pre-lavorazione del prodotto (e.g. sollevatori, muletti).

Gli strumenti di incentivazione auspicati a livello europeo e recentemente approvati dal governo italiano, che riconoscono la possibilità di diversificare ed integrare le fonti di reddito includendo le entrate derivanti dalla vendita di energia elettrica e termica prodotta in ambito aziendale da molteplici fonti rinnovabili, destano sempre maggior interesse da parte degli imprenditori.

Appare quanto mai opportuno, pertanto, indagare anche il potenziale energetico ricavabile da tipologie di biomasse complementari rispetto al combustibile rinnovabile tradizionalmente

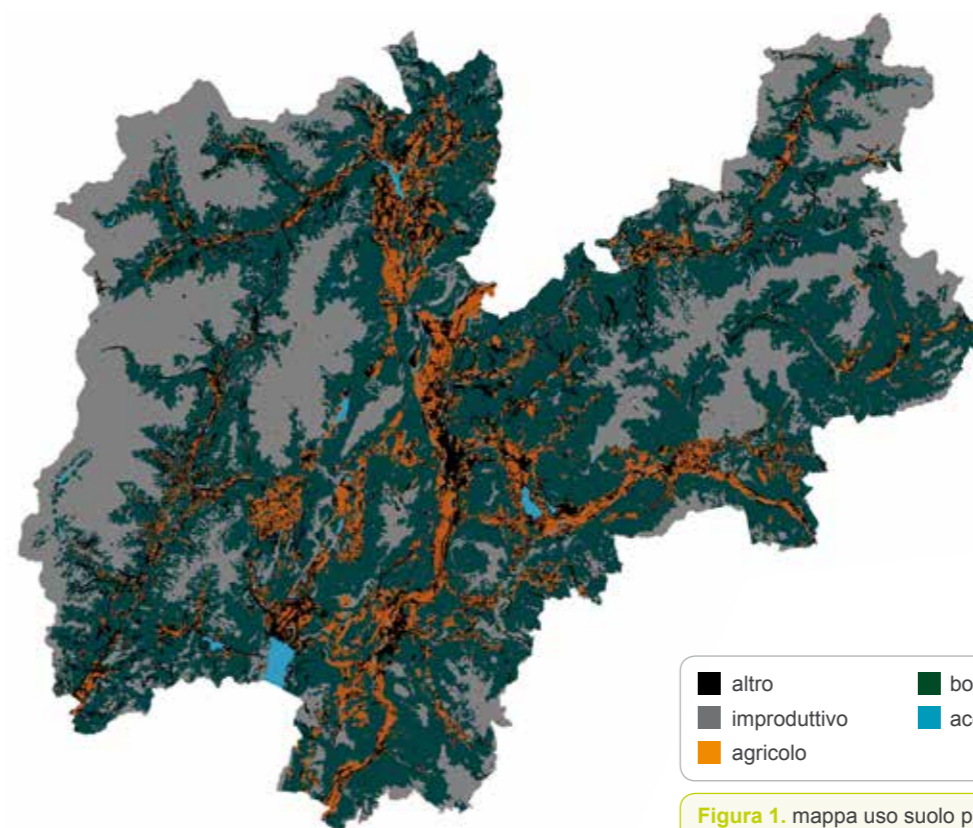


Figura 1. mappa uso suolo provinciale
[PAT Sistema Informativo Ambiente e Territorio, su dati 2006]



più sfruttato nel contesto territoriale della Provincia di Trento, quale è il legno da foresta, inteso nelle sue varie forme (residui dalle operazioni di taglio, scarti di prima/seconda/terza lavorazione, legna da ardere).

LA PROVINCIA DI TRENTO

Il Trentino si colloca sul versante sud della parte nord-orientale del versante italiano dell'arco alpino. L'area provinciale confina a nord con quella di Bolzano; a ovest con la Regione Lombardia, cioè con le province di Sondrio e Brescia; a sud-est con la Regione Veneto, ovvero con le province di Verona, Belluno e Vicenza. Il capoluogo Trento si colloca a circa 90 km da Verona, 180 km da Venezia, 200 km da Milano, 250 km da Bologna e 600 km da Roma. Rispetto alle città europee: 350 km da Monaco di Baviera (D), 180 km da Innsbruck (A). La superficie territoriale ammonta a 6.207 km² (pari al 2% della superficie nazionale) ed è popolata da circa 525.000 abitanti. Il Trentino, ha una densità abitativa pari a 84,5 ab/km², molto inferiore rispetto al valore medio nazionale (200,4 ab/km²). Il territorio è prevalentemente montuoso, con una superficie boschiva che ne occupa oltre il 50%. Lo dimostra sia l'alta superficie non utilizzabile/non utilizzata per fini agricoli che l'alta percentuale di superficie (pari a circa il 20%) che si trova al di sopra dei 2000 m di altitudine.

Se si considerano i medesimi dati sotto il profilo della qualità della vita, questi ultimi sono indicatori di un territorio ricco di risorse ambientali e naturalistiche. Circa 1048 km² sono, infatti, costituiti da aree protette (17% circa), mentre solo il 2,5% della superficie provinciale risulta occupata da insediamenti urbani e produttivi.

Detta specificità, unita ad una valida offerta di servizi pubblici e privati, ha sempre portato il territorio e le città trentine ai vertici delle classifiche italiane di "vivibilità".

Il clima è prevalentemente di tipo continentale. Tuttavia, a causa di un'orografia con profili altimetrici molto variabili, si rilevano all'interno dell'area climatica trentina forti differenziazioni climatiche. Si alternano, in ogni caso, estati calde e piuttosto umide a inverni freddi con relativamente scarse precipitazioni.

Tali condizioni hanno favorito lo sviluppo di un'economia turistica invernale ed estiva, ma anche l'incremento della popolazione residente con migrazioni da altre regioni italiane [fonte: CCIAA].

SUPERFICIE AGRICOLA UTILIZZATA

Seminativi: ha 3.677, di cui
Cereali: ha 424
Patata: ha 235
Ortive: ha 420
Foraggiere avvicendate: ha 2.473
Altre: ha 194

Orti familiari: ha 303
Prati permanenti e Pascoli: ha 116.187

Coltivazioni legnose: ha 20.991, di cui
Melo: ha 10.068
Vite: ha 9.464
Altre: ha 1.459

Superficie a bosco: ha 280.454
Superficie improduttiva: ha 197.122
Superficie totale: ha 620.706

[fonte: ISTAT - 2007]

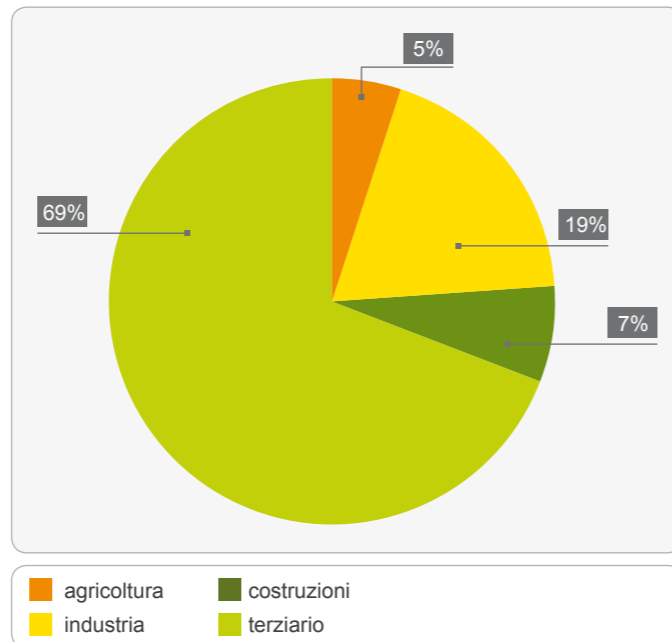


Figura 2. distribuzione percentuale occupati in PAT nei vari settori produttivi [dati PAT 2006]

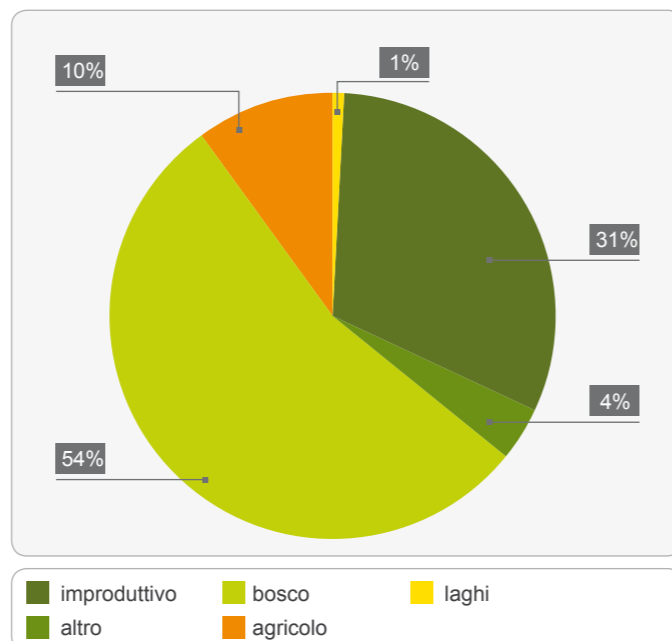


Figura 3. distribuzione percentuale uso del suolo in Provincia [dati PAT 2006]

LE PRINCIPALI BIOMASSE DISPONIBILI IN PROVINCIA DI TRENTO

Il D.Lgs 11 n. 28 riporta la seguente definizione di BIOMASSA: "La frazione biodegradabile dei prodotti, rifiuti e residui di origine biologica provenienti dall'agricoltura (comprendente sostanze vegetali e animali), dalla silvicoltura e dalle industrie connesse,

comprese la pesca e l'acquacoltura, gli sfalci e le potature provenienti dal verde pubblico e privato, nonché la parte biodegradabile dei rifiuti industriali e urbani".

I processi di conversione della biomassa possono essere sinteticamente riassumibili nel seguente schema.

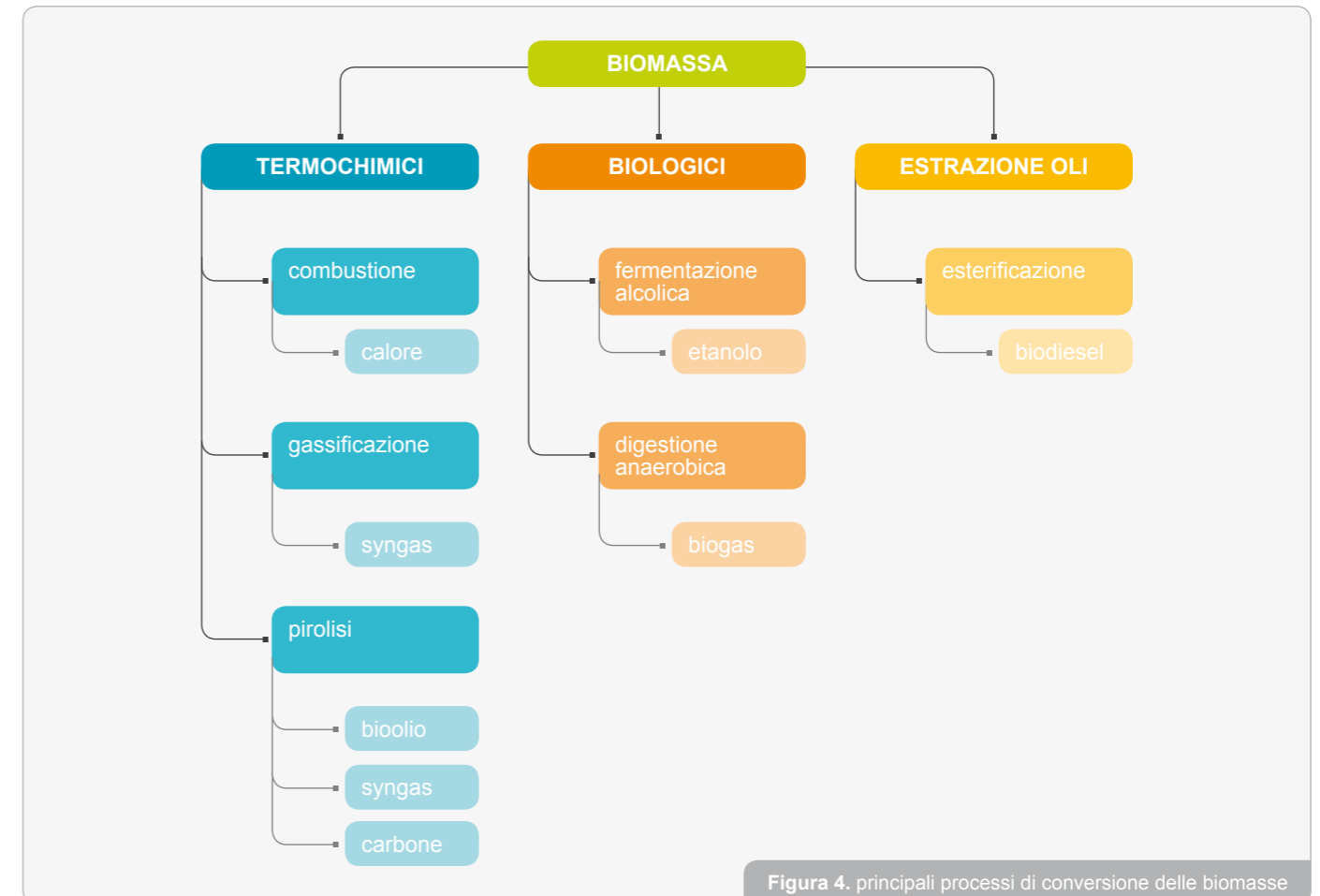


Figura 4. principali processi di conversione delle biomasse

A seconda delle caratteristiche chimico-fisiche delle varie matrici, esse si addicono maggiormente all'uno o all'altro. Nel presente lavoro saranno considerate solamente biomasse avviabili a processi termochimici e - per quanto riguarda i processi biologici - la quota parte di quelle destinabili alla digestione anaerobica, in quanto maggiormente applicabili alla realtà trentina, che non è certo contraddistinta da un'alta disponibilità di colture energetiche, destinabili invece a fermentazione alcolica ed esterificazione. Per quanto riguarda le **biomasse di origine forestale**, in provincia di Trento lo sviluppo dell'utilizzo di biomassa legnosa

a fini energetici è promosso attraverso l'implementazione della L.P. 12/2008 "Iniziativa di sostegno alla produzione e all'utilizzo ecologico di biomasse legnose per scopi energetici". All'art. 1 tale legge stabilisce come lo sviluppo della filiera legno-energia locale sia promosso mediante il sostegno alla produzione, alla raccolta, alla trasformazione e al corretto utilizzo della biomassa legnosa per scopi energetici nel rispetto degli obiettivi di qualità dell'aria e della valorizzazione del patrimonio agricolo e boschivo, creando nuove opportunità di lavoro e benefici socio-economici e ambientali ¹.

¹ Al comma 2, la stessa legge definisce gli interventi con i quali perseguire le suddette finalità ovvero: a) recupero degli scarti della lavorazione del legno e dei residui delle attività agro-forestali; b) incremento della disponibilità di materiale legnoso da utilizzare per scopi energetici; c) promozione dell'imprenditoria agro-forestale locale e creazione di nuove opportunità di reddito, connesse alla produzione di biomassa legnosa, anche per contrastare l'abbandono del territorio montano; d) nascita e diffusione di una rete di approvvigionamento della biomassa legnosa prodotta, anche attraverso la promozione di appositi contratti di filiera; e) diffusione di impianti termici efficienti alimentati a biomassa legnosa; f) produzione locale di prodotti derivati dalla biomassa legnosa, quali pellet, bricchetti e simili;

g) recupero e valorizzazione di aree rurali marginali e prative; h) promozione di interventi culturali nei soprassuoli forestali e di miglioramenti ambientali a favore di habitat e di specie di interesse naturalistico e faunistico; i) incentivazione all'acquisto di macchinari e attrezzature utili nel processo della filiera legno-energia; j) uso prioritario di combustibile legnoso proveniente dal territorio provinciale e da imprese in grado di fornire una attestazione di qualità del combustibile legnoso commercializzato conforme alle norme europee della serie UNI EN in materia di biocombustibili solidi; k) raccolta di cascami legnosi e degli scarti delle lavorazioni forestali e agricole; l) studi e ricerche relative alla domanda e all'offerta di biomassa legnosa a fini energetici a livello provinciale.



Per le finalità del presente studio, risulta interessante sottolineare come all'art. 2 la L.P. 12/2008 definisca tra le altre casistiche, la biomassa come il materiale legnoso derivante da interventi selvicolturali, cure colturali, ripristini di zone marginali, abbandonate e incolte, come prati e pascoli, raccolta di cascami boschivi ed interventi fitosanitari, oppure il materiale prodotto da lavorazioni esclusivamente meccaniche di legno vergine, non contaminato da inquinanti. Il materiale residuale forestale identificabile nella ramaglia e nei cimiali derivanti dai tagli selvicolturali e sfruttabile sotto forma di cippato di legno, rientra pertanto appieno nella suddetta casistica.

Nello Statuto speciale per il Trentino - Alto Adige approvato con Legge Costituzionale 5/1948 le foreste figurano tra le materie su cui la Regione ha la potestà di emanare norme. La L.P. 11/2007 all'art. 1 c.2 definisce tra le proprie finalità quella di mantenere la stabilità fisica ed ecologica del territorio e degli ecosistemi montani, la conservazione della biodiversità e la loro equilibrata valorizzazione. Questi obiettivi sono perseguiti anche attraverso il sostegno alla funzione produttiva, rivolta allo sviluppo della filiera foresta-legno e degli altri prodotti e servizi assicurati dal bosco, considerando le esigenze di sviluppo economico, sociale, turistico e ricreativo espresse dalle comunità locali.

Al di là delle matrici di origine forestale, **le biomasse di scarto ed i sottoprodotti di lavorazione delle industrie di trasformazione alimentare** possono costituire delle risorse preziose. La loro effettiva valorizzazione energetica passa attraverso la valutazione della fattibilità economica e ambientale delle soluzioni tecnologiche possibili.

L'attività agricola ed agroindustriale in Provincia di Trento è particolarmente legata ai settori frutticolo e viticolo e produce buone quantità di scarto organico, quali potature/sarmenti oltre agli scarti dell'attività di trasformazione. Altri sottoprodotti (così intesi nell'ottica di un possibile sfruttamento energetico, pur configurandosi ancora come rifiuti in termini legislativi) derivanti dalla trasformazione alimentare di possibile interesse nel contesto trentino sono rappresentati dagli **scarti del settore lattiero-caseario e della macellazione/lavorazione della carne**.

Di provenienza agricola sono inoltre i **reflui zootecnici**, principalmente letame e liquame bovino, attualmente distribuiti sui campi ma che nelle aree ad elevata vocazione zootecnica costituiscono un problema al quale non è ancora stata data adeguata soluzione. Per alcune tipologie di reflui la digestione anaerobica sembra essere una soluzione possibile, vantaggiosa sia dal punto di vista energetico che economico purché sostenuta da adeguati strumenti legislativi di incentivazione alla produzione di bioenergia e regolamenti tecnici per la gestione del digestato quali, ad esempio, la recente introduzione nella L.p. n. 1/2008 dell'articolo 62 ter che prevede, per gli impianti a biogas in aree agricole, la definizione di specifiche tecniche e criteri localizzativi. Va tuttavia precisato che la digestione anaerobica da sola di fatto non risolve il problema dell'eccesso di nutrienti (azoto in particolare) presenti nella frazione liquida; per questo devono essere testati e sviluppati sistemi per l'abbattimento dei nutrienti.

Dal settore dei rifiuti, risultano indubbiamente interessanti e potenzialmente significative matrici quali la **frazione organica dei rifiuti solidi urbani**; fino a poco tempo fa la Provincia di Trento destina la FORSU verso siti di trattamento extra-provinciali, ma nel 2012 è stato avviato l'impianto di digestione anaerobica e compostaggio di Cadino - Comune di Faedo, che tratterà circa metà del quantitativo annuo provinciale, con abbinata produzione di biogas e relativa energia elettrica) ed i **fanghi di depurazione** delle acque reflue civili.

Riassumendo, il presente studio analizzerà le seguenti tipologie di biomasse non forestali disponibili in Provincia di Trento:

- **biomasse di origine forestale** (residui di operazioni di esbosco, scarti di lavorazione, pulizia alvei fluviale e manutenzione stradale)
- **residui di attività di potatura** (vite, melo,...)
- **scarti di attività di vinificazione** (raspi, vinacce,...) e dell'industria agroalimentare in genere
- **reflui zootecnici**
- **FORSU**
- **fanghi di depurazione**

Non saranno trattate, nello specifico, le colture energetiche destinate alla produzione di biocombustibili, che per la peculiarità del territorio trentino (tipicamente alpino) potrebbero trovare opportunità di impiego solo in porzioni limitate di territorio altrimenti non sfruttabili, generando pertanto un potenziale energetico ed un conseguente interesse socioeconomico trascurabili.

Le analisi e le considerazioni previste per ciascuna matrice si basano su di una preventiva indagine volta a quantificarne la disponibilità sul territorio. Il livello di dettaglio raggiunto in fase di quantificazione e di conseguente analisi è proporzionale alla disponibilità di risorse impiegabile per il presente studio. Per alcune tipologie, tali dati sono caratterizzati da un elevato grado di dettaglio, mentre per altre l'analisi risulta inevitabilmente meno precisa, data la minore disponibilità di informazioni o il ridotto grado di dettaglio delle stesse. In un'eventuale successiva fase di studio, e con l'impiego di maggiori risorse, il livello di accuratezza delle analisi potrà essere il medesimo per ogni tipologia di biomassa individuabile, potranno inoltre essere indagati anche sottocomparti agricoli o agroindustriali meno significativi (o ritenuti strategici solamente per circoscritte porzioni di territorio) e simulati ulteriori scenari alternativi applicando modelli specificamente elaborati.

1.2 IL CONTESTO INTERNAZIONALE E NAZIONALE: LA NORMATIVA E GLI INDIRIZZI POLITICI

Alla luce delle recenti direttive comunitarie e dell'approvazione del "Pacchetto clima-energia" da parte del Parlamento e del Consiglio Europeo, si sta assistendo (e si prevede che tale trend non cambierà a breve) ad un significativo sviluppo del settore delle energie rinnovabili in termini di investimenti, fatturato ed occupazione in tutti i Paesi membri.

La Commissione Europea da alcuni anni ha intrapreso una potente azione politica nel settore delle fonti rinnovabili di energia; ne è testimonianza il lungo elenco di studi, relazioni, direttive. Un passo avanti molto importante si è verificato con l'emanazione della proposta di Direttiva europea sulla promozione dell'energia da fonti rinnovabili, presentata il 23 gennaio 2008, nella quale si riconfermano i principali obiettivi posti. Dopo undici mesi di lavoro legislativo, nel dicembre del 2008, l'Assemblea del Parlamento Europeo ha approvato il "Pacchetto clima-energia" {COM(2008)0019 - C6-0046/2008 - 2008/0016(COD)} riguardante gli obiettivi che l'UE dovrà conseguire nel 2020. In esso sono stati definiti anche gli obiettivi che ciascun Paese deve raggiungere: per quanto attiene all'Italia, la quota minima complessiva di rinnovabili è fissata al 17 % del totale mentre l'energia elettrica prodotta da rinnovabili al 25 % della produzione totale di elettricità.

La Commissione ha quindi predisposto nel 2011 due documenti che indicano possibili percorsi verso la decarbonizzazione dell'economia fornendo utili indicazioni per l'elaborazione delle strategie nazionali e regionali (CE 2011a, CE 2011b). In tal modo, le emissioni climalteranti europee dovranno ridursi del 40% rispetto al 1990 entro il 2030 rispetto e dell'80% entro il 2050.

Un'influenza diretta sugli scenari energetici della nostra provincia al 2020 verrà da alcune Direttive europee approvate o

in via di approvazione, che riguardano i settori dell'edilizia, dei motori elettrici, dell'efficienza energetica degli elettrodomestici, delle emissioni di CO₂ dei nuovi motoveicoli immessi sul mercato in Europa. In termini di investimenti, l'Europa negli ultimi anni si è contraddistinta per una fortissima diffusione delle rinnovabili, tanto che negli ultimi 4 anni la potenza rinnovabile installata nel settore elettrico ha superato quella delle fonti tradizionali.

Gli obiettivi sulle fonti rinnovabili da raggiungere al 2020 devono essere distribuiti tra le Regioni e le Province autonome, al fine di facilitare la possibilità per l'Italia di centrare il target legalmente vincolante del 17% di energie verdi sui consumi finali alla fine del decennio e quindi di evitare le sanzioni previste per il suo mancato raggiungimento. A tal fine è stato emanato il DM Sviluppo 15 marzo 2012, "Burden Sharing" (BS), che definisce gli obiettivi di produzione rinnovabile da raggiungere a livello regionale. Attraverso i Piani Energetici locali, le Regioni e Province Autonome devono definire le modalità per perseguire gli obiettivi BS, che prevedono per il Trentino che la quota di rinnovabili passi dal 28,6% sui consumi finali (anno iniziale di riferimento) al 35,5% (2020).

Consapevole del fatto che le politiche lungimiranti non possono limitarsi a fissare obiettivi a soli sette anni di distanza, in coerenza con le indicazioni della comunità scientifica ed in anticipo rispetto alle decisioni europee, la Provincia di Trento si è proposta di raggiungere l'autosufficienza energetica entro il 2050, puntando sul contributo delle fonti rinnovabili interne e mira al conseguimento dell'obiettivo "Trentino Zero Emission", con la riduzione tendenziale delle emissioni di anidride carbonica e degli altri gas climalteranti in misura del 50 per cento rispetto ai livelli del 1990 entro l'anno 2030 e del 90 per cento rispetto ai livelli del 1990 entro l'anno 2050 (Legge Provinciale n. 5, 9 marzo 2010).





2.1 INQUADRAMENTO DELLA ZONA DI STUDIO E DISPONIBILITÀ DELLE SINGOLE MATRICI

Il presente studio mira, in particolar modo, a quantificare la disponibilità di biomasse disponibili in Provincia di Trento, al fine di comprenderne le potenzialità energetiche ricavabili. La scelta della scala territoriale sulla cui base effettuare le indagini e le successive analisi costituisce il primo passo per impostare tale studio. L'approccio utilizzato per consentire la trattazione della più ampia varietà possibile di matrici, vista la limitata disponibilità di risorse impiegabili, è stato adattare la scala a quella relativa ai dati eventualmente già disponibili. Tali dati, a seconda della tipologia di biomassa, presentano un livello di dettaglio assai variegato: per certe matrici si conoscono i quantitativi su base comunale, mentre per altre la massima accuratezza non va oltre il dato aggregato a livello provinciale, magari accorpato per classe di rifiuto e, pertanto, non sufficiente per individuare una specifica matrice di scarto tipica di un determinato comparto produttivo.

L'assenza di un buon livello di dettaglio per ogni tipologia di matrice impedisce l'elaborazione di scenari di sfruttamento specifici per determinate porzioni di territorio. L'ottenimento dei dati mancanti non può prescindere da un'attività di indagine specifica, che preveda - in particolare per il settore produttivo - il censimento delle matrici di scarto, per lo meno su di un campione rappresentativo del tessuto imprenditoriale. Con un adeguato impiego di risorse, una seconda fase di studio potrà fornire un output di maggiore utilità pratica, che non si limiti a descrivere un quadro su scala provinciale, ma potenzialmente utile anche in sede decisionale su circoscritte porzioni di territorio (es: Comunità di Valle).

Scala di dettaglio dei dati disponibili per singola matrice:

- **biomassa di origine forestale:** distretti forestali/compensatori
- **residui di attività di potatura:** comunale
- **scarti di attività di vinificazione:** per singola cantina sociale
- **scarti dell'industria agroalimentare:** accorpato per codice rifiuto CER (ad eccezione del comparto lattiero-caseario, di cui si conoscono i quantitativi forniti dal Consorzio Trentin-grana)
- **reflui zootecnici:** comunale
- **FORSU:** comunale
- **fanghi di depurazione:** per singolo impianto di trattamento

Di seguito vengono pertanto riportati, per singola matrice, i quantitativi che, ad oggi, il presente studio ha consentito di individuare. Per le tipologie di materiale da destinarsi alla digestione anaerobica finalizzata alla produzione di biogas, i valori dei quantitativi espressi in peso vengono abbinati alla relativa quantità di biogas che il processo anaerobico consentirebbe di ottenere.

2.1.1 DISPONIBILITÀ DI BIOMASSA DI ORIGINE FORESTALE

In questa sezione si riportati i dati relativi alla disponibilità di biomassa sul territorio in Provincia di Trento. I Piani di Assestamento Forestale della Provincia Autonoma di Trento (PEFO) sono disponibili sia su supporto cartaceo che elettronico ed hanno validità decennale (Lora, 2009). Il database relativo ai PEFO comprende informazioni riguardanti le caratteristiche dettagliate di ciascuna particella forestale, tra cui il tipo di proprietà, la forma di uso del suolo (fustaia, ceduo, pascolo, altre colture quali ontaneto o mugheto) e la categoria attitudinale (produzione, protezione, produzione-turistica e protezione-turistica). I file forniti sono stati analizzati tramite l'utilizzo del software GRASS-GIS (GRASS - open source).

La pianificazione forestale in Provincia di Trento è incentrata sulla predisposizione di due modalità di rilievo delle superfici boscate:

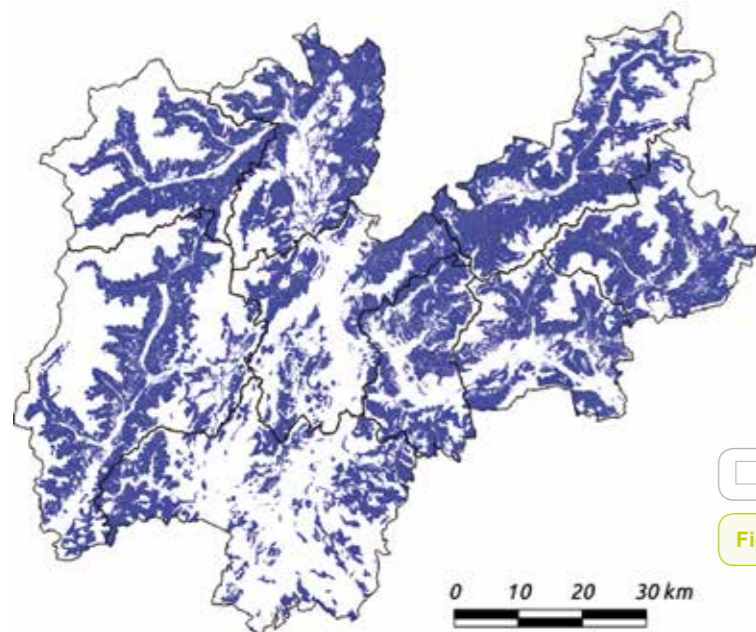
1. I piani di assestamento forestale, ovvero piani di gestione di validità decennale, che interessano la totalità delle proprietà silvo-pastorali pubbliche e una parte di quelle private. Questa forma di rilievo riguarda il 78% dell'intero territorio montano. I rilievi effettuati hanno lo scopo di stimare non il volume di biomassa, ma le grandezze collegate con le destinazioni commerciali tradizionali. Per la fustaia viene stimato il volume cormometrico (o volume tariffario) corrispondente al volume del fusto fino a 7 cm in punta e con l'esclusione dei rami, delle piante con diametro superiore a 17.5 cm e 1.3 cm di altezza dal suolo. Le piante di diametro inferiore non vengono pertanto incluse nell'analisi; queste, pur ricoprendo un'estensione stimabile intorno al 10-15% dell'intera superficie governata a fustaia, risultano di consistenza modesta in termini di volume legnoso sul totale dei boschi trentini. Per il ceduo, tradizionalmente destinato a legna da ardere, il riferimento è il volume dendrometrico, ovvero il volume del fusto più i rami di tutte le piante con diametro superiore a 7.5 cm a 1.3 cm da terra. Tuttavia nella pianificazione forestale effettuata con il precedente metodo, tale grandezza non viene stimata direttamente, ma si trovano delle stime riguardanti le superfici di ceduo afferenti alle diverse classi di età e fertilità espressa come incremento medio di maturità, da cui vengono stimati i volumi di biomassa disponibili. Si tratta quindi di stime approssimate. [Provincia Autonoma di Trento - Servizio Foreste e Fauna, 2012]
2. Le proprietà non soggette ad un piano di assestamento, caratterizzate per lo più da una limitata estensione individuale comunque inferiore ai 100 ha, vengono gestite sulla base un Inventario dei Boschi Privati effettuato negli anni 80 che ha interessato il restante 22% del territorio. Il rilievo però non è stato più aggiornato (fino al 2009).

Scopo della pianificazione forestale è calibrare l'utilizzo dei popolamenti forestali in modo da garantire la sostenibilità che non si limita solo all'aspetto volumetrico (quanta biomassa posso asportare) ma anche all'aspetto qualitativo, visto che interventi mal eseguiti possono pregiudicare l'integrità dei sistemi ecologici o la rinnovazione di una specie invece che un'altra. viene inoltre considerato anche l'aspetto economico in quanto interventi utili dal punto di vista colturale possono non essere eseguibili per i costi eccessivi di mobilitazione del materiale in relazione alla distanza dalla viabilità o alla insufficiente quantità prelevabile.

A partire dal 2009, è stata modificata la modalità di rilievo delle masse e la struttura stessa dei dati nei piani, per cui gli ultimi dati completi a cui si fa riferimento sono quelli del 2008. E in corso di realizzazione il nuovo geodatabase che consentirà di gestire sia i dati dei piani redatti con il nuovo sistema sia i dati redatti con il sistema precedente. Sarà inoltre possibile un aggiornamento con cadenza annuale nel giro di 1-2 anni (Provincia Autonoma di Trento - Servizio Foreste e Fauna, 2012).

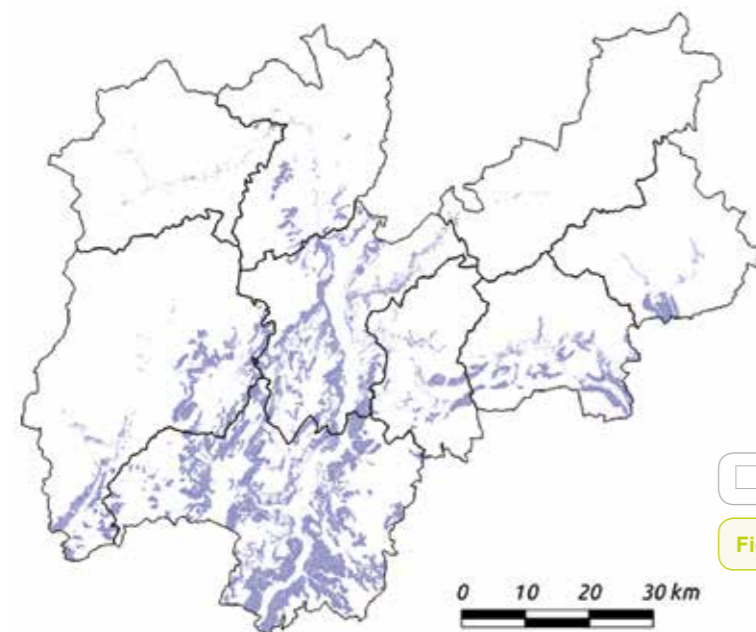
Il Rapporto sullo Stato delle Foreste e della Fauna della provincia di Trento riferito all'anno 2009 (Provincia Autonoma di Trento - Servizio Foreste e Fauna, 2009), sottolinea come la superficie forestale trentina ammonti a 345.706 ha, suddivisi in fustaie (79%) e cedui (21%).

Una parte della superficie forestale è classificata di protezione [figura 7], e quindi non vengono effettuati interventi di pulizia o taglio da parte dell'uomo. La superficie classificata come bosco di produzione [figura 8] viene invece controllata attraverso un regolare e programmato prelievo di biomasse legnose. Con la nuova pianificazione iniziata nel 2009 la distinzione tra aree a funzione produttiva e aree fuori produzione è molto più dettagliata e legata alla situazione di accessibilità e di vocazione produttiva del singolo popolamento, e non della più estesa particella.



□ distretti ■ fustaia

Figura 5. governo a fustaia sul territorio della Provincia di Trento



□ distretti ■ ceduo

Figura 6. governo a ceduo sul territorio della Provincia di Trento

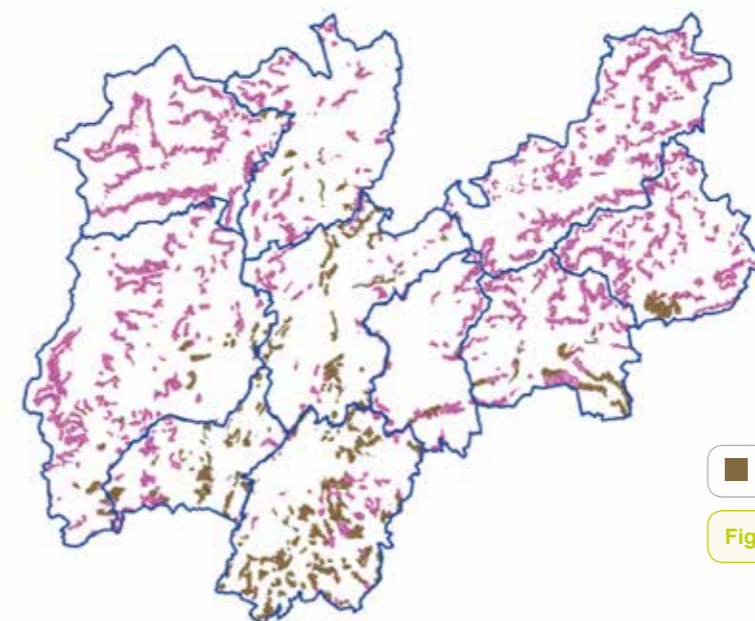
Considerando una superficie totale della provincia pari a 620.690 ha possiamo definire un indice di boscosità pari al 56% (63% se si considera anche la vegetazione "bassa", di carattere per lo più arbustivo). Il territorio può essere suddiviso principalmente in due fasce geografiche caratterizzate ciascuna da un suo macroclima: il settore meridionale prealpino e il settore settentrionale alpino. La linea di suddivisione è rappresentata dalla Valsugana e dalle Giudicarie. In base ai dati dell'Inventario Nazionale delle Foreste e dei serbatoi di Carbonio (INFC, 2005) dal punto di vista specifico le formazioni forestali trentine sono caratterizzate da una netta predominanza di boschi a prevalenza di abete rosso (*Picea abies* Karst.), seguite da larice (*Larix decidua* Miller) e pino cembro (*Pinus cembra* L.), faggio (*Fagus sylvatica* L.), carpino nero (*Ostrya carpinifolia* Scop.) e carpino bianco (*Carpinus betulus* L.).

Data l'orografia del territorio bisogna considerare che ci sono zone che risultano essere scarsamente accessibili ai mezzi necessari per l'esbosco. Tramite l'utilizzo dei GIS è possibile suddividere il terreno in classi di pendenza: fino al 20%, dal 20 al 40%, dal 40 al 60%, dal 60 all'80% e maggiore dell'80%. Si considera che l'esbosco in zone con pendenza superiore all'80% sia difficilmente praticabile.

2.1.1.1 UNITÀ DI MISURA

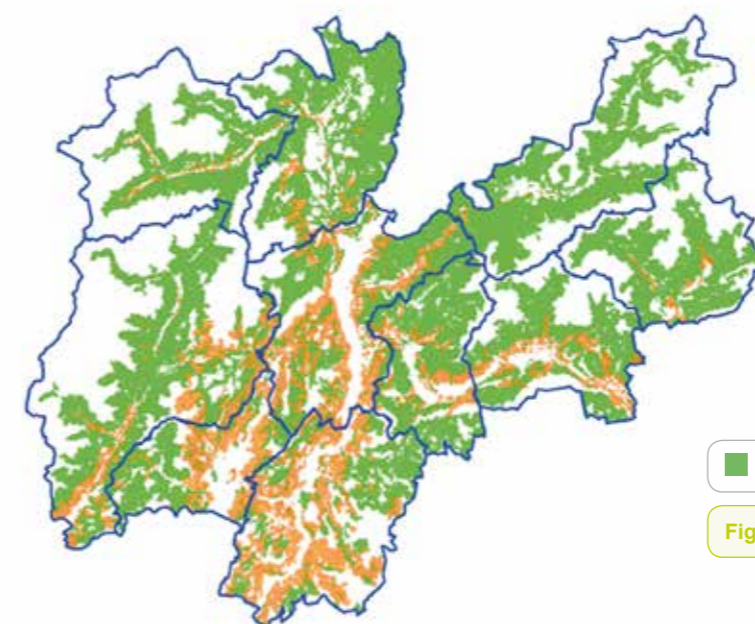
Prima di procedere è opportuno indicare brevemente le unità di misura tipicamente utilizzate per la biomassa legnosa che verranno poi impiegate nel presente lavoro.

- **il metro cubo (m³)** fa riferimento al volume interamente occupato dal legno. Questa unità di misura è comunemente impiegata per il legname da lavoro.
- **il metro stero (mst)** è generalmente utilizzato per la legna da ardere in catasta; rappresenta l'unità di volume apparente (comprendente il legno e gli spazi vuoti) corrispondente ad una catasta delle dimensioni di un metro per un metro per un metro. Il rapporto tra volume reale del legno di una catasta e il suo volume apparente è variabile con la regolarità e la lunghezza dei pezzi nonché con l'abilità di accatastamento. Tale rapporto può variare generalmente tra 0,5 e 0,75 (mediamente 0,65).
- **il metro stero riversato (msr)** è l'unità di misura tipicamente impiegata per il cippato; in misura minore per la legna.
- **i metri cubi tariffari** sono l'unità di misura della ripresa programmata. Ovvero indicano il volume del fusto della pianta fino a 7 cm in punta e con l'esclusione dei rami, delle piante con diametro superiore a 17,5 cm e 1,3 cm di altezza dal suolo. È sottinteso un contenuto idrico della legna del 40%.



■ ceduo di protezione ■ fustaie di protezione

Figura 7. fustaia e ceduo di protezione [Biomassfor, 2010]



■ ceduo di produzione ■ fustaie di produzione

Figura 8. fustaia e ceduo di produzione [Biomassfor, 2010]

- **la tonnellata (t)**: generalmente utilizzata come unità di misura della massa di legna da ardere; corrisponde a 10 quintali (q) = 1000 chilogrammi (kg). Si assume generalmente una densità pari a 631 kg/m³ per le resinose e a 820 kg/m³ per le latifoglie (1 m³ = rispettivamente a 0,631 t o 0,820 t).
- **la massa volumica (Mv)** che si definisce come il rapporto tra il peso e il volume del corpo legnoso poroso (i vuoti possono essere riempiti da aria o da acqua). È spesso denominata anche peso specifico apparente.
- **la massa volumica sterica o densità sterica (Ms)** che è ti-

picamente impegnata per gli ammassi di combustibili legnosi tal quali che formano tra i singoli pezzi spazi vuoti più o meno ampi in funzione della loro pezzatura e forma. Si esprime in kg/mst e kg/msr, a seconda che l'ammasso sia accatastato o riversato.

Si riportano in [tabella 1] i fattori orientativi di conversione per la legna-legna-cippato tra i più comuni assortimenti riportati in allegato alle norme austriache ONORM M7132 e M 7133.

assortimento	legno tondo		legna spaccata corta		cippato	
	m ³	mst	mst	msr	mst	msr
1 m ³ legno tondo	1	1,4	1,2	2,0	2,5	3
1 mst spaccati 1 m	0,7	1	0,8	1,4	1,75	2,1
1 mst legna spaccata corta	0,85	1,2	1	1,7		
1 msr legna spaccata corta	0,5	0,7	0,6	1		
1 msr cippato di bosco fino (G30)	0,4	0,55			1	1,2
1 msr cippato di bosco medio (G50)	0,33	0,5			0,8	1

Tabella 1. rapporti orientativi di conversione legna-legna-cippato [Francescato, 2012]



È utile inoltre chiarire come si calcola il tenore idrico del legno, che solitamente viene espresso in percentuale secondo una di queste due formule (Pu = peso legno umido e Po = peso legno secco):

- dove **u** % si definisce **umidità del legno (anidro)** ed esprime la massa di acqua presente in rapporto alla massa di legno anidro;
- dove **M** % (o w%) è il **contenuto idrico del legno** ed esprime la massa di acqua presente in rapporto alla massa di legno fresco e rappresenta la misura impiegata nella compravendita dei combustibili.

È ovviamente possibile passare da una formula all'altra tramite le relazioni:

$$u = \frac{100 \cdot M}{100 - M} \quad \text{ovvero} \quad M = \frac{100 \cdot u}{100 + u}$$

Per quanto concerne le unità di misura dell'energia si utilizzano unità di misura derivate dal sistema S.I. quali: MJ/kg, MJ/mst, kWh/kg, kWh/mst e MWh/t. È molto frequente inoltre definire la quantità di energia che il combustibile possiede in tonnellate equivalenti di petrolio (tep) che è un'unità di misura convenzionale utilizzata a scopi comparativi ed esprime il contenuto di energia di una tonnellata di petrolio greggio. In tabella 2 si riportano le conversioni più comuni e i valori medi che si utilizzano nella pratica per i combustibili legnosi.

principali conversioni tra unità di misura		
1 kWh	860 kcal	3.6MJ
1MJ	239 kcal	0.278 kWh
1 kcal	4,19 kJ	0.00116 kWh
1 tep	41,87 GJ	11.63 MWh

valori medi più utilizzati		
Legno anidro	M= 0 %, u=0 %	PCI0 = 18,5 MJ/kg = 5,14 kWh/kg
Pellet	M=10 %, u=11 %	PCI10 = 16,9 MJ/kg = 4,6 kWh/kg
Legna da ardere	M=20 %, u=25 %	PCI20 = 14,4 MJ/kg = 4 kWh/kg
Cippato	M=30 %, u=43 %	PCI30 = 12,2 MJ/kg = 3,4 kWh/kg
Legna esboscata	M=40 %, u=67 %	PCI40 = 10,1 MJ/kg = 2,8 kWh/kg
Legna appena tagliata	M=50 %, u=100 %	PCI50 = 8,03 MJ/kg = 2,2 kWh/kg

Tabella 2. conversioni e principali valori di PCI utilizzati [Francescato, 2012]

Ai fini dei conti che verranno effettuati nei successivi capitoli si riportano inoltre i poteri calorifici e le equivalenze tra le unità di misura di varie tipologia di biomassa legnosa.

biomassa	PCI		Conversioni unità di misura				
	MJ/kg	kWh/kg	ton	msr/m ³	kg/m ³	msr	m ³
legna anidra	18,5	5,1	1		430		2,33
corteccia (di conifera)	19,2	5,3	1	0,3	600	5,56	1,67
cippato (M=30 %)	9,4	2,7	1	0,33	676	4,48	1,48
segatura	18,2	5,1	1	0,33	200	15,15	5,00
sciaveri/refili	14,6	4,1	1	0,2	450	11,11	2,22
trucioli	14,6	4,1	1	0,2	450	11,11	2,22
legna da ardere (M=15%)	15,6	4,3	1	0,85	358	3,29	2,80
legna da ardere (M=20%)	14,4	4,0	1	0,85	476	2,47	2,10
legna da ardere (M=30%)	12,4	3,4	1	0,85	411	2,87	2,44
pellet (M=10%)	17,1	4,8	1	0,54	1200	1,54	0,83
bricchette	14,9	4,1	1	2,67	666	4	1,50

Tabella 3. poteri calorifici ed equivalenze delle diverse tipologie di biomassa considerate [Francescato, 2012]

2.1.1.2 FUSTAIA DI PRODUZIONE

La stima della produzione forestale è un'operazione che può essere eseguita partendo dall'elaborazione dei dati presenti nel database PEFO e del Servizio foreste e fauna della PAT. La superficie classificata come fustaia di produzione è approssimativamente di 273.100 ha di cui 71% è di proprietà pubblica (Giovannini, 2009). Ogni anno il Piano di Assestamento definisce il prelievo prescritto in ogni compresa della proprietà che corrisponde alla ripresa programmata, ovvero ai volumi massimi di legname autorizzati al taglio. Come già detto, il volume del prelievo prescritto viene indicato in m³ tariffari.

La pianificazione forestale, iniziata negli anni 50, si è sviluppata in diverse fasi. Inizialmente la pianificazione era stata diffusa per migliorare l'aspetto ecologico e produttivo dei boschi, visto che si era riscontrata un'eccessiva raccolta di legname rispetto all'incremento annuo di biomassa. Dopo una decina di anni sia grazie ad una gestione oculata del patrimonio boschivo, sia

grazie allo sviluppo di una rete viaria forestale in grado di raggiungere zone prima non servite (e ridurre così anche i costi di raccolta) si è passati gradualmente dai 250.000 m³ autorizzati al taglio degli anni 50-60, ai 500.000 m³ degli anni 60-90. Dagli anni 90, terminata la fase di sviluppo della viabilità forestale, è aumentata l'attenzione verso l'effettiva realizzabilità economica dei prelievi programmati. Ciò comporta, a livello locale, una maggiore intensità di prelievo programmato nelle aree in cui i popolamenti hanno raggiunto volumi elevati, alla quale si contrappone la messa a riposo di aree difficilmente raggiungibili. L'effetto di questo è una sostanziale stabilità della ripresa prevista a livello provinciale.

In [figura 9], viene riportato lo storico dei volumi tariffari assegnati dagli anni 80 a oggi. Si nota un graduale incremento dei volumi assegnati dai 400.000 m³ dei primi anni 80 ai circa 500.000 m³ degli ultimi anni.

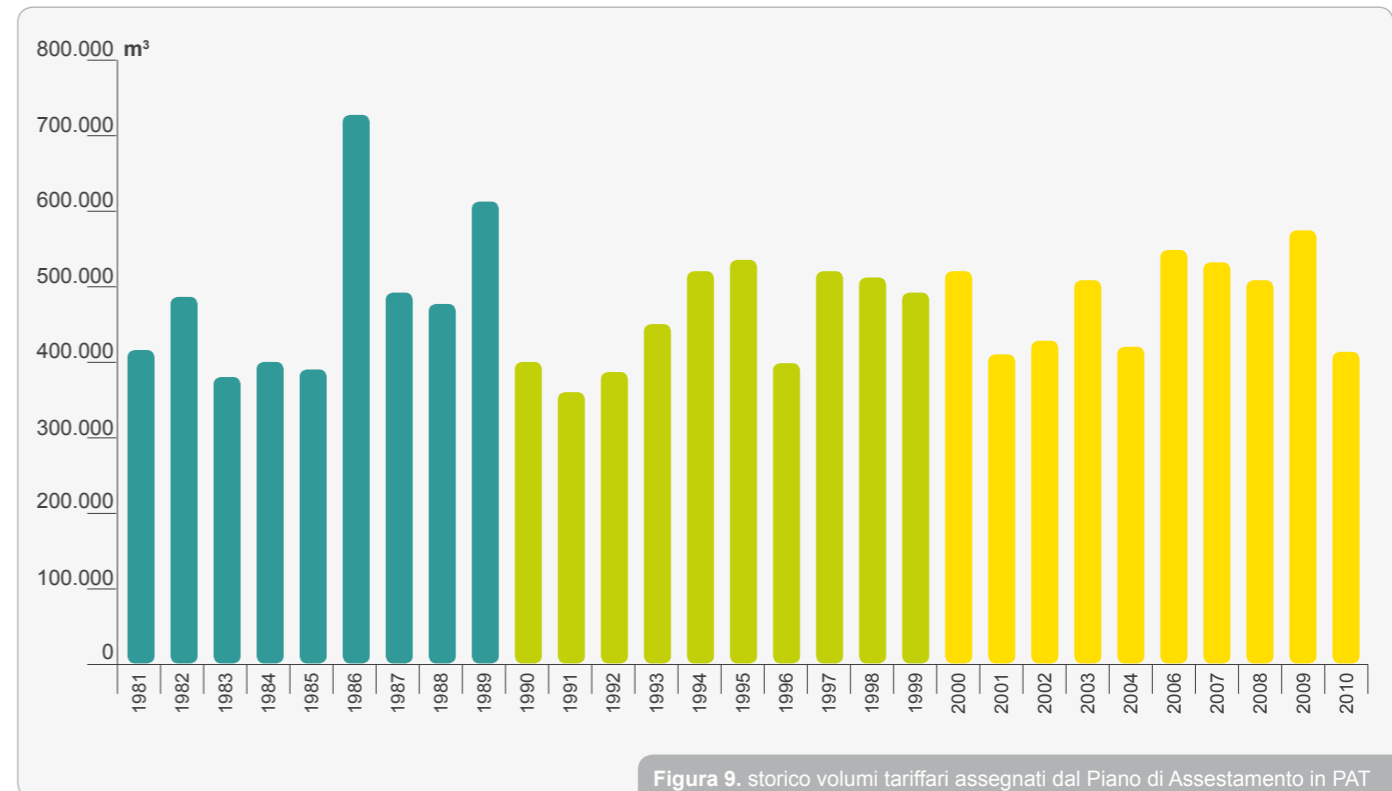


Figura 9. storico volumi tariffari assegnati dal Piano di Assestamento in PAT

Il quantitativo annuo è comunque soggetto ad una notevole variazione, dovuta principalmente al verificarsi di eventi perturbativi estesi (schianti, attacchi parassitari) e secondariamente alle oscillazioni della richiesta del mercato. Si vuole inoltre specificare che i 500.000 m³ annui derivano dalla somma della ripresa programmata sulle proprietà oggetto di pianificazione (417.000 m³) più una ripresa virtuale di 83.000 m³ sulle proprietà private non pianificate. Quest'ultimo è un dato più incerto, essendo una stima annuale fatta su una valutazione complessiva di tipo puramente aritmetico dell'intero comparto privato, mentre il primo dato risulta attendibile in quanto viene poi sostanzialmente confermato dalle utilizzazioni annuali effettuate.

Globalmente comunque si trova una buona corrispondenza con il valore del volume assegnato annuale anche nel comparto privato, come deriva dalle registrazioni forestali, anche se con notevoli oscillazioni da un anno all'altro.

La produzione di legname da opera oscilla mediamente attorno ai 500.000 m³ annui. In base all'attuale trend (ultimi 10 anni) la ripresa è sostanzialmente costante (all'aumento dell'intensità di prelievo nelle zone migliori fa da contrappeso la marginalizzazione di aree meno produttive). In una prospettiva ottimistica di progressiva maturazione ed entrata in produzione di popolamenti giovanili o a bassa provvigione, si può ipotizzare un incremento della ripresa del 4% circa ogni 10 anni, che dovrebbe portare ad una ripresa presunta di 584.000 m³ nel 2050 (Provincia Autonoma di Trento - Servizio Foreste e Fauna, 2012).

Vista l'eterogeneità del territorio il dato è stato disaggregato per visualizzare la ripresa programmata di legname per singolo distretto forestale. I valori, riportati nella tabella sottostante, sono stati ottenuti effettuando una media dei volumi tariffari assegnati negli ultimi 5 anni [fonte PAT], ipotizzando un contenuto idrico M = 40%.

distretto forestale	m ³		
C1	Val di Fiemme	Cavalese	102.634
C2	Primiero	Primiero	62.201
C3	Bassa Valsugana e Tesino	Borgo	43.553
C4	Alta Valsugana	Pergine	44.502
C5	Valle dell'Adige	Trento	33.538
C6	Val di Non	Cles	54.661
C7	Val di Sole	Malè	57.245
C8	Valli Giudicarie	Tione	70.844
C9	Alto Garda e Ledro	Riva	15.631
C10	Vallagarina	Rovereto	28.727
totale			513.535

Tabella 4. ripresa programmata di legname da opera per singolo comprensorio

Dalla [tabella 4] si evince che i distretti di Cavalese, Primiero, Pergine, Cles e Malè sono i più produttivi. In [figura 11] si riporta una mappa con la ripresa assegnata per particella forestale.

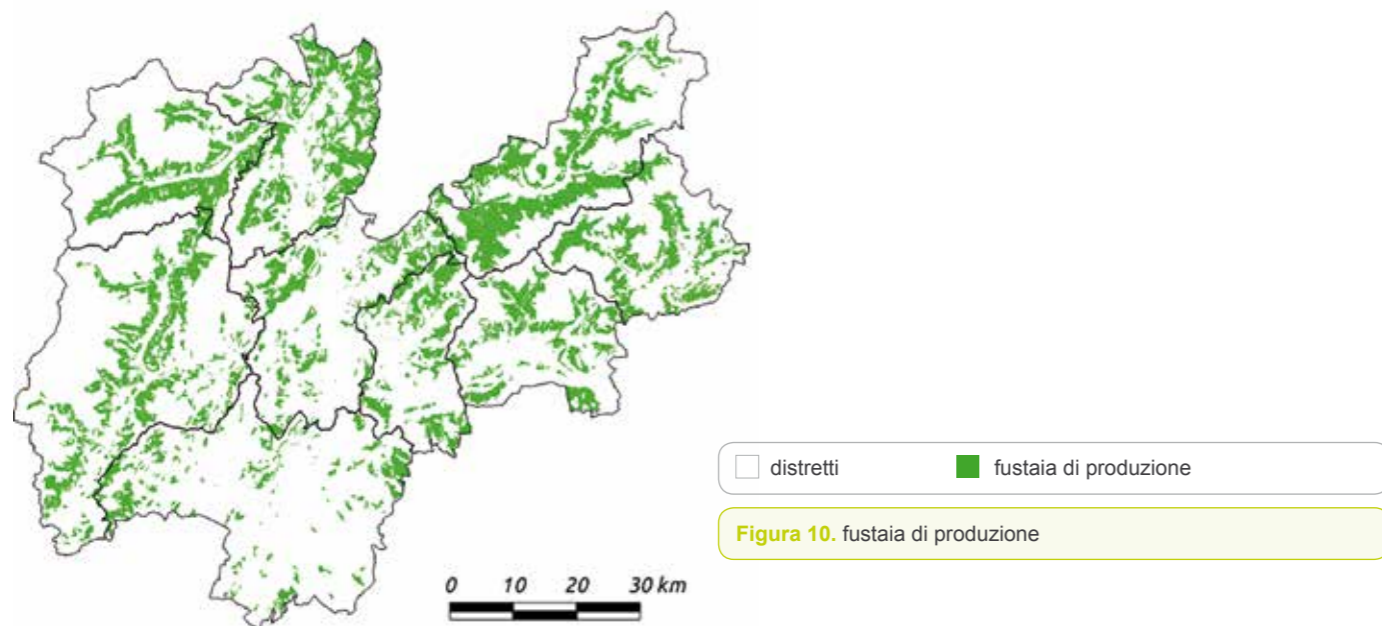


Figura 10. fustaia di produzione

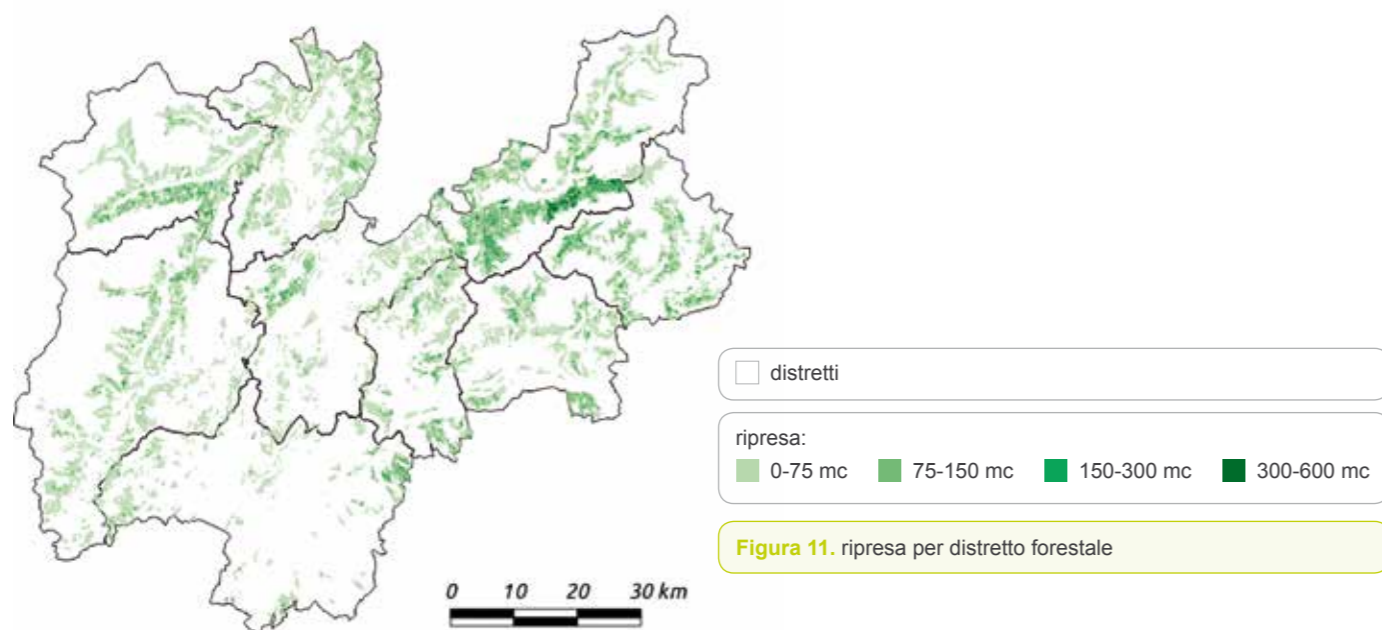


Figura 11. ripresa per distretto forestale

2.1.1.3 CEDUO DI PRODUZIONE

A partire dagli anni 70, la provincia di Trento ha iniziato una politica di conversione delle formazioni di faggio, acero, tigli e querce in piante ad alto fusto, mantenendo il governo a ceduo solo nelle formazioni termofile. Questa conversione dei popolamenti, ormai praticamente conclusa, ha ridotto notevolmente le superfici destinate al ceduo (d'altra parte questi nuovi popolamenti contribuiranno ad aumentare la ripresa della fustaia nei prossimi decenni). In [tabella 5] si riportano i valori di ripresa programmata su base decennale (dati PEFO) e il valore relativo alle effettive utilizzazioni annuali riferiti all'anno 2012. Saranno questi i valori che verranno presi come riferimento all'interno del presente documento.

distretto forestale		A	B	
C1	Val di Fiemme	Cavalese	0	0
C2	Primiero	Primiero	0	0
C3	Bassa Valsugana e Tesino	Borgo	24.700	1.817
C4	Alta Valsugana	Pergine	11.260	829
C5	Valle dell'Adige	Trento	46.995	3.458
C6	Val di Non	Cles	10.785	794
C7	Val di Sole	Malè	0	0
C8	Valli Giudicarie	Tione	60.191	4.429
C9	Alto Garda e Ledro	Riva	65.466	4.817
C10	Vallagarina	Rovereto	108.757	8.002
totale			328.154	24.146

A > ripresa programmata totale [m³]
B > assegnazione cedui anno 2012 [m³]

Tabella 5. ripresa decennale programmata ed assegnata nel 2012 nelle formazioni a ceduo per singolo distretto

Il dato di ripresa del ceduo quindi, che si riferisce ai soli suoli pubblici o privati oggetto di pianificazione, ha registrato un trend decrescente dagli anni 70 ad oggi. Anche in termini di assegnazioni la biomassa raccolta nei cedui a regime sul territorio provinciale pubblico e privato è passata da 40.000 a 20.000 t annue (peso in massa riferita al 40% di umidità). In tabella 5 si riportano i valori di biomassa assegnata per il governo a ceduo disaggregata per distretto forestale. I valori sono espressi in m³ tariffari che equivalgono globalmente a circa 20.000 t/annue. Si stima inoltre che altre 28.000 t vengano raccolte da interventi culturali nelle fasi giovanili dei popolamenti di latifoglie (conversioni ad alto fusto) per un quantitativo annuo disponibile pari a 48.000 t.

Nei cedui di produzione le utilizzazioni forestali sono rivolte principalmente alla raccolta di legna da ardere ad uso interno dei censiti aventi diritto di uso civico.

2.1.1.4 BIOMASSA LEGNOSA PROVENIENTE DALLA GESTIONE E MANUTENZIONE DELLE PERTINENZE DELLA RETE VIARIA

Tra le possibili fonti di biomassa legnosa censite nell'ambito della stesura del Piano d'Azione per le Biomasse vi è quella proveniente dall'attività di manutenzione e pulizia delle rampe e pertinenze della rete viaria di livello provinciale. Questo ambito è gestito in forma diretta dai competenti Servizi provinciali o, in alternativa ed in particolare per le situazioni più critiche (tagli straordinari, soggetti arborei pericolanti, ecc.), da ditte specializzate ed incaricate dall'organismo provinciale.

Dagli incontri svoltisi con il Servizio Gestione Strade è emerso che questo ambito è del tutto ininfluenza ai fini della definizione di un possibile sviluppo di una filiera di approvvigionamento di biomassa legnosa a fini energetici, in particolare per due motivi:

- in base ad un accordo di programma stipulato fra il Servizio Gestione Strade e il Servizio Foreste sono state definite le modalità operative con le quali gestire lo sviluppo dei popolamenti forestali adiacenti alle infrastrutture viarie. In base alle analisi delle situazioni critiche si è deciso di operare con tagli mirati, diradamenti o tagli a raso. La porzione principale di queste aree (69%) è però di proprietà di soggetti pubblici (Comuni ed A.S.U.C.), per cui il materiale legnoso asportato verrà conteggiato nel prelievo condotto nell'ambito delle rispettive proprietà e quindi riconducibile alla ripresa tariffaria dei piani aziendali o semplificati; le superfici di proprietà privata sono invece caratterizzate da altezze medie limitate, con grado di pericolo inferiore e quindi con priorità di intervento trascurabili;

- un importante lavoro di taglio e pulizia è condotto già consuetudinariamente, ed in particolare a seguito degli schianti avvenuti durante l'inverno 2009/2010; conclusa questa fase definibile come straordinaria rispetto all'attività svolta normalmente, il mantenimento delle aree percorse consisterà nello sfalcio dell'erba e di arbusti di interesse nullo ai fini della valorizzazione energetica.

2.1.1.5 BIOMASSA LEGNOSA DERIVANTE DALLE OPERAZIONI DI PULIZIA DEGLI ALVEI FLUVIALI

L'attività di prevenzione dai fenomeni di dissesto idrogeologico e di riduzione del rischio di eventi di piena nell'ambito della rete fluviale del territorio trentino è in capo al Servizio Bacini Montani della Provincia Autonoma di Trento. Tale organo provvede in parte direttamente ed in parte gestisce il rilascio di concessioni al prelievo di materiale legnoso nell'ambito degli alvei fluviali e delle loro pertinenze (particelle demaniali); il materiale che ne deriva consiste in legna da ardere di latifoglie e, spesso, in ramaglia e materiale fine, esclusivamente impiegabile per la produzione di cippato, con quantitativi poco significativi se confrontati con le altre fonti di biomassa. I soggetti concessionari sono suddivisi in tre categorie e per ognuno di essi si è proceduto in maniera diversa nella stima dei quantitativi di biomassa raccolta:

- enti territoriali quali Comuni ed A.S.U.C. che richiedono la concessione al prelievo per soddisfare le richieste di diritto di legnatico da parte dei censiti. In questo caso la biomassa legnosa prelevata rientra nella frazione già conteggiata nello specifico paragrafo riguardante l'uso civico, per cui si è evitato di procedere ad ulteriori stime;
- aziende specializzate nella produzione di cippato che concorrono all'acquisto di materiale legnoso da tagliare o, in alcuni casi, già tagliato dal Servizio Bacini Montani, nell'ambito di gare di aggiudicazione. Tale attività si sta sviluppando da 1-2 anni, per cui risulta difficile definire un andamento storico significativo; in futuro, anche in funzione dell'andamento della domanda, questa attività potrà sicuramente ampliarsi, ma al momento attuale si è evitato di conteggiare nel quantitativo complessivo una frazione di biomassa che presumibilmente è già conteggiata nei 130.000 msr di cippato prodotto dalle aziende specializzate della Provincia e che si affianca a quello di provenienza forestale;
- soggetti privati che raccolgono direttamente il materiale per l'impiego in impianti domestici. Definendo un quantitativo medio di 5 t per concessione e definendo un trend medio sul numero delle stesse in base al triennio 2008-2010, si è definito un quantitativo complessivo di circa 270 t complessive su tutto il territorio provinciale.

concessionario	numero concessioni			media	quantit. medio [t]	quantità compl. [t]
	2008	2009	2010			
enti	15	12	11	12.7	n.d.	n.d.
aziende	2	0	7	3	n.d.	n.d.
privati	50	48	63	53.7	5	268.3

Tabella 6. riepilogo concessioni



2.1.2 DISPONIBILITÀ DI RESIDUI AGRICOLI LEGNOSI

Capitolo sviluppato con la collaborazione scientifica di: Niccolò Brachetti Montorselli, Gianni Picchi, Raffaele Spinelli (CNR-IVALSA)

Il presente rapporto riporta il primo stato di avanzamento dello studio sulla disponibilità tecnica di residui agricoli legnosi nel territorio della Provincia Autonoma di Trento. Vengono qui considerate le due colture principali, vite e melo, in quanto di gran lunga le più importanti in termini di area occupata e di potenziale contributo di biomassa combustibile da utilizzare negli impianti di teleriscaldamento distribuiti nel territorio trentino; la possibilità di sfruttamento di altre colture (olivo, drupacee, piccoli frutti) potrà essere considerato nell'ambito di studi mirati su realtà ben delimitate e particolarmente caratterizzate da tali piantagioni.

Per lo studio era necessario basarsi su informazioni dettagliate circa le colture oggetto di valutazione. La fase di reperimento di tali informazioni è stata estremamente difficoltosa. I principali tematismi utilizzati (forniti da diversi enti della PAT) sono stati l'Uso del Suolo, il DEM e il Catasto Vitivinicolo.

Scarti di potatura della vite

Sulla base di uno studio di **disponibilità teorica** precedentemente effettuato (produzione di residuo su tutto il territorio provinciale in funzione di fattori stazionali e colturali, senza tener conto del costo finale o della fattibilità tecnica di raccogliere, trasformare e conferire il combustibile sino alle centrali ²), si è sviluppato un primo stadio della valutazione di disponibilità tecnica di biomassa per la raccolta. Per la seguente valutazione ci si è avvalsi dei dati raccolti nei cantieri sperimentali del CNR-IVALSA, in parte condotti in collaborazione con la Fondazione Edmund Mach.

La prima fase del lavoro ha riguardato il completamento delle informazioni mancanti nel database del catasto vitivinicolo e la revisione dei valori considerati. Tali modifiche portano a una revisione della biomassa teorica stimata per il settore vitivinicolo. Per la presente analisi, escludendo gli appezzamenti di ridotte dimensioni (< 1.000 m²) e quelli con pendenza eccessiva (>60%) si considera una superficie totale di 7.038 ha, con una disponibilità teorica di 17.949 t/anno di sostanza fresca.

Per la valutazione dei costi di raccolta ci si è riferiti a un unico modello di trincia-raccogliatrice, la FACMA Comby TR 140 (veda si foto). Dagli studi di produttività, infatti, questa risultata essere la più economica nella fase di raccolta ed estrazione della biomassa. Inoltre, sino al 2011 è stato l'unico modello commerciale capace di scaricare la biomassa residuale in container scarrabili depositati a terra, grazie al sistema di elevazione a pantografo che raggiunge un'altezza di 2,6m.

La macchina è trainata da un trattore della potenza minima di 60 kW e monta un sistema di pick-up anteriore per la raccolta dei sarmenti. Questi vengono poi alimentati al trituratore a martelli e proiettati nel vano di carico integrato, della capacità di 3 m³. La macchina ha dimensioni complessivamente contenute, con un'altezza di 175 cm da terra ed una larghezza di 140 cm. Que-



Figura 12. trincia-raccogliatrice, la FACMA Comby TR

ste caratteristiche la rendono idonea ad operare nella maggior parte dei vigneti trentini, poiché nell'ingombro risulta assimilabile agli atomizzatori comunemente utilizzati per le applicazioni degli agrochimici. Secondo i tecnici della Fondazione Mach la macchina è in grado di operare su oltre il 90% dei vigneti trentini senza incontrare limitazioni nella lunghezza della capezzagna ³ (può svoltare facilmente con capezzagne di 3,5-4 m), la larghezza dell'interfila (nella spalliera) e l'altezza delle pergole.

Per il successivo trasporto della biomassa sino alla centrale è stato ipotizzato l'utilizzo di container scarrabili della capacità di 36 m³ (altezza 2,3 m; larghezza 2,4 m; lunghezza 6,5 m). I container vengono lasciati sul terreno da appositi autocarri muniti di gancio per la movimentazione (carico/scarico). Considerando una densità apparente della biomassa fresca di 175 kg/m³ (45 % di umidità), ogni container sarebbe capace di un carico di circa 6.300 kg. Tale valore è stato approssimato a 6.000 kg per carico nelle successive elaborazioni.

In un sistema di trasporto correttamente organizzato le piazzole di scarico dei container andrebbero previamente pianificate. La loro posizione andrebbe definita in modo da servire come punto di carico della biomassa proveniente dai vigneti circostanti. Definendo previamente il piano di raccolta ed utilizzando un numero variabile di container (4-6) sarebbe possibile effettuare raccolta e trasporto con due sole unità (trincia-raccogliatrice e autocarro) lavorando indipendentemente e limitando al minimo i ritardi dovuti all'interazione tra i mezzi.

Il modello di costo (deterministico) è stato estrapolato dall'analisi di 13 ore operative di cantieri commerciali. Le variabili che hanno dimostrato avere un'influenza statisticamente significativa sulla produttività della raccolta sono la densità di biomassa per ettaro (Yield nel modello, espresso come t/ha) e distanza di scarico (Dist nel modello, espresso come metri lineari). Entrambi i fattori hanno un P-Value di 0,0011 ⁴. L'equazione indi-

² L'informazione relativa alla potenzialità **teorica** ha consentito di generare gli strati cartografici ed i database su cui si è basata la successiva fase di simulazione, in cui si sono considerati i sistemi di raccolta e trasporto ed il loro costo per la valutazione della disponibilità **tecnica** di combustibile.

³ La capezzagna è la striscia di terreno tra due terreni coltivati, appartenenti o meno alla medesima proprietà, lasciata appositamente sgombra da colture, al fine di permettere ai mezzi agricoli un opportuno spazio di manovra in testa o a lato della parte coltivata.

⁴ In statistica, il valore p di un test di verifica d'ipotesi indica la probabilità di ottenere un risultato pari o più estremo di quello osservato. Una serie di dati viene detta statisticamente significativa se il suo valore p è minore o uguale a 0,05.

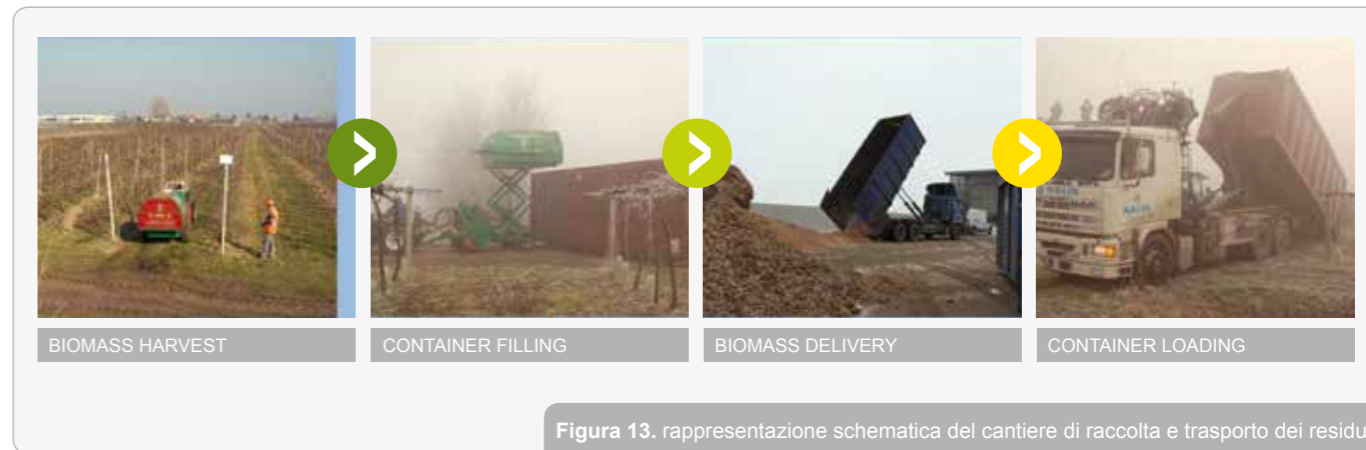


Figura 13. rappresentazione schematica del cantiere di raccolta e trasporto dei residui

viduata può essere considerata più che soddisfacente in quanto esprime la maggior parte della variabilità (R² = 79.2 %):
Produttività (kg/h) = 1508,93 + 345,208*Yield - 1,89581*Dist

Nella presente valutazione il valore di biomassa per ettaro (Yield) dei singoli appezzamenti è fornito dal database territoriale derivato dal Catasto Vitivinicolo 2010. Per la distanza di scarico (Dist) si è invece utilizzato un valore medio di 250,8 m, come rilevato durante i cantieri commerciali. Nelle successive fasi della simulazione questo valore verrà generato in base alla posizione dell'appezzamento (del relativo centroide di riferimento) e la posizione dell'area di scarico dei container. Queste sono site lungo la viabilità secondaria e selezionate in modo tale da servire il maggior numero possibile di appezzamenti vitati.

Per la distanza di trasferimento (tra un appezzamento vitato e il successivo) si è scelto il valore prudenziale di 250 metri, una velocità di trasferimento di 10 Km/h con un risultante tempo di 0,035 h per ogni spostamento. Come si può osservare nell'immagine sottostante, un gran numero di appezzamenti sono in realtà contigui e in queste condizioni gli spostamenti per lo scarico del materiale (già inclusi nel modello) coprirebbero il trasferimento tra i vigneti. Occasionalmente però la macchina deve affrontare spostamenti di maggior lunghezza, sia per raggiungere gruppi di appezzamenti isolati che per tornare in rimessa, per cui si è optato per un valor medio sovradimensionato e distribuito su tutti gli appezzamenti.



Figura 14. rappresentazione cartografica degli appezzamenti vitati e relativo centroide identificativo

Infine, i tempi morti durante le operazioni di raccolta sono stati considerati nella misura del 19,2% del tempo effettivo di lavoro.

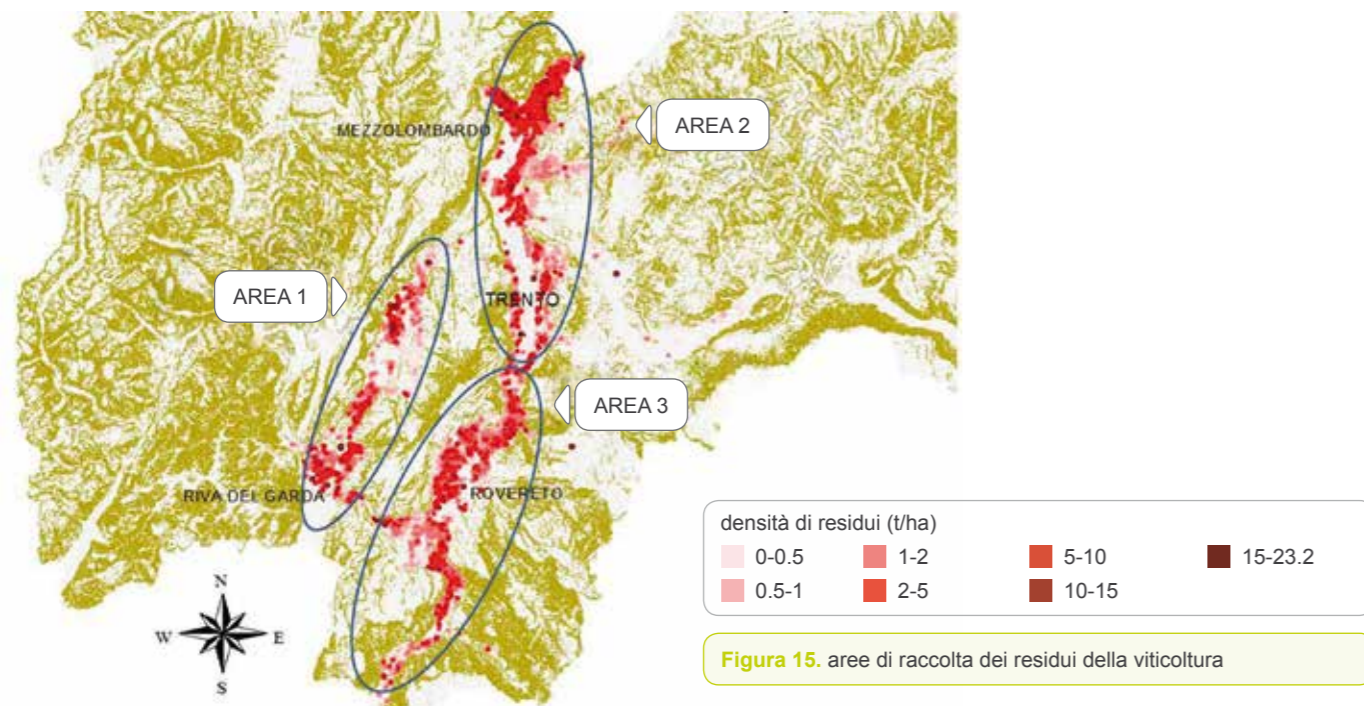
Il costo complessivo della raccogliatrice con trattore, ipotizzando pari a 500 h/anno per la prima e 1000 per il secondo, è stato stimato in 43 €/h.

Per la logistica della biomassa, movimentata in container di 35 m³, si è ipotizzato di far uso di autocarri con rimorchio. Il carico utile, ipotizzando 6 t/container, è di 12 t di biomassa. Ogni mezzo avrebbe in gestione 4-6 container, considerando quelli depositati a terra per essere riempiti e quelli già pieni da trasportare in centrale. Per il presente studio si è ipotizzata una distanza di trasporto prudenziale di 40 km, che consente di considerare per ogni area di produzione della vite almeno una centrale di teleriscaldamento tra quelle attualmente esistenti in Trentino (nei successivi approfondimenti si valuterà con maggior dettaglio il costo in funzione dei potenziali utenti finali). In tali condizioni il costo di trasporto della biomassa si attesta sui 23 €/t.

Componente territoriale

Per semplificare l'analisi il territorio trentino è stato suddiviso in tre unità territoriali. La suddivisione identifica tre bacini di produzione che, idealmente, conferiscono a utenze finali presenti all'interno di ogni area. Di seguito sono indicati i territori comunali afferenti a ogni area:

- **AREA 1 (Sarca)** - Riva del Garda, Tenno, Arco, Nago-Torbole, Dro, Drena, Cavedine, Lasino, Calavino e Vezzano (Terlago, Stenico e Bleggio Superiore sono stati esclusi perché isolati e con una bassa densità di unità vitate)
- **AREA 2 (Adige Nord)** - Lavis, Giovo, Lisignano, Albiano, San Michele all'Adige, Faedo, Mezzolombardo, Mezzocorona, Roveré della Luna, Zambana, Nave San Rocco, Trento e Vigolo Vattaro.
- **Faver, Segonzano e Valda** potrebbero costituire un nucleo a parte per un utilizzo locale della biomassa. Ma nel database mancano totalmente i vigneti del comune di Cembra, inoltre l'area ha una grande incidenza di terreni con elevata pendenza, parametro considerato come limitante per la raccolta. Per questa ragione questi comuni sono stati esclusi.
- **AREA 3 (Adige Sud)** - Besenello, Calliano, Aldeno, Pomarolo, Nomi, Volano, Rovereto, Villa Lagarina, Isera, Mori, Avio, Brentonico, Ala, Vallarsa, Trambileno, Nogaredo e Garniga Terme.



Nello studio sono stati esclusi gli appezzamenti con pendenza superiore al 60%, valore considerato come limitante per un'efficiente meccanizzazione della raccolta anche in presenza di terrazzamenti.

Dal database sono stati inoltre esclusi tutti i vigneti con superficie inferiore a 1000 m². Questa riduzione è dovuta a due fattori:

1. la maggior parte dei poligoni di dimensioni ridotte (risultanti come particelle nel database) sono dovute ad un vizio di intersezione nello strato informativo originale (Catasto Vitivinicolo 2010, come fornito dagli uffici competenti PAT), per cui la loro eliminazione riduce una fonte di errore e semplifica le successive elaborazioni;
2. in un piano di raccolta dei residui il tempo necessario ad accordarsi con i proprietari e pianificare la raccolta è simile per ogni appezzamento, indifferentemente dalla sua dimensione. Escludendo gli elementi eccessivamente piccoli si semplificherebbe di molto il lavoro, riducendo i costi complessivi senza intaccare in modo significativo il quantitativo di biomassa complessiva.

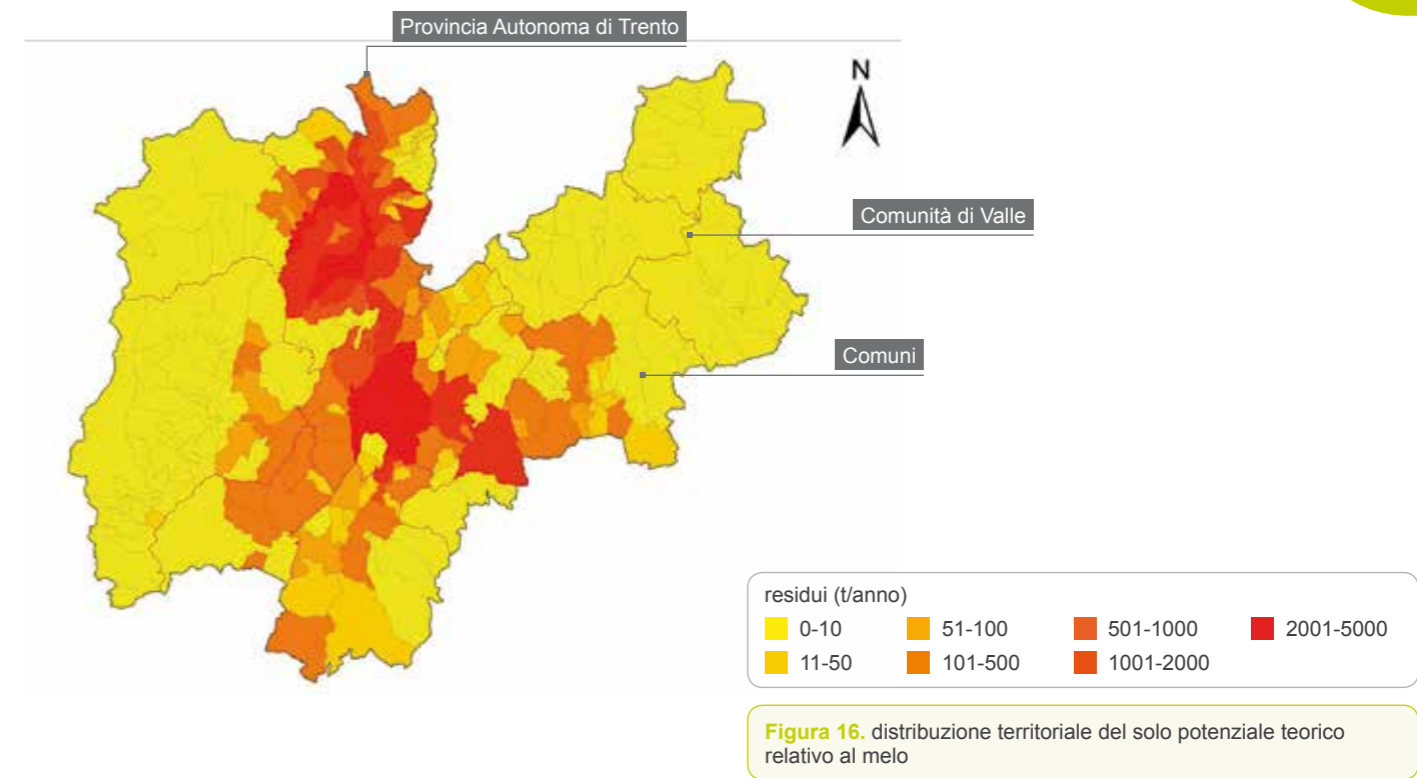
Risultati

Considerando i tempi di raccolta per ogni singolo appezzamento è possibile individuare un costo finale della biomassa conferita in centrale, che varia da un minimo di 45,08 €/t a un massimo di 78,53 €/t. Tuttavia questi valori, o la media tra di loro, non esprimono in maniera soddisfacente il costo effettivo della biomassa ottenuta da una campagna di raccolta. Per tale valutazione è stato computato il costo complessivo delle operazioni di raccolta per ogni area considerata e il quantitativo di biomassa raccolta. Da questi due valori è stata calcolata la media pesata del costo della biomassa conferita in centrale, che varia da 48,80 €/t per le 7.135 tonnellate dell'Area 2, a 49,49 €/t per le 5.985 tonnellate dell'Area 3.

Per verificare l'influenza del costo unitario di raccolta è stata calcolata la media pesata per le tre aree considerando soltanto gli appezzamenti con un costo di raccolta unitario inferiore a 60 e 50 €/t. Come si può osservare nella tabella sottostante, l'esclusione degli appezzamenti in cui la raccolta è più costosa porta a sostanziali cambiamenti soltanto se si utilizza il limite dei 50 €/t, riducendo il costo medio (media pesata) di circa 1,50 €/t.

	Area 1	Area 1	Area 1	Area 2	Area 2	Area 2	Area 3	Area 3	Area 3
	totale	<60 €/t	<50 €/t	totale	<60 €/t	<50 €/t	totale	<60 €/t	<50 €/t
Minimo (€/t)	45,08	45,08	45,08	45,18	45,18	45,18	45,20	45,20	45,20
Massimo (€/t)	75,91	59,99	50,00	78,28	60,00	50,00	78,53	59,96	50,00
Media (€/t)	51,72	50,95	47,93	51,61	50,74	47,64	51,58	51,07	48,22
Costo totale (€)	223.733	221.630	150.344	348.199	344.225	251.131	296.273	293.492	190.591
Biomassa fresca totale (t)	4.568	4.535	3.179	7.135	7.072	5.312	5.985	5.941	3.978
Costo (€/t) media pesata	48,98	48,87	47,28	48,80	48,67	47,27	49,49	49,40	47,90

Tabella 7. analisi dei costi di raccolta per area di influenza



Secondo il quadro di ipotesi sopra descritto il settore vitivinicolo trentino potrebbe fornire fino a 17.688 tonnellate di biomassa fresca con un costo complessivo inferiore a 50 €/t.

Questa analisi non tiene conto di fattori diversi da quelli tecnici o territoriali, come, ad esempio, considerazioni di mantenimento della fertilità del suolo o la disponibilità dei proprietari a mettere a disposizione i propri residui. Tali fattori potrebbero ridurre drasticamente il quantitativo di biomassa effettivamente disponibile per usi energetici, ma anche considerando di raccogliere soltanto la metà dei sarmenti annualmente disponibili, la Provincia Autonoma di Trento potrebbe incrementare il combustibile legnoso localmente prodotto di oltre 8.000 t/anno.

Scarti di potatura del melo

L'analisi di disponibilità tecnica della biomassa di scarto da potatura parte anch'essa dalla quantificazione della **disponibilità teorica** precedentemente effettuata, ma - a differenza delle valutazioni sulla vite - risulta affetta da un livello di dettaglio dei dati di partenza assai più basso, derivato principalmente dalle difficoltà incontrate per ottenere il catasto frutticolo. Una prima quantificazione della **disponibilità teorica** degli scarti è pertanto stata ottenuta solamente dai tematismi dell'Uso del Suolo 2010 ed il DEM ⁵.

Con la successiva fase di simulazione - analogamente al settore "vite" - si è pervenuti ad un dato sulla disponibilità tecnica della biomassa residuale.

Nello studio sono stati esclusi gli appezzamenti con pendenza superiore al 60%, valore considerato come limitante per un'efficiente meccanizzazione della raccolta anche in presenza di terrazzamenti.

Dal database sono stati inoltre esclusi tutti i frutteti con superficie inferiore a 1000 m², similmente a quanto fatto con i vigneti. La produttività dei meleti è stata considerata pari a 3 t/ha di sostanza fresca (considerata come valore più verosimile per la realtà trentina rispetto alle 3,5 tonnellate misurate in cantieri di raccolta nella Provincia di Padova ed anteriormente utilizzata come riferimento di produttività).

A causa dell'assenza di un qualsivoglia database sulle piantagioni melo, l'analisi è stata svolta sulla base della cartografia foto interpretativa dell'Uso del Suolo 2010. L'unico fattore produttivo considerato in questo studio è la quota di coltivazione.

Il territorio è stato suddiviso in tre fasce:

- pianura, condizione in cui le piante riescono a produrre effettivamente 3 tonnellate di residuo annuo;
- mezza montagna, dalla quota di 400 a 700 m.s.l.m., condizione in cui si considera una riduzione del vigore vegetativo del 15% (e conseguentemente una proporzionale riduzione di residuo);
- montagna, oltre i 700 m.s.l.m., in cui la riduzione produttiva si porta mediamente al 30%.

Per la valutazione dei costi sono stati considerati gli stessi parametri e modelli produttivi della viticoltura (vedere precedente relazione). Anche le ipotesi di costi logistici e di trasferimento sono stati considerati invariati per semplificare l'analisi (e a mancanza di informazioni tali da poter raffinare il quadro complessivo). In tali condizioni i principali fattori che determinano il costo finale sono la densità della biomassa residuale al suolo (variabile del modello di produttività della raccolta) e la dimensione dell'appezzamento (che pesa sulla ripartizione dei costi fissi unitari di trasferimento e trasporto).

⁵ Digital Elevation Model: rappresentazione della distribuzione delle quote di un territorio, o di un'altra superficie, in formato digitale.



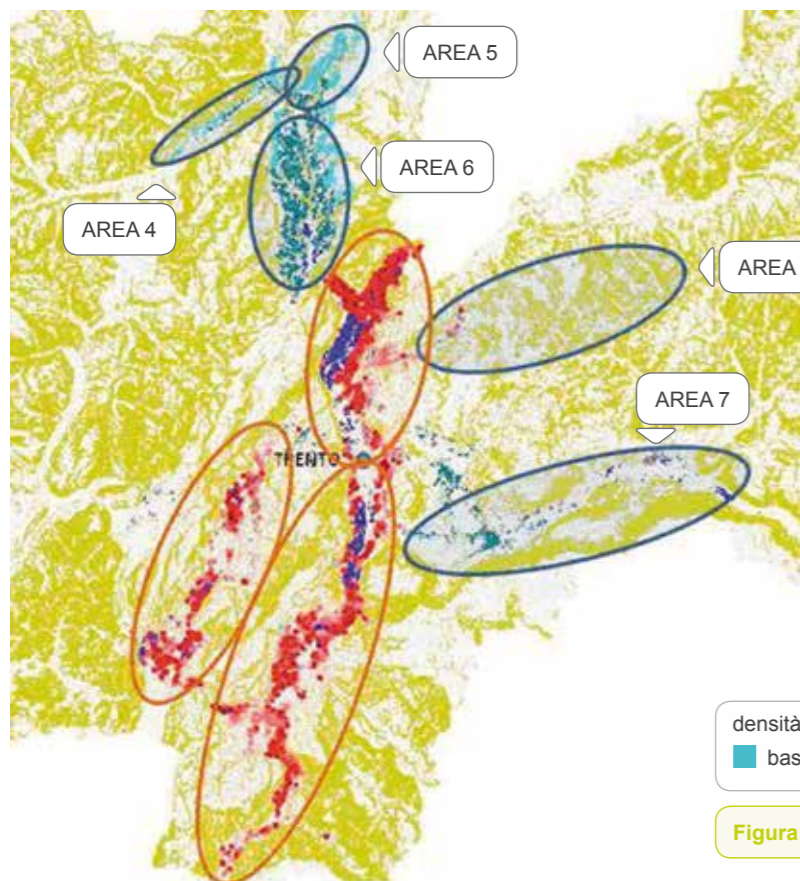


Figura 17. aree di raccolta individuate per il comparto melo

	ettari	biomassa (t)	costo medio (€/t)
totale complessivo PAT	12.033,92	30.921,31	51,18

Sfruttando appieno le risorse di questo comparto agricolo, si potrebbero mobilitare, pertanto, quasi 31.000 tonnellate annue di biomassa. In realtà la raccolta è da escludersi in alcune aree eccessivamente frammentate e con viabilità ridotta (fattori non inclusi nella presente analisi), ma è sicuramente verosimile pensare di raccogliere annualmente circa 20.000 tonnellate di residui nelle zone più prossime alle centrali di teleriscaldamento, conferendo il combustibile con un costo non superiore ai 51 €/t fresca.

Includendo le piantagioni di melo nell'analisi del territorio trentino è stato possibile verificare la validità delle tre unità territoriali anteriormente identificate per il settore viticolo. In particolare vale la pena evidenziare che la loro inclusione incrementa il grado di accorpamento degli appezzamenti e la quantità di biomassa disponibile entro un determinato raggio, entrambi fattori che giocano un ruolo molto importante nel ridurre il costo finale della biomassa consegnata (oggetto dell'ultima fase dello studio).

Per quanto un'importante superficie di melo coincida con le tre aree già identificate (circa 9.000 ha), la distribuzione di questa coltura nel territorio della Provincia Autonoma di Trento è molto più ampia rispetto a quella della vite, spingendosi in vari ambienti di valle medio-alta. Particolarmente importante, ovviamente, è la Val di Non. Per le sue caratteristiche questa zona è stata suddivisa nelle seguenti zone funzionali:

- Area 4, che include la Val di Sole;
- Area 5, Alta Val di Non. Che potrebbe divenire un centro di produzione e consumo indipendente grazie alla presenza di alcune centrali di teleriscaldamento in posizione strategica;
- Area 6, Val di Non (corpo principale), che da sola contribuisce con oltre 12.000 ettari di mele;
- Area 7, Valsugana, che presenta un interessante potenziale seppur distribuito su un importante sviluppo longitudinale che incrementa le distanze di trasporto ai potenziali utenti finali.

La zona della Val di Cembra (Area 8) viene definitivamente scartata da un piano di recupero dei residui agricoli. Infatti, così come è stato osservato per la viticoltura, anche per la pomicoltura le sue superfici sono molto ridotte (45 ha) e frammentate. Questo rende economicamente poco sostenibile la raccolta, oltre a non garantire una massa critica minima di biomassa annuale tale da fornire un contributo significativo ad un impianto di scala medio-grande.

La revisione delle ipotesi di resa hanno portato alla riduzione del quantitativo totale stimato in una prima fase, ottenendo il seguente risultato complessivo:

Conclusioni

Lo studio dei residui di melo si basa su dati molto più approssimativi rispetto a quelli della viticoltura. Ciò non di meno ha il pregio di basarsi su di una superficie più prossima a quella che effettivamente insiste sul territorio. Le quasi 31.000 tonnellate da mele si andrebbero a sommare alle 17.688 tonnellate di biomassa fresca fornite dal settore viticolo con un costo complessivo inferiore a 50 €/t. Sommando le due risorse di biomassa combustibile [tabella 8], la PAT potrebbe arrivare a mobilitare teoricamente poco meno di 50.000 tonnellate annue di residuo legnoso, da utilizzare per integrare il materiale di provenienza boschiva negli impianti di teleriscaldamento locali:

area	biomassa meli (t)	biomassa vigneto (t)
Area 1	1.376,36	4.568
Area 2	3.962,71	7.135
Area 3	3.845,95	5.985
Val di Non (Aree 4, 5 e 6)	17.242	-
Area 7 Valsugana	4.352,35	-
Area 8 Val di Cembra	106,57	-
totale	30.921,31	17.688
totale complessivo (t)	48.6091	-

Tabella 8. biomassa totale recuperabile dall'attività di potatura

Questa analisi non tiene conto di fattori diversi da quelli tecnici o territoriali, come a esempio considerazioni di mantenimento della fertilità del suolo o la disponibilità dei proprietari a mettere a disposizione i propri residui. Altri aspetti non considerati in questo stadio sono le perdite di raccolta delle macchine e le percentuali di terreni trattabili (terreni non terrazzati). Tali aspetti verranno considerati in un successivo livello di dettaglio dello studio. Analogamente, non sono stati analizzati i potenziali di biomassa ricavabile dagli espianti dei frutteti, data l'aleatorietà che contraddistingue la frequenza di tale pratica (di recente, ad esempio, in valle di Non si è ricorso all'espianto in massa per fronteggiare un attacco biotico subito dai mele) e considerando il fatto che gran parte del legname ricavato in tali occasioni viene già destinato a combustione in ambito domestico da parte dei coltivatori.

2.1.3 REFLUI ZOOTECNICI

Il comparto zootecnico trentino ha avuto, in passato, un ruolo economicamente rilevante soprattutto nelle zone più marginali, ma l'abbandono dei territori di montagna più sfavorevoli da parte delle popolazioni residenti e una crescente specializzazione nei diversi comparti dell'agricoltura a discapito delle piccole realtà ad indirizzo misto hanno comportato una progressiva contrazione del numero di aziende zootecniche.

La tipologia produttiva prevalente è quella del bovino da latte; minoritaria invece è la presenza di bovini da carne; delle circa 1.500 aziende, circa 1.100 sono, infatti, di bovini da latte. La zootecnia trentina, inoltre, è frammentata in numerose piccole aziende caratterizzate dalla presenza di meno di 20 capi (circa il 60% del totale provinciale), che hanno finora anche ricoperto l'importante funzione di presidio del territorio.

⁶ Presso FEM sono disponibili i dati - ottenuti attraverso le simulazioni effettuate nell'ambito del presente studio - sui quantitativi riciclabili per ogni singolo comune della Provincia.

Nell'ultimo decennio, soprattutto per quanto riguarda i bovini da latte si è avuta una progressiva riduzione del numero delle aziende mentre il numero di animali è leggermente aumentato. Questo aspetto si giustifica con la ricerca da parte degli allevatori di salvaguardare il reddito aziendale attraverso l'incremento, appunto, dei capi allevati in risposta alla riduzione delle rese medie per capo.

Nell'ultimo quinquennio questa tendenza si è invertita in funzione del consistente aumento dei costi di produzione presso le stalle, accompagnato da un prezzo del latte in costante decremento, che, di fatto, hanno disincentivato i percorsi sopra indicati. Le politiche di sostegno al settore ed i premi agroambientali legati a percorsi virtuosi di sostenibilità ambientale, hanno contribuito a rafforzare il legame dell'attività di allevamento con il territorio aziendale sotteso e quindi a ridefinire e contenere il numero dei capi allevati [fonte: www.trentinoagricoltura.it].

Le elaborazioni prodotte nello studio FEM "Il potenziale di produzione di biogas nella realtà agro zootecnica trentina" (2010) hanno evidenziato una consistenza del comparto zootecnico bovino pari a 34657 U.B.A. (unità bovino adulto) ⁷, distribuiti in circa 1.500 aziende (dati Banca Dati nazionale Anagrafe Zootecnica, al 31/12/09).

I dati, raggruppati a livello di Comunità di Valle, mostrati in tabella 13 hanno evidenziato una concentrazione del 50% del patrimonio zootecnico provinciale nelle Valli Giudicarie, nella Val di Non e nella Bassa Valsugana/Tesino, con contributi rispettivamente pari al 20%, al 16% ed al 12%.

comunità di valle	numero di UBA	numero di aziende
1 Valle di Fiemme	2376	115
2 Primiero	1332	73
3 Bassa Valsugana e Tesino	4015	171
4 Alta Valsugana	2879	161
5 Cembra	271	16
6 Valle di Non	5423	183
7 Valle di Sole	3247	157
8 Giudicarie	7126	207
9 Alto Garda e Ledro	1459	99
10 Vallagarina	3170	129
11 Ladino di Fassa	933	49
12 Folgaria, Lavarone, Luserna	399	23
13 Rotaliana	474	22
14 Paganella	340	18
15 Val d'Adige	370	46
16 Valle dei Laghi	843	31
totale	34.656	1.500

Tabella 9. consistenza in numero di capi e di allevamenti per Comunità di Valle (elab. CETA)

⁷ Un U.B.A. rappresenta convenzionalmente un animale adulto di 600 kg. La seguente tabella di trasformazione consente di ricondurre tutte le tipologie di animali da allevamento alla stessa unità di misura: tipologia di animale U.B.A. corrispondenti tori, vacche > 2 anni / equidi > 6 mesi / 1 bovini > 6 mesi, < 2 anni 0,6 pecore 0,15 capre 0,15

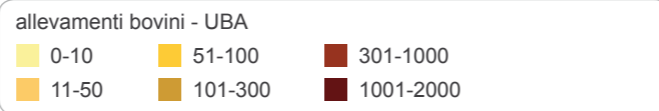
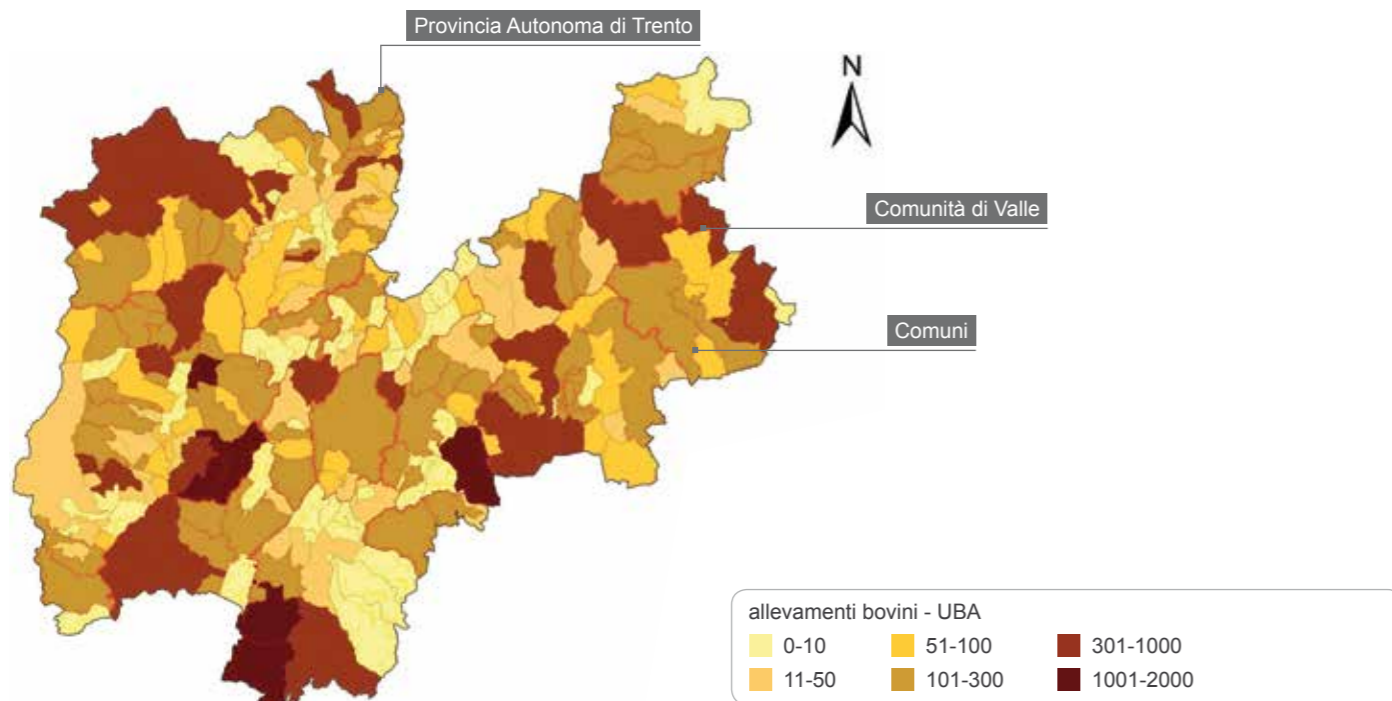


Figura 18. ripartizione delle UBA a livello comunale

Per esaminare la consistenza del comparto zootecnico è stata ampliata la risoluzione di analisi a livello comunale: il numero medio di aziende per comune è pari a 7,7; i comuni con il maggior numero di aziende sono invece Ledro (45 aziende), Brentonico (43) e Rabbi (42). La mappa tematica sotto riportata rappresenta, per l'appunto, la ripartizione delle UBA a livello comunale.

Per poter meglio studiare la concentrazione del patrimonio zootecnico e quindi la potenzialità energetica esprimibile, il dato di numero di capi deve essere messo in relazione alla superficie agricola; tale rapporto esprime la pressione esercitata dall'attività zootecnica su un determinato territorio. Questo soprattutto in considerazione del fatto che i processi di valorizzazione energetica dei reflui, quali la digestione anaerobica, non comportano una riduzione dell'azoto presente nei reflui.

Il valore medio del rapporto tra U.B.A. allevati ed ettari di superficie a livello comunale è pari a 1,1, che denota in generale basso un livello di intensità zootecnica. Nello specifico l'84% dei comuni presenta un carico zootecnico inferiore a 2 U.B.A./ha, di cui il 60% non supera 1 UBA/ha.

Circa il 10% dei comuni presenta un livello di intensità compreso tra 2 e 3 U.B.A./ha; la soglia di 3 U.B.A./ha viene invece superata da circa il 6% dei comuni.

Per quanto riguarda le dimensioni aziendali, la Provincia di Trento è caratterizzata dalla presenza di molte piccole e piccolissime aziende, con una presenza media pari a 23,13 U.B.A./azienda o 31,08 capi/azienda (Banca Dati Nazionale Anagrafe Bovina, 31/12/09). Nel grafico si può vedere come il 60,97% delle aziende hanno meno di 20 capi e pertanto al di sotto della media; il 93,36% delle aziende presenta meno di 100 capi.

Da un confronto con i dati al 2012, si può evidenziare come rispetto al 2009 (anno cui si riferiscono i dati e le elaborazioni sulla consistenza del patrimonio zootecnico bovino qui riportate) non ci siano grandi variazioni. Il numero di capi è pari a 45.029

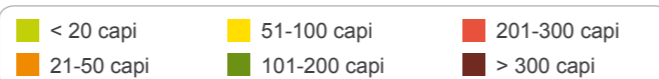
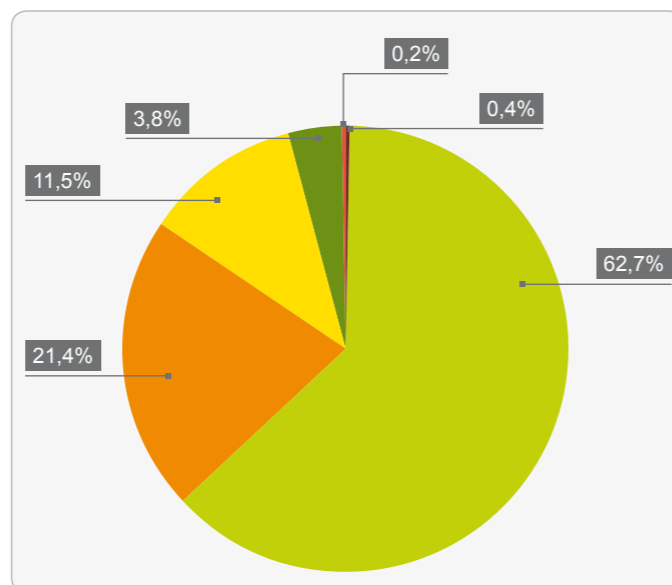


Figura 19. distribuzione delle classi dimensionali degli allevamenti [dati 2009].

(al 31/08/12) rispetto a 44.942 del 2009; analogamente si può considerare per il numero di aziende: 1.446 ad oggi rispetto alle 1.500 del 2009. Sono presenti sul territorio provinciale circa 1098 sono a latte (73%) e 335 a carne; 1.155 aziende con meno di 50 capi, ovvero un 77% del totale e 278 aziende con più di 50 capi (Banca Dati Nazionale Anagrafe Bovina, ultimi mesi 2012).

In senso strettamente energetico il potenziale esprimibile dal comparto si traduce nella stima della quantità di biogas ottenibile dai reflui prodotti. Se si assume, pertanto, che la produzione di refluo per U.B.A. ammonti a 23 t/anno (dato medio desumibile dalla letteratura e dalle tipologie di gestione maggiormente diffuse in Trentino), si perviene al valore teorico complessivo di 797.111 t/anno di effluenti zootecnici.

Un altro aspetto caratteristico della zootecnia trentina è la forte presenza in taluni contesti della pratica dell'alpeggio.

comunità di valle	A	B	C
1 Val di Fiemme	865	911	60%
2 Primiero	809	699	89%
3 Bassa Valsugana	960	1265	40%
4 Alta Valsugana	687	352	26%
5 Val d'Adige	157	298	14%
6 Val di Non	976	914	29%
7 Val di Sole	2025	1029	76%
8 Giudicarie	1535	2098	38%
9 Alto Garda	217	647	43%
10 Vallagarina	855	1618	57%
11 Val di Fassa	359	452	73%

A > vacche alpeggiate
B > giovane bestiame alpeggiato
C > capi alpeggiati

Tabella 10. percentuale dei capi alpeggiati (stima)

Risulta importante quindi tenerne conto nel calcolo delle produzioni potenziali, in quanto riduce la disponibilità di reflui in stalla durante i tre mesi estivi. A tale scopo sono stati utilizzati gli ultimi dati disponibili, a livello comprensoriale, risalenti all'anno 2005 [fonte APSS]. Sulla base dei dati relativi alle consistenze totali, è stata stimata la percentuale di capi portati all'alpeggio, riportate nella seguente tabella [elab. C.E.T.A. su dati APSS 2005].

Ipotizzando un periodo di alpeggio di due mesi per tutti i capi (U.B.A.) della Provincia, il quantitativo di reflui provinciali raggiunge la cifra di **664.259 t/anno totali**.

Altri settori

Oltre al predominante comparto bovino, in Provincia sono presenti allevamenti di suini, ovicapri, avicoli, cunicoli ed equini, con un'incidenza complessiva pari a 13.562 U.B.A., secondo i dati della Federazione Allevatori al 2009 (Valorz, 2010).

I grossi allevamenti suini sono circa 30 localizzati in Vallagarina, Valli Giudicarie, Valsugana e nella zona dell'Alto Garda. Il numero di capi è di circa 4.048 unità, che corrisponde a 1.995 U.B.A. Il comparto avicolo incide sul totale con un numero di U.B.A. complessive pari a 3.193. Per quanto riguarda la tipologia di allevamento, la più diffusa è quella dei polli da carne seguita da quella delle galline ovaiole. La distribuzione territoriale degli allevamenti è simile a quella del comparto suinicolo: Vallagarina, Valsugana e Valli Giudicarie.

In espansione negli ultimi anni sono invece gli allevamenti ovicapri. Le aziende censite sono circa 700 con un numero di capi pari a 31.059, di cui 21.603 ovini e 94.56 caprini. Tali

numeri corrispondono quindi a 4.532 U.B.A.; 1.075 per gli ovini e 3.457 per i caprini. I grossi allevamenti sono sostanzialmente concentrati in Valsugana con qualche grossa realtà in Val di Fiemme e Primiero.

Ultimo settore considerato è quello equino; i capi presenti in Provincia sono 2.230 per un numero complessivo di U.B.A. pari a 1.922.

Un accenno infine anche alla presenza di allevamenti cunicoli. Il numero di capi riportati nell'ultimo censimento dell'agricoltura è pari a 96.000 unità, corrispondenti a 1.920 U.B.A. Gli allevamenti più consistenti sono situati nelle Valli Giudicarie, in Valle dei Laghi, Val di Fiemme e in Valsugana.

2.1.4 SCARTI DA CANTINE E DISTILLERIE

Per quanto riguarda gli scarti della vinificazione, sono state intervistate le 14 cantine sociali provinciali, che lavorano circa l'80-85% dell'uva prodotta in provincia di Trento.

Il potenziale da distillerie (quantitativi di materia) risulta sottovalutato, in quanto la fornitura dalle cantine trentine rappresenta una parte (circa metà) della materia prima utilizzata (in parte, infatti, procurata da fuori Provincia), pertanto le produzioni e quindi gli scarti sarebbero verosimilmente maggiori.

Come risulta dall'indagine, solo metà della materia prima trasformata dalle distillerie locali proviene da cantine provinciali, ma, soprattutto, solo metà della vinaccia in uscita dalle cantine è destinata alle distillerie trentine. Il quantitativo di vinacce attualmente esportato fuori Provincia, pertanto, potrebbe essere sfruttato energeticamente dalle cantine, senza intaccare i quantitativi da destinarsi alle distillerie, conservando, pertanto, la sostenibilità del comparto.

La seguente tabella riporta i quantitativi rilevati.

quantitativo annuo biomassa PAT (2011)		
scarti da cantine	Vinacce fresche	15.799 t
	Raspi	2.315 t
	Feccia	6.387 t
scarti da distillerie	Vinacce esauste	6.143 t
	Bucchette	737 t
	Vinaccioli	2.194 t
	Borlanda	200 t

Tabella 11. scarti prodotti dalle cantine sociali e distillerie

Le mappe tematiche riportate a pagina seguente rappresentano la distribuzione spaziale ed i quantitativi (t/anno, produzione 2011) degli scarti da cantina (vinacce, raspi e feccia) sul territorio provinciale; da esse si evince come la localizzazione delle maggiori realtà coinvolga principalmente l'asta dell'Adige.



Figura 20. produzione di vinacce sul territorio provinciale [elaborazione FEM, su dati 2011]

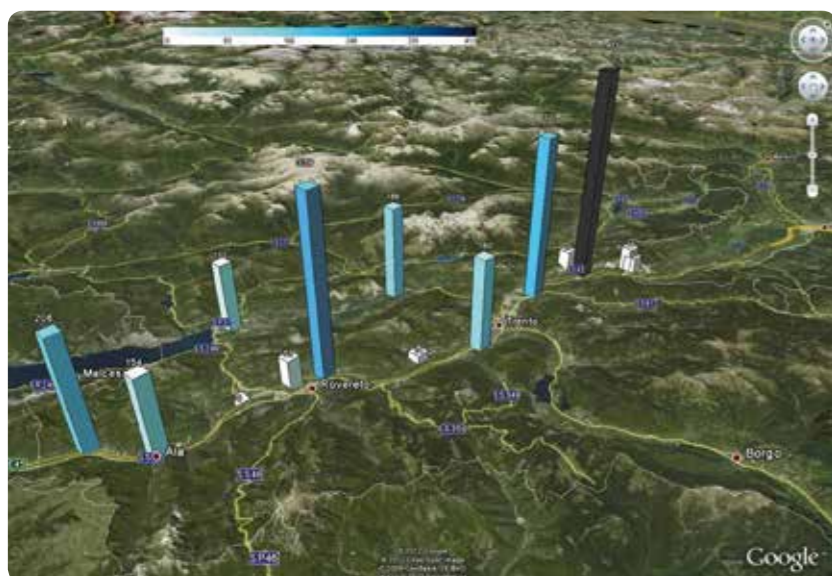


Figura 21. produzione di raspi sul territorio provinciale [elaborazione FEM, su dati 2011]

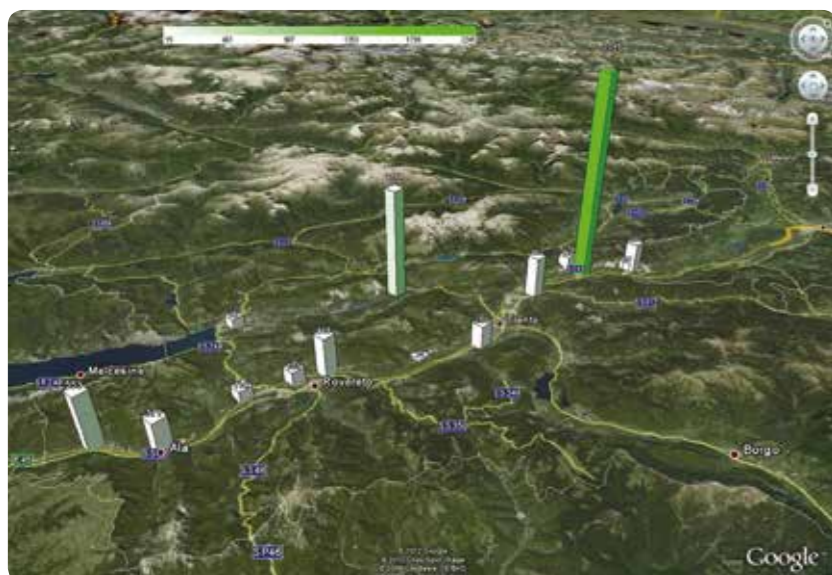


Figura 22. produzione di feccia sul territorio provinciale [elaborazione FEM, su dati 2011]

2.1.5 SCARTI DAL SETTORE LATTIERO CASEARIO

In Provincia di Trento la realtà di "Trentingrana - Consorzio dei Caseifici Sociali Trentini s.c.a." rappresenta la parte più significativa della produzione provinciale di tale settore e raggruppa i seguenti Caseifici Cooperativi e latterie sociali:

- Caseificio Sociale di Campitello Sca
- Latteria Sociale di Castelfondo Sca
- Caseificio Sociale Val di Fiemme Cavalese Sca
- Latteria Sociale Cavareno Sca
- Caseificio Sociale Coredo Sca
- Latteria Sociale di Fondo Sca
- Caseificio degli Altipiani e del Vezzena Sca
- Caseificio Sociale Alta Val di Sole Presanella Sca
- Caseificio Sociale Comprensoriale Primiero Sca
- Caseificio Sociale Predazzo e Moena Sca
- Caseificio Sociale Monte Ozolo Revò Sca
- Caseificio Sociale Romeno Sca
- Consorzio Produttori Agricoli di Rumo Sca
- Caseificio Sociale Sabbionara
- Caseificio Comprensoriale Cercen Sca
- Caseificio Sociale Tovel Sca
- Latte Trento Sca

Gli scarti di produzione (in particolare il siero derivante dalla realizzazione del formaggio) in passato venivano gestiti da ogni singola realtà, ma nel corso degli anni la sostenibilità economica della raccolta, effettuata in particolare da parte dei grandi allevatori di maiali extra-provinciali, è venuta a mancare e pertanto il contesto trentino ha dovuto affrontare una nuova problematica, non potendo smaltire gli scarti direttamente nei depuratori locali. Il settore è stato pertanto costretto a perseguire una soluzione gestionale accentrata e, con l'aiuto finanziario della Provincia, nel 1993 è stato realizzato presso la sede di Trentingrana un impianto di trasformazione del siero in un semilavorato in polvere (con un fattore di produzione pari a circa il 6% in termini di peso) molto richiesto dal mercato. Tale soluzione, ad oggi, risulta remunerativa e consente la copertura dei costi di processo e di trasporto, nonché l'ottenimento di margini da ridistribuire agli associati. Una parte del quantitativo totale di siero viene anche conferito da realtà produttive non consorziate.

Il latticello è, invece, lo scarto della produzione di burro; rappresenta una matrice meno interessante del siero nell'ottica di un eventuale sfruttamento energetico (minori quantitativi a fronte di uno scarso potere metanigeno). Tale matrice viene trasportata fuori Provincia e destinata all'alimentazione dei maiali. Ciò rappresenta, tuttavia, un costo non indifferente per il Consorzio, oltre che essere accettata con sempre minore facilità dagli allevamenti stessi.

La scotta costituisce lo scarto di produzione della ricotta (a sua volta ottenuta dallo sfruttamento del siero). Presenta anch'essa scarso interesse per quanto riguarda il potenziale metanigeno e, comunque, assieme al condensato derivante dalla produzione di yogurt ed al quantitativo di ritagli e prodotti scartati per difetti o superamento della data di scadenza, non costituiscono quantitativi tali da reputarne interessante un eventuale sfruttamento energetico, né rappresentano un ingente costo che grava sui bilanci delle realtà produttive.

La voce di costo che, unitamente al latticello, costituisce un peso per il Consorzio è rappresentata dai fanghi di processo. Di essi, la frazione non digerita derivante da flottazione si presenta in forma liquida e viene destinata tramite autobotti ad un depuratore dotato di digestore anaerobico. La porzione palabile è costituita, invece, dai fanghi pressati che vengono trasportati presso impianti di compostaggio fuori Provincia.

La seguente tabella riporta i quantitativi prodotti dal Consorzio Trentingrana relativamente all'annata 2011.

matrice	quantitativo annuo biomassa
siero magro	107.000 t
latticello	5.500 t
fanghi flottati	525 t
fanghi biologici pressati	335 t

Tabella 12. quantitativi derivanti da soci Trentingrana +1 conferitore non consorziate, dati 2011, rappresentativi di circa l'80% del totale provinciale

2.1.6 ALTRI SCARTI DI PRODUZIONE AGROINDUSTRIALE

Pur in assenza di un'indagine specifica sul tessuto aziendale provinciale (necessaria per valutazioni maggiormente approfondite, ma non effettuata nell'ambito del presente studio), attraverso i dati forniti dal Servizio della Provincia Autonoma di Trento competente in materia di rifiuti è stato possibile elaborare le seguenti mappe tematiche, al fine di rappresentare, per lo meno, i dati aggregati per codice CER⁸ relativi ai rifiuti prodotti da ogni Comunità di Valle. I valori riportati si riferiscono all'anno 2009.

Le mappe riportate nelle pagine seguenti evidenziano le macro-categorie di rifiuti più significative in termini di quantitativi prodotti. Emergono soprattutto gli scarti della Val di Non, verosimilmente legati all'attività di commercializzazione e trasformazione delle mele, mentre dalle altre mappe si evince soprattutto come l'attività produttiva provinciale (e la conseguente produzione di scarti) si collochi principalmente lungo l'asta dell'Adige. Per una caratterizzazione specifica di tali rifiuti, si rimanda a successive fasi di indagine, che, si auspica, potranno essere condotte al fine di quantificare il potenziale energetico che gli stessi potrebbero esprimere, anche in abbinamento ad altre tipologie di substrati (es: codigestione). Per completezza è da segnalare, inoltre, un certo quantitativo di "fanghi prodotti dal trattamento in loco degli effluenti - 020705" concentrati principalmente in Val d'Adige e Vallagarina (e seppur in quantità minori) di "rifiuti prodotti dalla distillazione di bevande alcoliche - 020702" in Piana Rotaliana e Vallagarina, che potrebbero rappresentare la quota parte di scarti del settore non indirizzati come sottoprodotti ad aziende extra-provinciali per successivi trattamenti (vedasi a tal proposito paragrafi 2.1.4 e 3.1.4). Un altro settore produttivo potenzialmente interessante potrebbe essere quello della macellazione della carne, i cui sottoprodotti - destinabili alla produzione di biogas - devono essere preventivamente pastorizzati prima del processo di digestione anaerobica; purtroppo non è ancora stato possibile conoscerne i quantitativi ed i distretti in cui la produzione risulta particolarmente concentrata.

⁸ CER è l'acronimo di Catalogo europeo dei Rifiuti. I codici CER sono delle sequenze numeriche, composte da 6 cifre riunite in coppie (es. 03 01 01 scarti di corteccia e sughero), volte ad identificare un rifiuto, di norma, in base al processo produttivo da cui è originato. Il primo gruppo identifica il settore economico di attività produttiva, mentre il secondo definisce il processo produttivo. I soggetti tenuti alla presentazione della dichiarazione MUD sono le imprese e gli enti produttori di rifiuti pericolosi e quelli che producono i rifiuti non pericolosi di cui all'articolo 184, comma

3, lettere c), d) e g) del d.lgs. 152/2006 ("... c) i rifiuti da lavorazioni industriali; d) i rifiuti da lavorazioni artigianali;... g) i rifiuti derivanti dalla attività di recupero e smaltimento di rifiuti, i fanghi prodotti dalla potabilizzazione e da altri trattamenti delle acque e dalla depurazione delle acque reflue e da abbattimento di fumi"), con un numero di dipendenti superiore a 10. Risulta quindi evidente come nel caso di realtà costituite da piccole aziende o per settori esentati dall'obbligo del MUD i dati raccolti non forniscano un quadro completo della produzione dei rifiuti non pericolosi.



Codici CER
 020104 020199 020103
 020106 020107 020106

Rifiuti prodotti da agricoltura, orticoltura, acquacoltura, selvicoltura, caccia e pesca

Figura 23. scarti di produzione agro industriale suddivisi in 4 mappe



Codici CER
 020104 020199 020103
 020106 020107 020106

Rifiuti prodotti da agricoltura, orticoltura, acquacoltura, selvicoltura, caccia e pesca



Codici CER
 020601 020603
 020602 020699

Rifiuti dell'industria dolciaria e della panificazione
 Si evidenzia:
 per la Vallagarina: 26,1 t (020603 - fanghi prodotti dal trattamento in loco degli effluenti), unico dato.



Codici CER
 020701 020703 020705
 020702 020704 020799

Rifiuti della produzione di bevande alcoliche ed analcoliche (tranne caffè, tè e cacao)
 Si evidenzia:
 per la Piana Rotaliana: 6581,14 t (020701 - rifiuti prodotti dalle operazioni di lavaggio, pulizia e macinazione della materia prima)
 per la Val d'Adige: 7188 t (020701 - rifiuti prodotti dalle operazioni di lavaggio, pulizia e macinazione della materia prima)
 per la Vallagarina: 15466 t (020701 - rifiuti prodotti dalle operazioni di lavaggio, pulizia e macinazione della materia prima)



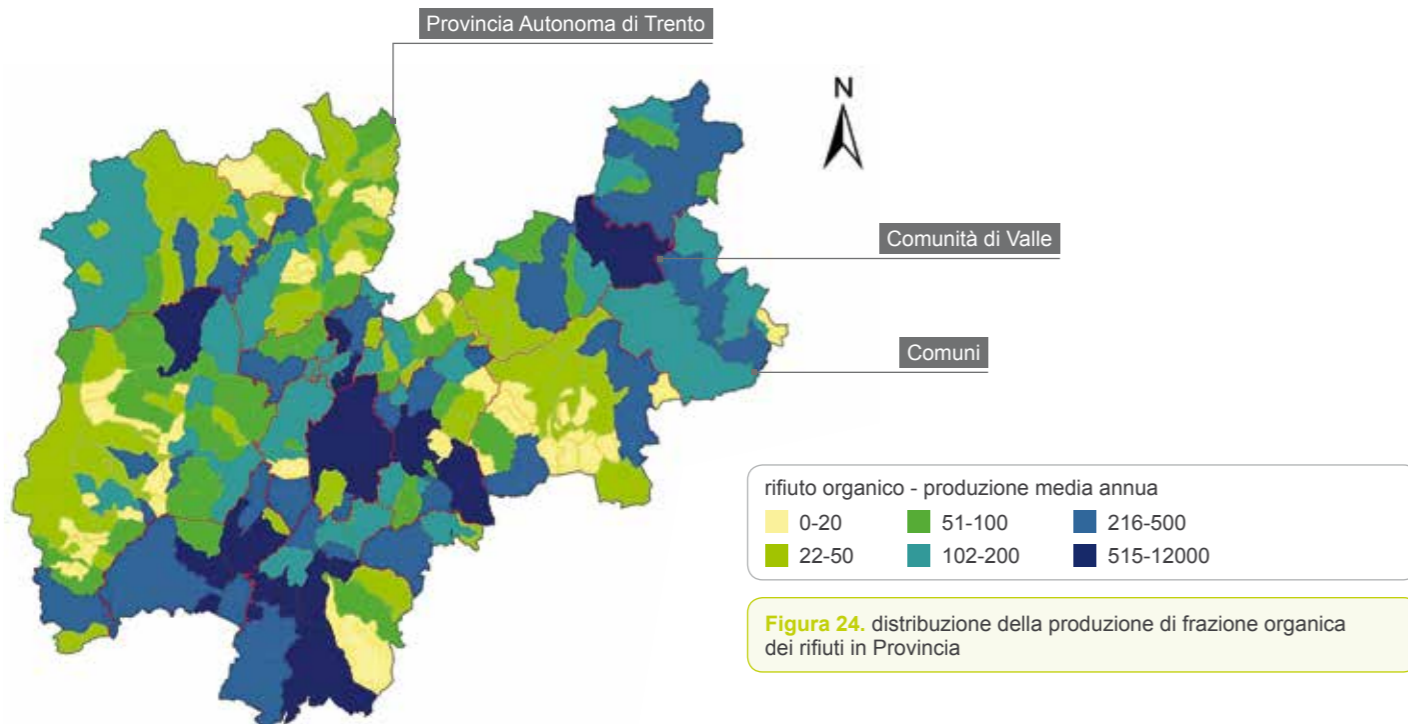
Codici CER
 020301 020303 020305
 020302 020304 020399

Rifiuti della preparazione e del trattamento di frutta, verdura, cereali, oli alimentari, cacao, caffè, tè e tabacco; della produzione di conserve alimentari; della produzione di lievito ed estratto di lievito; della preparazione e fermentazione di melassa
 Si evidenzia:
 per la Val di Non: 1551,73 t (020305 - fanghi prodotti dal trattamento in loco degli effluenti)
 per la Piana Rotaliana: 961,24 t (020305 - fanghi prodotti dal trattamento in loco degli effluenti)
 per la Val d'Adige: 1159,37 t (020305 - fanghi prodotti dal trattamento in loco degli effluenti)



Codici CER
 020301 020303 020305
 020302 020304 020399

Rifiuti della preparazione e del trattamento di frutta, verdura, cereali, oli alimentari, cacao, caffè, tè e tabacco; della produzione di conserve alimentari; della produzione di lievito ed estratto di lievito; della preparazione e fermentazione di melassa
 Si evidenzia:
 per la Bassa Valsugana: 1551,73 t (020305 - fanghi prodotti dal trattamento in loco degli effluenti)
 per la Piana Rotaliana: 961,24 t (020305 - fanghi prodotti dal trattamento in loco degli effluenti)
 per la Val d'Adige: 1159,37 t (020305 - fanghi prodotti dal trattamento in loco degli effluenti)



2.1.7 FRAZIONE ORGANICA DEI RIFIUTI SOLIDI URBANI (FORSU)

La raccolta differenziata della frazione organica del rifiuto solido urbano ha prodotto nel 2011 47.000 t (dato PAT 2011). La distribuzione spaziale dei quantitativi (per comune) è raffigurata nella seguente mappa tematica. La vocazione turistica di svariate località provinciali obbliga a rimarcare come la produzione di tale matrice di rifiuto risulti soggetta alla stagionalità delle presenze, costringendo a valutazioni che tengano conto delle fluttuazioni dei quantitativi prodotti (e quindi disponibili per un eventuale sfruttamento energetico).

Altro aspetto da considerare è il costante miglioramento - nel corso degli anni - dei risultati della raccolta differenziata in Provincia, che inevitabilmente ha comportato l'aumento progressivo dei quantitativi totali annui di rifiuto organico raccolti, parallelamente al drastico calo della frazione indifferenziata, come confermano i dati forniti dagli uffici PAT (vedasi **[figura 25]**: dati PAT - 2012).

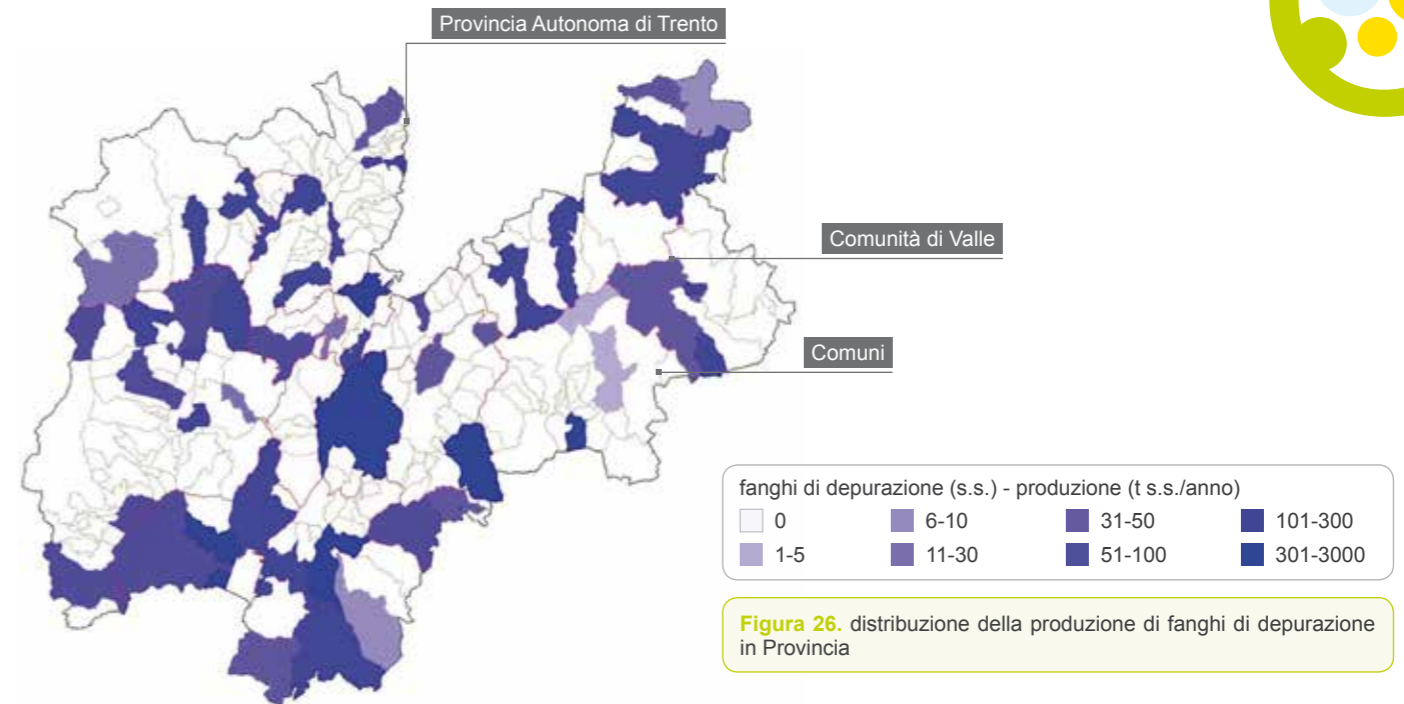
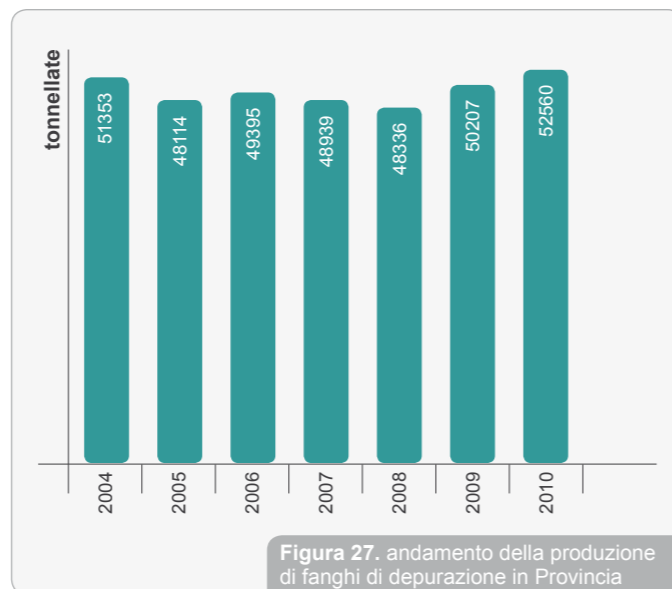
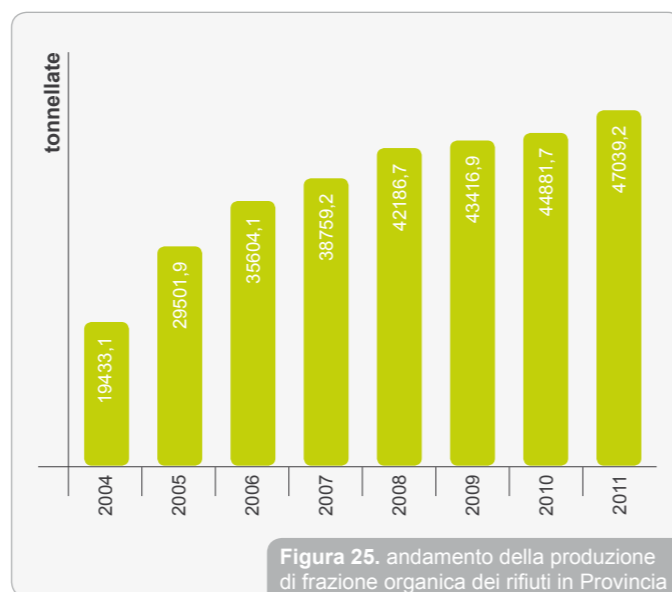
2.1.8 FANGHI DI DEPURAZIONE

Il quantitativo annuo provinciale ammonta a 52.000 t, di cui circa 30.000 t/anno sono destinate ad essiccazione, al fine di ridurre i volumi in gioco e quindi i costi di trasporto e smaltimento, dando luogo ad una produzione di circa 9800 t/anno di fanghi essiccati (19,7%) (dati PAT/ADEP, 2011).

La distribuzione spaziale dei quantitativi (per comune) è raffigurata nella mappa tematica a pagina seguente **[figura 26]**; da essa si evince come gli impianti di depurazione delle acque (complessivamente 72) siano piuttosto omogeneamente distribuiti sul territorio provinciale, complice soprattutto la conformazione orografica del territorio, che impedisce la creazione di pochi grandi impianti in favore di piccole strutture al servizio di comunità nell'ambito di porzioni di territorio orograficamente ben distinguibili. Con tale conformazione, quantitativi estremamente significativi vengono raggiunti solamente in alcune realtà comunali (le maggiori in termini di abitanti).

La variazione dei quantitativi negli ultimi anni, come visibile dal grafico a lato - **[figura 27]** (fonte: PAT - 2012), non evidenzia una particolare tendenza.

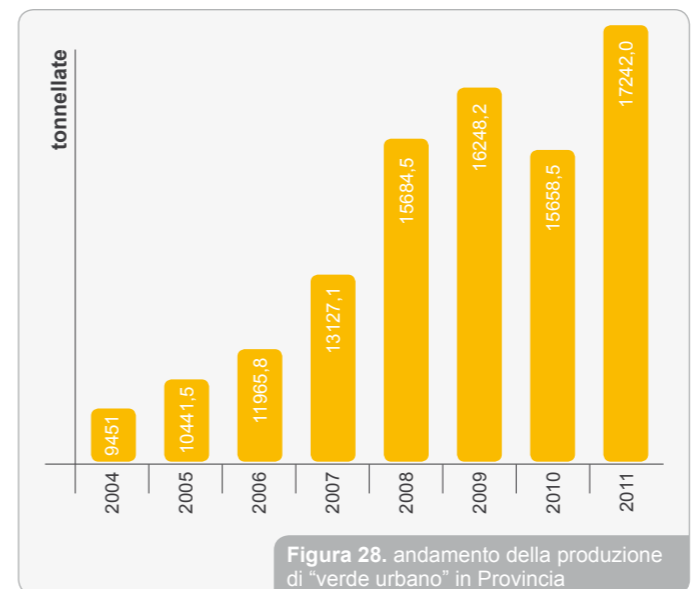
Per quanto riguarda l'andamento futuro atteso della produzione di fanghi di depurazione non si attendono sostanziali variazioni, dal momento che ormai, la maggioranza dei comuni trentini e gran parte della popolazione (94%) risulta collegata alla rete fognaria



e quindi agli impianti di depurazione. Rimangono escluse le aree più marginali ed isolate, in cui gli scarichi confluiscono in vasche Imhoff (complessivamente 192) ed il cui prodotto viene, nella maggioranza dei casi, a sua volta conferito negli impianti di trattamento. L'ulteriore sviluppo futuro della rete risulta di difficile attuazione, in ragione delle difficili condizioni orografiche del territorio, dell'esigua dimensione degli scarichi da mettere in rete e quindi dell'elevato rapporto costi/benefici. Alcune attività industriali di notevole dimensione inoltre, per legge, sono tenute a dotarsi di impianti autonomi di depurazione delle acque di lavorazione. La produzione complessiva derivante da questo settore economico è stimata in circa 5000 t/anno.

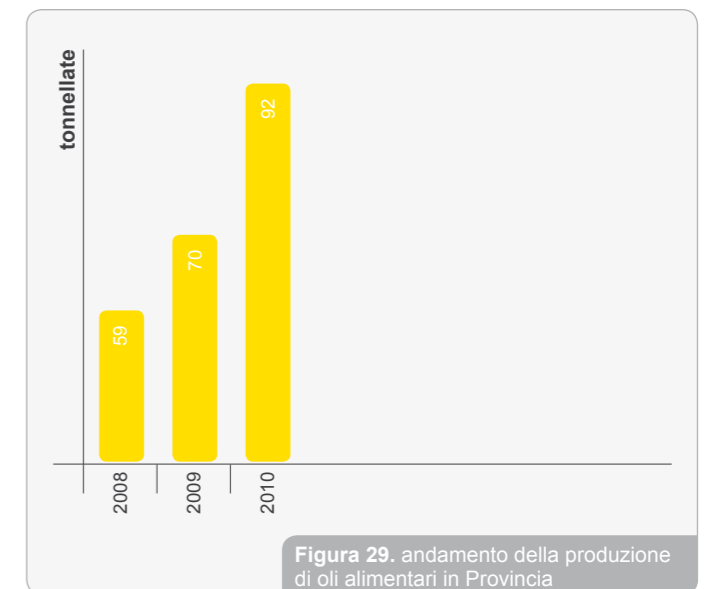
2.1.9 VERDE URBANO

Tale categoria di rifiuto viene classificata come "Rifiuti biodegradabili prodotti da giardini e parchi" (sfalci e potature). Il quantitativo annuo provinciale ammonta a 17.200 t (dato PAT 2011). Il seguente grafico (fonte: PAT - 2012) rappresenta l'andamento dei quantitativi raccolti dall'anno 2004: appare evidente una certa progressione, probabilmente dovuta alla sempre maggiore sistematicità degli interventi di manutenzione pianificati dall'Amministrazione Pubblica e alla raccolta separata di questi scarti dal resto dei rifiuti.



2.1.10 OLI ALIMENTARI

Il quantitativo annuo provinciale ammonta a 92t (dato PAT relativo all'anno 2010), ciò corrisponde a circa 48.000 Nm³ di biogas potenzialmente ottenibile. Pur mostrando un trend positivo nella raccolta di tale rifiuto (vedasi **[figura 29]**, dati PAT - 2012), i quantitativi in gioco appaiono comunque irrisori, pertanto non meritevoli di valutazioni strategiche su scala provinciale. Eventualmente potrebbe essere presa in considerazione la possibilità di destinare il rifiuto ad un unico impianto di trattamento (biogas o combustione), qualora gli aspetti tecnici e logistici (es: brevi distanze di conferimento dalla zona di raccolta, nel caso di quantitativi sufficientemente accorpatis) lo consentissero.



2.2 POTENZIALITÀ ENERGETICHE

La seguente trattazione intende offrire una stima del potenziale energetico teorico rappresentato dalle singole matrici individuate nel precedente paragrafo, indicando la quantità di energia complessiva intrinseca contenuta dalle stesse, a seconda del processo di conversione energetica adottabile (trattamenti termochimici o digestione anaerobica per produzione di biogas).

Tale esercizio consente di fornire, a grandi linee, un quadro di quali possano essere le tipologie di biomassa potenzialmente interessanti dal punto di vista energetico per il territorio trentino, mentre, nei capitoli seguenti, saranno ipotizzati degli scenari realistici di sfruttamento al fine di conoscere gli effettivi quantitativi concretamente sfruttabili ed il conseguente contenuto energetico da essi rappresentato.

2.2.1 POTENZIALITÀ ENERGETICA DALLE BIOMASSE DI ORIGINE FORESTALE

Come accennato in precedenza, il prelievo programmato del governo a fustaia e ceduo viene espresso in metri cubi tariffari,

specie	volume dendrometrico unitario*		scarto legnoso [%]		cimale e ramaglia [%]	
	diametro: 40cm [20-60] cm	40cm [20-60] cm	40cm [20-60] cm	40cm [20-60] cm	40cm [20-60] cm	40cm [20-60] cm
abete rosso	1,81 (0,35-4,15)	15 (23-12)	15 (23-12)	11 (17-8)	11 (17-8)	11 (17-8)
abete bianco	1,82 (0,31-4,33)	15 (23-12)	15 (23-12)	11 (17-8)	11 (17-8)	11 (17-8)
larice	1,33 (0,27-3,24)	16 (24-12)	16 (24-12)	10 (16-7)	10 (16-7)	10 (16-7)
pino silvestre	1,62 (0,27-4,22)	15 (23-12)	15 (23-12)	11 (17-8)	11 (17-8)	11 (17-8)

*volume dendrometrico unitario (m³/pianta) rispetto al diametro a 1,3 m di altezza

Tabella 13. volume dendrometrico per pianta al variare del diametro e frazioni potenziali di scarto (%) da attribuire alle perdite legnose e a cimale e ramaglia, per alcune specie legnose in fustaia di conifere

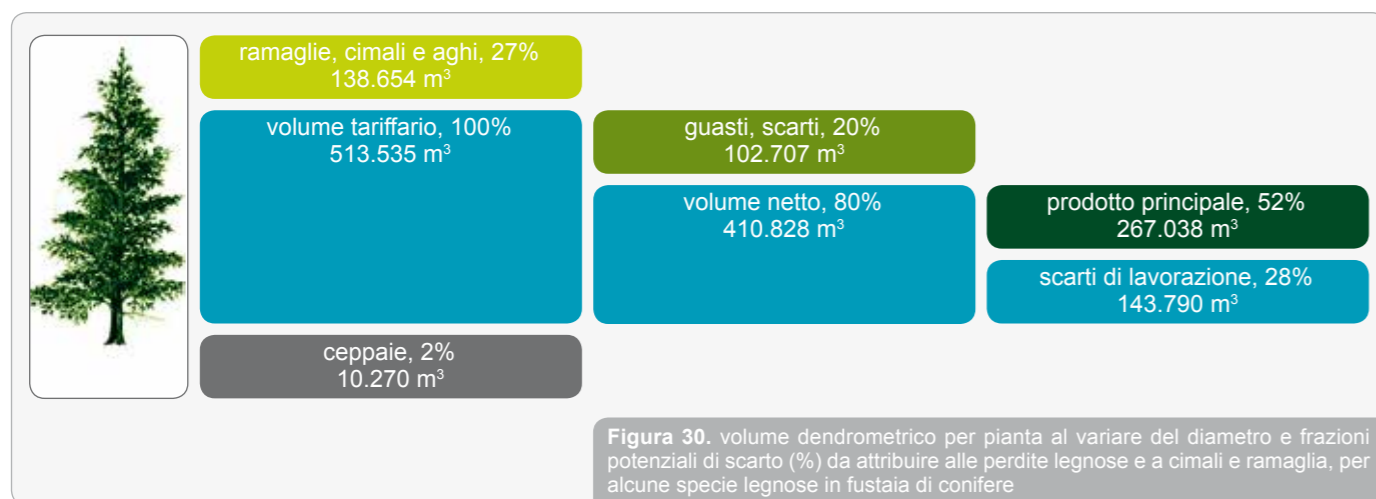


Figura 30. volume dendrometrico per pianta al variare del diametro e frazioni potenziali di scarto (%) da attribuire alle perdite legnose e a cimale e ramaglia, per alcune specie legnose in fustaia di conifere

Quindi se si considera che i volumi tariffari assegnati sono circa 513.535 m³ e che durante il taglio vengono prodotti circa 138.654 m³ tra ramaglie, cimale ed aghi, la biomassa teoricamente disponibile da fustaia è pari a 662.460 m³. Una parte degli scarti prodotti durante le operazioni di esbosco (138.654 m³), pari a circa il 30% (41.596 m³) insieme al legname che per qualche motivo viene giudicato non idoneo ai fini della lavorazione (102.707 m³) è biomassa che potrebbe essere utilizzata interamente per fini energetici. Le ceppaie che sono destinate a restare comunque in loco (10.270 mc), non vanno considerate nel conteggio. Devono essere inoltre considerati gli individui

ovvero volume con corteccia del fusto degli alberi di diametro superiore a 17,5 cm a 1,3 m da terra, fino a 7 cm di diametro. Questo vuol dire che i volumi assegnati costituiscono solo una parte di biomassa abbattuta, che non tiene in considerazione ceppaie, ramaglia fine, cimale e aghi. Il rapporto tra i vari componenti della biomassa dipende dalla specie, dall'età dei popolamenti, dal diametro delle piante, dalla modalità di accrescimento etc. Esistono delle tabelle che, in funzione della classe di diametro della pianta (< 20 cm, tra 20 e 40 cm, da 40 a 60 cm), fornisce il volume dendrometrico e i valori per calcolare i volumi di ramaglie e cimale e di materiale di scarto in funzione della specie. Un esempio è riportato in [tabella 13] [Francescato, 2012].

Tuttavia, è possibile utilizzare, con buona approssimazione, il coefficiente di espansione di 1,29 per il passaggio dal volume tariffario alla biomassa complessiva. Si riporta, in figura 30, uno schema dei quantitativi di biomassa suddivisi per tipologia di raccolta e sottoprodotto [PAT- Servizio Foreste e Fauna, 2012].

arborei con diametro inferiore a 17,5 cm ad 1,3 m da terra, il così detto materiale sottosoglia. Questo può essere stimato sulla base delle statistiche degli interventi colturali nei boschi giovanili di resinose (diradamenti), che riferite al periodo 2005-2009 ammontano mediamente a 46.267 t (73.324 mc), riferite sia ai boschi pubblici che privati (PAT- Servizio Foreste e Fauna, 2012).

Per stimare tutti i volumi disponibili per scopi energetici bisogna considerare anche le superfici a ceduo. A differenza della fustaia, nel ceduo il prodotto principale delle utilizzazioni è co-

stituito da biomassa. La ripresa prescritta del ceduo in Provincia è piuttosto esigua. Allo scopo di avere una stima globale del potenziale energetico anche del ceduo, si è ipotizzato di poter applicare il rapporto "biomassa complessiva asportabile/incremento annuo" valido per la fustaia anche al ceduo (ovvero circa il 50% dell'incremento annuo) [tabella 14].

fustaia	
ripresa programmata (volume cormometrico)	513.535 m ³ = 324.041 t
biomassa complessiva asportabile	513.535*1,29=662.460 m ³ = 418.012 t
ceduo	
biomassa complessiva tagliata	24.390 m ³ = 20.000 t

Nota: per le conversioni da m³ a tonnellate si sono utilizzati i valori di 0,631 per la fustaia e di 0,82 per il ceduo AIEL - "Legno e Cippato" Manuale Pratico (2009).

Tabella 14. potenzialità biomassa di origine forestale

È possibile quindi stimare il potenziale energetico lordo della provincia utilizzando i dati sopra descritti. In [figura 31] si riassumono i quantitativi destinabili a scopi energetici (in parte già utilizzati in parte no, come si vedrà nei paragrafi seguenti) e in figura 32 il potenziale energetico degli stessi considerando un PCI di 2,815 kWh/t al 40% di umidità.

Il quantitativo di biomassa teoricamente destinabile ad uso energetico subisce in realtà delle riduzioni legate alla natura del materiale e alla sua possibilità di recupero. Le ceppaie rimangono necessariamente in bosco e pertanto non vanno considerate. Per quanto riguarda gli scarti di lavorazione in bosco (102.707 m³) più i cimale e la ramaglia fine (41.596 m³) può essere recuperato circa un 24% della biomassa totale (157.655 m³, pari al 31% del volume tariffario).

Va inoltre considerato che non tutto il volume tariffario prescritto dalla ripresa della fustaia viene destinato all'uso commercio, ma circa un 15% viene assegnato come uso interno di legna o legname, con progetti di taglio specifici o con piccole assegnazioni (<30 m³). Tale materiale è spesso destinato direttamente a legna essendo costituito da materiale legnoso d'alto fusto di scarso valore commerciale. Ciò avviene soprattutto nelle zone dove non sono disponibili prodotti legnosi più tipicamente idonei all'impiego come legna da ardere.

I quantitativi possono essere stimati in circa 97.828 m³ di biomassa (77.030 m³ di volume tariffario) dei quali per circa la metà del quantitativo il prodotto principale è legna assieme allo scarto di prima lavorazione (41.595 m³ di biomassa), con una distribuzione diversificata nei vari distretti (vedi tabella 15).

Nei paragrafi seguenti si analizzeranno le potenzialità energetiche del comparto forestale analizzando sia le diverse tipologie di biomassa (scarti da esbosco, scarti di prima lavorazione e legna da ardere) sia la distribuzione sul territorio (analisi per distretto forestale).

2.2.1.1 POTENZIALITÀ ENERGETICA DEI RESIDUI DELLE OPERAZIONI DI ESBOSCO

Partendo dai dati relativi alla ripresa della fustaia per singolo distretto, e seguendo le indicazioni del Servizio Foreste e Fauna si sono calcolati i quantitativi di biomassa recuperabile dalle operazioni di esbosco, suddivise per singolo distretto [tabella 14].

Il quantitativo di biomassa teoricamente destinabile ad uso energetico subisce in realtà delle riduzioni legate alla natura

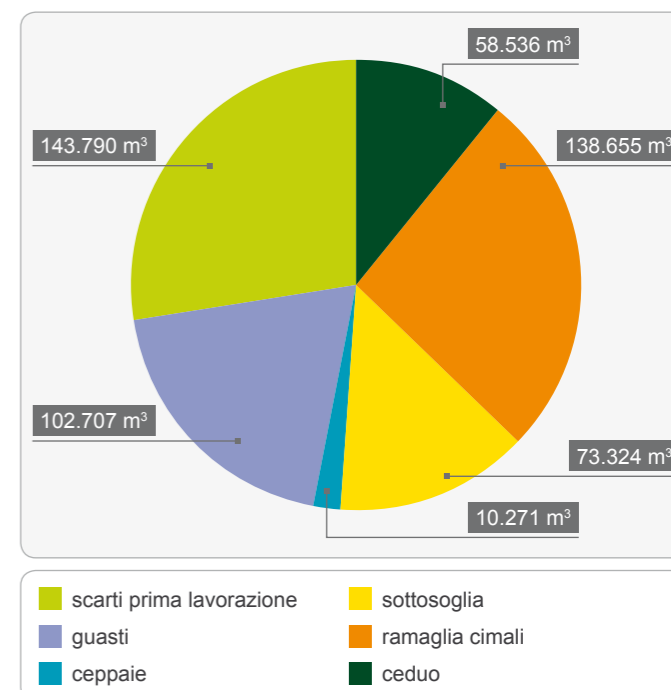


Figura 31. quantitativi di legname teoricamente destinabili a scopi energetici

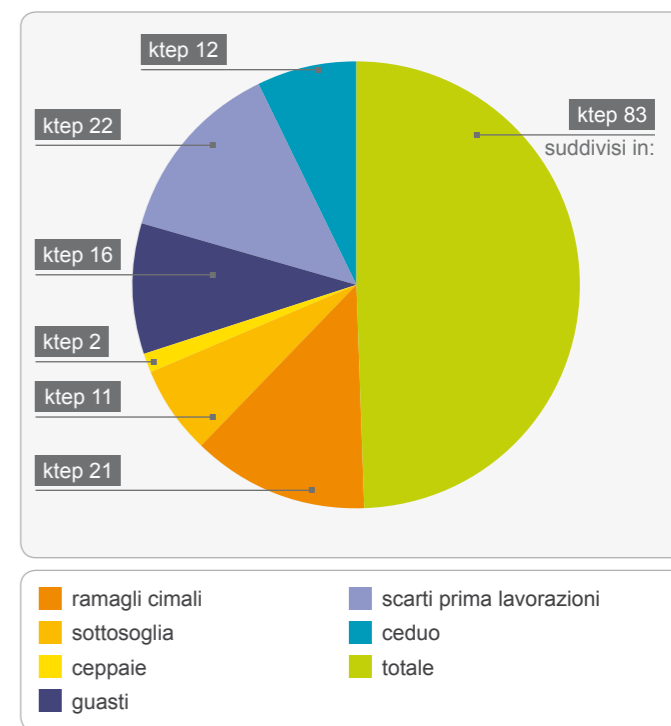


Figura 32. potenziale energetico teorico del territorio provinciale





del materiale e alla sua possibilità di recupero. Le ceppaie rimangono necessariamente in bosco e pertanto non vanno considerate. Per quanto riguarda gli scarti di lavorazione in bosco (102.707 m³) più i cimiali e la ramaglia fine (41.596 m³) può essere recuperato circa un 24% della biomassa totale (157.655 m³, pari al 31% del volume tariffario).

Va inoltre considerato che non tutto il volume tariffario prescritto dalla ripresa della fustaia viene destinato all'uso commercio, ma circa un 15% viene assegnato come uso interno di legna o legname, con progetti di taglio specifici o con piccole assegnazioni (<30 m³). Tale materiale è spesso destinato direttamente a legna essendo costituito da materiale legnoso d'alto fusto di scarso valore commerciale. Ciò avviene soprattutto nelle zone dove non sono disponibili prodotti legnosi più tipicamente idonei all'impiego come legna da ardere.

I quantitativi possono essere stimati in circa 97.828 m³ di biomassa (77.030 m³ di volume tariffario) dei quali per circa la metà

del quantitativo il prodotto principale è legna assieme allo scarto di prima lavorazione (41.595 m³ di biomassa), con una distribuzione diversificata nei vari distretti [tabella 15].

Nei paragrafi seguenti si analizzeranno le potenzialità energetiche del comparto forestale analizzando sia le diverse tipologie di biomassa (scarti da esbosco, scarti di prima lavorazione e legna da ardere) sia la distribuzione sul territorio (analisi per distretto forestale).

2.2.1.1 POTENZIALITÀ ENERGETICA DEI RESIDUI DELLE OPERAZIONI DI ESBOSCO

Partendo dai dati relativi alla ripresa della fustaia per singolo distretto, e seguendo le indicazioni del Servizio Foreste e Fauna si sono calcolati i quantitativi di biomassa recuperabile dalle operazioni di esbosco, suddivise per singolo distretto [tabella 14].

distretto	da fustaia [m ³]	cimiali e ramaglia [m ³]	ceppaie [m ³]	sottosoglia (interv. colturali) [m ³]	scarto legnoso [m ³]	totale scarti e sottosoglia [m ³]	asegni per legna in fustaia [m ³]	quant. recup. da fustaie [m ³]
Cavalese	102.634	27.711	2.053	14.654	20.527	64.945	828	44.323
Primiero	62.201	16.794	1.244	8.881	12.440	39.360	1.868	28.227
Borgo	43.553	11.759	871	6.219	8.711	27.560	3.146	21.603
Pergine	44.502	12.016	890	6.354	8.900	28.160	3.476	22.335
Trento	33.538	9.055	671	4.789	6.708	21.222	3.871	18.084
Cles	54.661	14.758	1.093	7.805	10.932	34.589	10.777	33.942
Malè	57.245	15.456	1.145	8.174	11.449	36.224	1.563	25.823
Tione	70.844	19.128	1.417	10.115	14.169	44.829	1.893	31.915
Riva	15.631	4.220	313	2.232	3.126	9.891	1.695	8.319
Rovereto	28.727	7.756	575	4.102	5.745	18.178	1.695	13.869
Totale	513.535	138.655	10.270	73.324	102.707	324.957	30.812	248.440

Tabella 15. quantitativi di biomassa di scarto dalle operazioni di esbosco del governo a fustaia

Allo scopo di stimare i quantitativi di biomassa residua che attualmente rimane inutilizzata, si sono considerati anche i dati relativi alla superficie a ceduo. In questo caso si è fatto riferimento alla ripresa utilizzata nel ceduo registrata dal Servizio Foreste che si assesta attorno alle 20.000 t/annue, valore da considerare costante data la progressiva contrazione della superficie a ceduo. Alle 20.000 t/annue vanno aggiunte circa 28.000 t/annue che derivano da interventi colturali nelle fasi giovanili dei popolamenti di latifoglie, in gran parte conversioni ad alto fusto, per un totale di 48.000 t/annue [PAT- Servizio Foreste e Fauna, 2012].

In [tabella 15], sono riassunti i quantitativi di biomassa teorica inutilizzata al netto delle utilizzazioni domestiche, delle ceppaie e

della porzione non recuperabile della ramaglia fine e degli aghi. [PAT- Servizio Foreste e Fauna, 2012].

Il dato risulta molto inferiore rispetto al potenziale teorico di biomassa complessivamente autorizzabile in base ai documenti di pianificazione forestale in quanto non considera la quota di materiale che viene utilizzata per produrre assortimenti di più elevato pregio (legname da opera) nonché della porzione difficilmente recuperabile anche con una modifica delle tecniche di esbosco.

Ipotizzando un tenore idrico della legna pari al 40% e un potere calorifico inferiore di 2,815 MWh/t si è calcolato il potenziale energetico disponibile proveniente dal comparto forestale.

distretto	volume latifoglie ricavabile da ceduo a regime	volume latifoglie ricavabile da interv.colt.	volume recuperabile da fustaie	volumi utilizzati per legna da ardere	biomassa residua destinabile a bioenergia		contenuto energetico biomassa residua	
	[m ³]	[m ³]	[m ³]	[m ³]	t, M=40%	MWh	tep	
Cavalese	0	0	44.323	16.298	28.025	15.744	44.320	3.811
Primiero	0	0	28.227	11.749	16.478	10.398	29.269	2.517
Borgo	1.836	2.570	21.603	12.824	13.186	9.153	25.765	2.215
Pergine	837	1.172	22.335	16.172	8.172	5.536	15.585	1.340
Trento	3.493	4.890	18.084	22.720	3.747	3.949	11.117	956
Cles	802	1.122	33.942	28.490	7.375	5.018	14.124	1.214
Malè	0	0	25.823	16.751	9.072	5.725	16.115	1.386
Tione	4.474	6.263	31.915	27.341	15.311	11.690	32.908	2.830
Riva	4.865	6.812	8.319	13.361	6.635	6.394	17.999	1.548
Rovereto	8.084	11.317	13.869	15.582	17.687	14.827	41.738	3.589
Totale	24.390	34.146	248.440	181.286	125.690	88.434	248.941	21.405

* i quantitativi suddivisi per comprensorio sono solo una stima fatta sulla base delle assegnazioni di ripresa del ceduo, ma possono variare, ciò che è certo sono i quantitativi totali

Tabella 16. quantitativi di biomassa disponibili per scopi energetici ricavabili dalle operazioni di esbosco (al netto degli usi civici)

In [figura 33] si visualizzano i quantitativi di legname globalmente raccogliibili da fustaia (considerando le varie tipologie) e da ceduo, mentre in [figura 34] si riportano i potenziali energetici complessivi. Non sono stati presi in considerazioni i quantitativi di biomassa ricavabili dalla pulizia degli alvei e manutenzione stradale in quanto non si hanno dati certi. Si stima comunque che il contributo proveniente da questi settori possa essere dell'ordine dell'1-2% del totale.

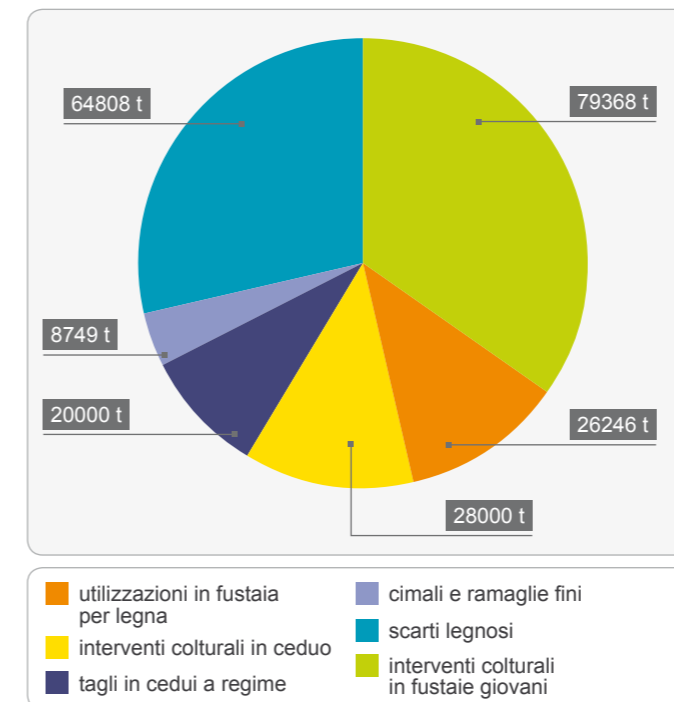


Figura 33. potenziale energetico autorizzato al taglio sul territorio provinciale

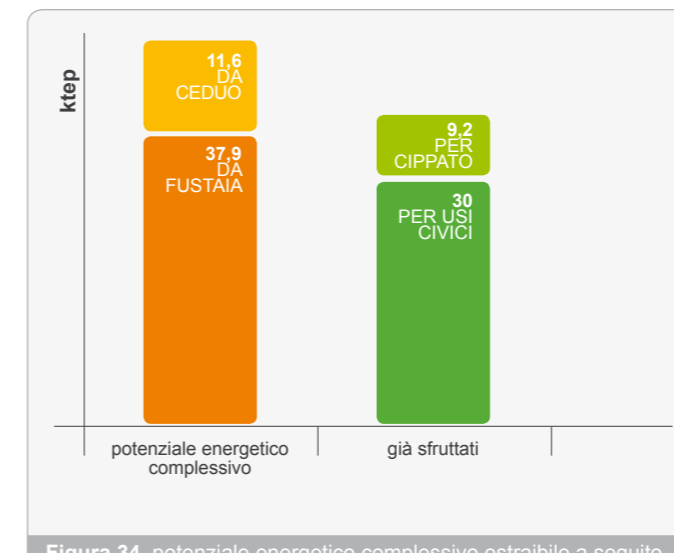


Figura 34. potenziale energetico complessivo estraibile a seguito delle operazioni di esbosco

2.2.1.2 POTENZIALITÀ ENERGETICHE DEGLI SCARTI PROVENIENTI DALLE INDUSTRIE DI LAVORAZIONE DEL LEGNO

Grazie alle informazioni reperibili sul rapporto della provincia "la filiera foresta-legno-energia in provincia di Trento (2008/09)" (CCIAA, Studio della Camera di commercio, 2008/09), è stato possibile stimare i volumi di scarti di prima lavorazione, suddivisi per tipologia, per tutto il territorio provinciale. Inoltre è stata fatta una stima dello scarto disponibile per singolo distretto seguendo le indicazioni del suddetto rapporto. I volumi di scarti prodotti infatti, non possono essere direttamente legati alla produzione di biomassa del singolo distretto in quanto la legna da opera raccolta in un comprensorio può venire parzialmente o totalmente trasportata altrove per la lavorazione.

Il volume di materiale legnoso lavorato è circa l'80% del volume tariffario assegnato. In [figura 35] sono riportate le percentuali dei diversi tipi di scarto prodotto calcolate sul volume del materiale lavorato.

Visto che la ripresa programmata varia di anno in anno, per avere un'idea dei quantitativi in gioco si sono presi come riferimento i dati di tabella 4. Il dato di ripresa di partenza è di 513.535 m³, ma bisogna considerare che il 15% (77.030 m³) di questo viene destinato ad uso interno mentre il rimanente 85% (436.505 m³) è adibito ad uso commercio. L'80% del legname destinato ad uso commercio e il 40% di quello a uso interno vengono conferiti in segheria per un volume complessivo di circa 380.015 m³. Il rapporto del Servizio Foreste e Fauna stima l'assortimentazione pari al 35 % del volume in arrivo alle segherie (133.005 m³), mentre gli scarti di prima lavorazione scendono attorno ai 122.221 m³.

Il rapporto della camera di commercio, che fornisce le percentuali di scarti prodotti suddivise per tipologie, li quantifica globalmente nel 26.7% del volume lavorato (101.464 m³). I due numeri sono abbastanza vicini, ma è bene precisare la diversa provenienza dei due dati, visto che nel presente paragrafo si utilizzeranno i valori riportati nel rapporto della CCIAA, che consentono di quantificare in dettaglio gli scarti di prima lavorazione.

Il quantitativo di scarti di seconda lavorazione è stimabile in più di 6.000 t/anno, tuttavia si ipotizza che tali scarti non siano utilizzabili energeticamente perché trattati e quindi non idonei alla combustione.

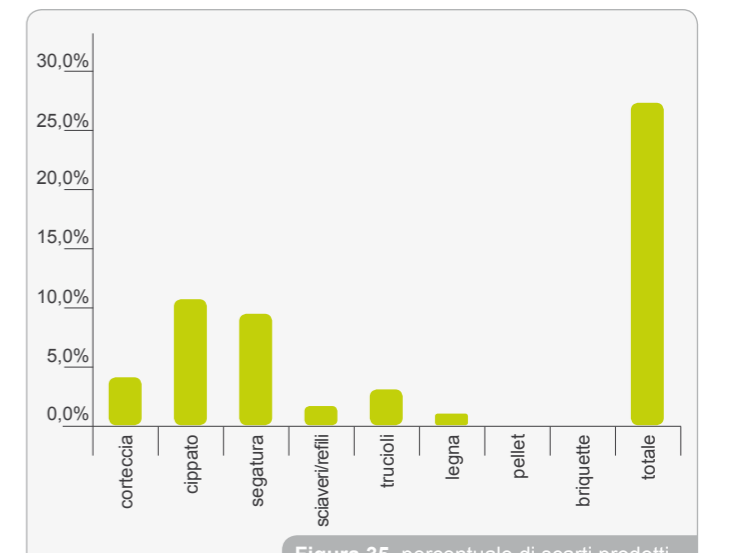


Figura 35. percentuale di scarti prodotti sul volume tariffario



In [figura 36], sono riportati i volumi di scarti suddivisi per tipologia. È stato possibile inoltre suddividere il dato sul territorio, grazie alle informazioni riportate sul rapporto della CCIAA che fornisce le percentuali di scarto prodotte dal singolo distretto considerando la tipologia di segherie e la loro ubicazione [tabella 16].

Questi quantitativi si riferiscono agli scarti prodotti utilizzando solo il legname da opera proveniente dall'interno della provincia. Le segherie però importano e lavorano anche legname proveniente da fuori provincia. Il legname importato rappresenta una quantità variabile in funzione delle richieste di mercato. Qualche anno fa il legname locale copriva circa il 55% del volume totale richiesto, mentre negli ultimi anni è arrivato al 75% in quanto l'importazione ha registrato un calo a seguito della crisi nel settore edile (e non per un aumento della raccolta interna). Quindi, è possibile tenere in considerazione anche gli scarti prodotti dalla lavorazione del legname di importazione incrementando i valori in funzione della percentuale di legname importato (In [tabella 17], nella parte sotto, si riportano i volumi totali di scarti prodotti considerando un'importazione di legname pari al 35 % del volume totale lavorato).

Attualmente gli scarti di prima lavorazione vengono in parte riutilizzati all'interno delle aziende o destinati ad altre aziende di trasformazione, in parte venduti a privati e in parte utilizzati nelle centrali a biomassa. Il rapporto della CCIAA fornisce le percentuali di scarti che vengono, già ad oggi, destinati alle centrali. Ovvero attualmente vengono conferiti alle centrali di teleriscaldamento circa il 4,1% della corteccia, l'11% della segatura, il 67 % del cippato, il 38% di sciaveri e refili e il 2,5% della legna [figura 37]. I trucioli vengono quasi totalmente riutilizzati da altre aziende, mentre la legna e le bricchette vengono principalmente venduti ad aziende o a privati, così come il restante 33% del cippato.

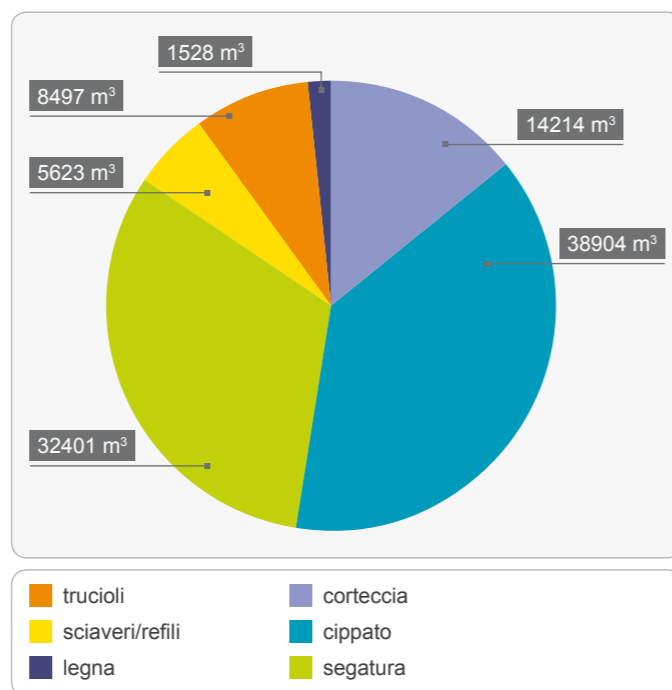


Figura 36. stima dei volumi di scarti di prima lavorazione del legname da opera

	corteccia	cippato	segatura	sciaveri/refili	trucioli	legna	bricchette
	%	%	%	%	%	%	%
% sul volume tot di scarti	3,7	10,2	8,5	1,5	2,2	0,4	0,1
Così suddivise per distretto (% sul volume del singolo sottoprodotto):							
Cavalese	0	3,1	5	4,4	0,2	25	0
Primiero	0,3	0	0,1	1	0	0	0
Borgo	0	22,8	9,4	0	0	2,1	0
Pergine	1,1	0,7	2,4	3,5	20,6	30,7	0
Trento	75,8	6,2	3,7	9,2	64,8	0,3	54,5
Cles	7,9	30,3	42,2	44,4	0	15,3	0
Malè	4,8	3,6	1,2	0	1,4	0	0
Tione	10,2	14,3	11,7	20,9	13,1	4,2	0
Riva	0	19,2	24,3	16,4	0	20,7	0
Rovereto	0	0	0,1	0,1	0	1,8	45,5

Tabella 17. percentuali di produzione dei vari sottoprodotti suddivisi per singolo distretto

	corteccia	cippato	segatura	sciaveri/refili	trucioli	legna	bricchette	totale
	[m³]	[m³]	[m³]	[m³]	[m³]	[m³]	[m³]	[m³]
Cavalese	0	1.206	1.620	247	17	382	0	3.472
Primiero	43	0	32	56	0	0	0	131
Borgo	0	8.831	3.046	0	0	32	0	11.909
Pergine	156	272	778	197	1.750	467	0	3.621
Trento	10.774	2.412	1.199	517	5.498	5	150	20.555
Cles	1.123	11.749	13.641	2.502	0	234	0	29.249
Malè	668	1.401	389	0	119	0	0	2.576
Tione	1.450	5.563	3.791	1.175	1113	64	0	13.157
Riva	0	7.470	7.874	922	0	316	0	16.581
Rovereto	0	0	32	6	0	27	125	191
Totale	14.214	38.904	32.401	5.623	8.497	1.528	275	101.442

Quantitativi di scarto prodotti considerando un'importazione di legname pari al 35 % del volume lavorato

Cavalese	0	1.855	2.492	381	26	588	0	5.342
Primiero	66	0	50	87	0	0	0	202
Borgo	0	13.587	4.686	0	0	49	0	18.322
Pergine	241	419	1.196	303	2.693	719	0	5.571
Trento	16.576	3.711	1.844	796	8.458	7	230	31.622
Cles	1.728	18.075	20.986	3.849	0	360	0	44.998
Malè	1.028	2.155	598	0	183	0	0	3.964
Tione	2.231	8.559	5.832	1.808	1.713	99	0	20.241
Riva	0	11.492	12.113	1.419	0	487	0	25.510
Rovereto	0	0	50	9	0	42	192	293
Totale	21.868	59.852	49.848	8.650	13.073	2.350	423	156.064

Tabella 18. stima dei volumi di scarti della prima lavorazione del legno da opera considerando prima la sola biomassa interna e poi la somma di biomassa interna e importata (stimando un'importazione del 35%)

In generale i sottoprodotti della lavorazione vengono totalmente riutilizzati, quindi non sono stati individuati quantitativi inutilizzati che potrebbero rappresentare del combustibile utile alla produzione energetica oltre alla frazione degli scarti che già vi è destinata. Tuttavia, nell'ottica di una graduale sostituzione del riscaldamento a biomassa della singole utenze private con sistemi centralizzati, una parte di questi quantitativi potrebbero essere tolti dal mercato privato e venduti o ceduti alle centrali di teleriscaldamento. Sulla base di questa ipotesi si è calcolata quanta biomassa potrebbe essere destinata alle centrali sommando al quantitativo che già vi viene destinato (caso A), quello degli scarti venduti ai privati che potrebbero venire re-indirizzati alle centrali (caso B). Nel terzo caso (caso C) si è considerata l'ipotesi che la totalità degli scarti venga utilizzata come combustibile per produrre energia. In tabella 19 sono riassunte % di scarti destinati alle centrali e relativi quantitativi di biomassa (in m³ e t) e contenuto energetico sia per il caso A (situazione attuale) che per il caso B e C considerando solo il legname interno, e in [figura 38] si riporta il potenziale energetico dei tre casi a confronto sia tenendo conto della sola biomassa interna che della biomassa importata (nell'ipotesi che venga importato il 35% del materiale lavorato).

Per le conversioni da m³ a tonnellate e per i poteri calorifici si sono utilizzati i dati riportati nel paragrafo 2.1.1.1, considerando un contenuto idrico del 40% sia per la legna da ardere che per il cippato.

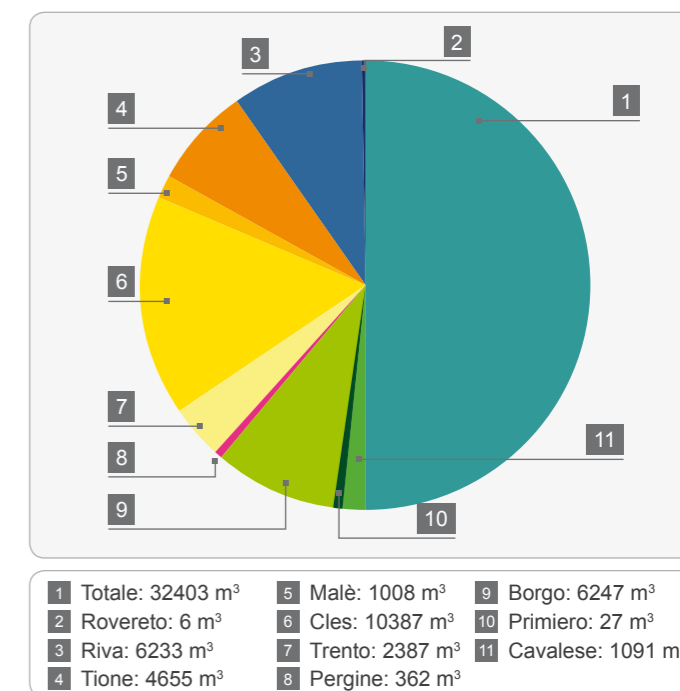


Figura 37. metri cubi di legname di scarto per distretto di provenienza che attualmente sono destinati alla centrale a biomassa da sola legna interna



	caso	corteccia	cippato	segatura	sciaveri/refili	trucioli	legna	bricchette	totale
%	A	4,1	66,9	11,1	38,4	0	2,5	0	
%	B	4,1	100	11,1	38,4	100	41,6	89	
%	C	100	100	100	100	100	100	100	
m ³	A	583	26.027	3.597	2.159	0	38	0	32.403
m ³	B	583	38.904	3.597	2.159	8.497	636	245	54.620
m ³	C	14.214	38.904	32.401	5.623	8.497	1.528	275	101.442
tonnellate	A	350	19.113	719	299	0	16	0	20.496
tonnellate	B	350	28.569	719	299	3.824	261	163	34.185
tonnellate	C	8528	28.569	6.480	779	3.824	627	183	48.990
MWh	A	1865	51.604	3.637	1.212	0	45	0	58.362
MWh	B	1865	77.136	3.637	1.212	15.508	744	675	100.776
MWh	C	45485	77.136	32.761	3.157	15.508	1.787	758	176.593
Tep	A	160	4.437	313	104	0	4	0	5.018
Tep	B	160	6.632	313	104	1.333	64	58	8.665
Tep	C	3911	6.632	2.817	271	1.333	154	65	15.184

Tabella 19. quantitativi e contenuto energetico dei sottoprodotti di prima lavorazione destinati e potenzialmente destinabili a scopi energetici

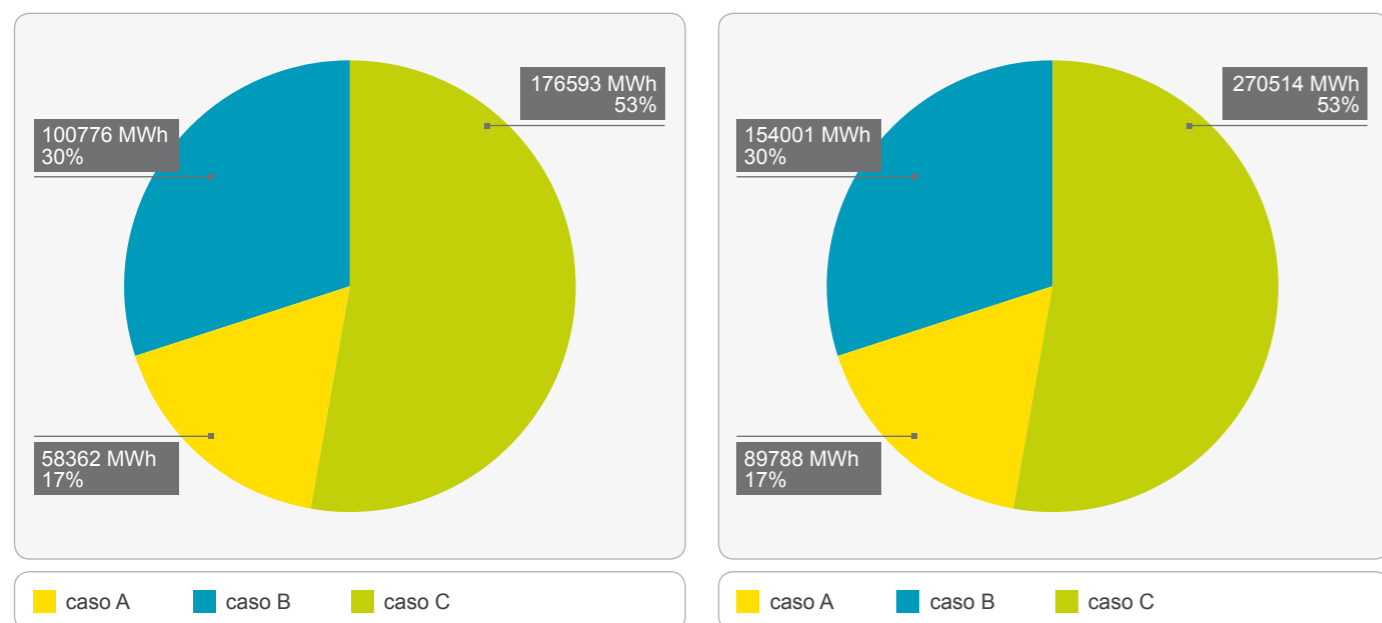


Figura 38. contenuto energetico degli scarti di lavorazione nei tre diversi casi proposti considerando solo gli scarti da lavorazione della biomassa interna (a sinistra) e la somma di biomassa interna e importata (a destra)

2.2.1.3 POTENZIALITÀ ENERGETICHE DELLE BIOMASSE DESTINATE AD USI CIVICI

Nel territorio trentino, più che in altre zone, è notevolmente radicata la tradizione all'utilizzo dei boschi per usi civici, ovvero per la produzione di legna da ardere da adibire al riscaldamento domestico (richiesta in crescita in alcune zone). Essendo le dimensioni medie delle proprietà piuttosto limitate, le potenzialità di immissione sul mercato di legna da ardere risultano piuttosto limitate in quanto sono relative a poche proprietà più estese, o con un rapporto tra popolazione residente e produttività sbilanciato a favore di quest'ultima. L'utilizzo dei boschi per usi civici, da un lato è un notevole punto di forza in quanto consente di sfruttare anche superfici con bassa intensità di intervento o molto sparse sulla proprietà, ma dall'altro pone dei limiti nella possibilità di sfruttare anche zone distanti dalla rete viaria per il minore livello di meccanizzazione che in genere è a disposizione del singolo utilizzatore.

La ripartizione della biomassa legnosa destinata a soddisfare la richiesta dei censiti (uso civico) in base ai diversi assortimenti ottenibili dalla fustaia o dal ceduo è articolata secondo quattro principali categorie:

- ramaglia, cimali e cascami di lavorazione delle operazioni di utilizzazione forestale - principalmente assegnati in fustaia (conifera);
- piante intere di scarso valore tecnologico e commerciale, appositamente destinate al taglio (conifera);
- stangame ed altro materiale già tagliato, assegnato sul letto di caduta o a piazzale/imposto (conifera);
- assegnazioni nel ceduo come superficie da percorrere con il taglio (latifoglia);
- biomassa da interventi di avviamento latifoglie sottofustaia o di conversione (latifoglia);

Le modalità di assegnazione e gestione dell'uso civico sono estremamente variabili da zona a zona, con sensibili differenze sul numero delle assegnazioni rispetto alla popolazione resi-

dente e sui quantitativi medi distribuiti, ma con un trend che si mantiene stabile nel tempo e che mostra addirittura una leggera tendenza all'incremento.

forma di assegnazione	%
ramaglie ed altri cascami di lavorazione	30,7
piante intere di scarso valore	41,9
materiale esboscato e accatastato	7,7
assegnazione a superficie nel ceduo	12,9
altra forma	6,8
totale	100

Tabella 20. ripartizione biomassa legnosa per usi civici

Le assegnazioni per legna da ardere vengono generalmente individuate in bosco durante la martellata, e contrassegnate con un numero, che può riferirsi alla pianta (se si tratta di una fustaia di produzione) o di un'area (in caso di ceduo di produzione). La legna viene poi assegnata agli aventi diritto tramite sorteggio. I quantitativi di legna da ardere realmente prelevati possono solo essere stimati sulla base dei dati relativi alle assegnazioni. Si può fare una stima dei quantitativi assegnati conoscendo il numero di sorti assegnate per distretto forestale e il quantitativo di legname per sorte (escludendo le piccole proprietà private non gestite dal Servizio Foreste). Si calcola quindi che vengano assegnati approssimativamente 86.095 t ovvero circa 126.000 m³ di legname per usi civici, provenienti da cedui di produzione, da residui delle operazioni di esbosco e, qual'ora ve ne fosse la necessità, da fustaia di produzione [tabella 20].

È stato possibile suddividere questi quantitativi a seconda della loro provenienza (conifera o latifoglia) e tipologia (pianta in piedi o cimali e ramaglia, [tabella 20] e [figure 39, 40]) grazie alle informazioni reperite nello studio della CCIAA (Studio della Camera di commercio, 2008/09).

compressori	sorti	sorte	totale usi civici	
	n.	t	tonnellate (t)	di cui: da conifera [t] da latifoglie [t]
Cavalese	2.150	3,6	7.740	7.508 232
Primiero	900	6,2	5.580	4.799 781
Borgo	2.100	2,9	6.090	3.228 2.862
Pergine	3.200	2,4	7.680	4.301 3.379
Trento	4.150	2,6	10.790	3.021 7.769
Cles	4.100	3,3	13.530	10.148 3.383
Malè	2.150	3,7	7.955	6.205 1.750
Tione	2.450	5,3	12.985	6.363 6.622
Riva	1.350	4,7	6.345	761 5.584
Rovereto	1.850	4,0	7.400	666 6.734
Totale			86.095	46.999 39.096

Tabella 21. tonnellate di legname assegnate per usi civici

Si è già osservato che le tonnellate di legna da ardere provenienti da latifoglie derivano per circa la metà dal taglio da ceduo a regime (circa 20.000 t/anno) e per la restante parte da interventi colturali nelle fasi giovanili (altre 28.000 t/anno). Il contributo delle conifere invece deriva prevalentemente dai residui prodotti durante le operazioni di tagli e esbosco della legna da opera, nonché dalla realizzazione di interventi colturali nei popolamenti giovanili di resinose.

Dall'analisi dei [grafici 39 e 40], si può notare una certa corrispondenza tra le percentuali di legna da ardere provenienti da

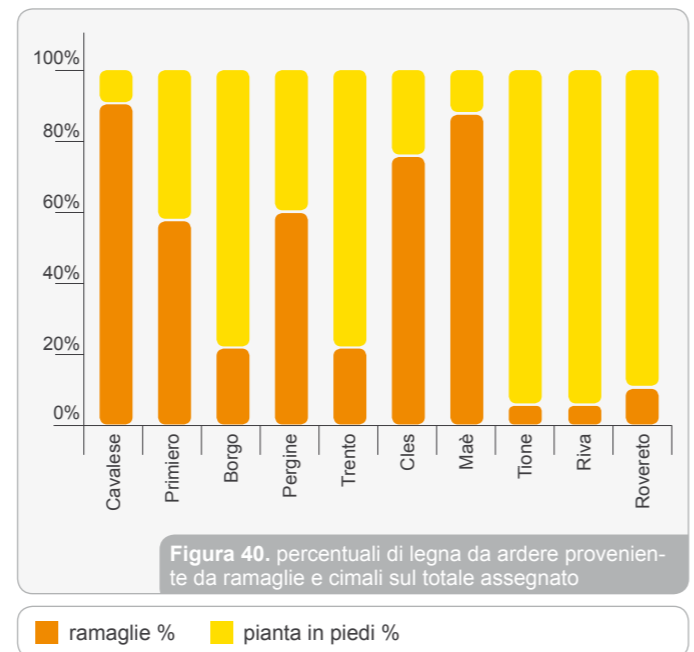
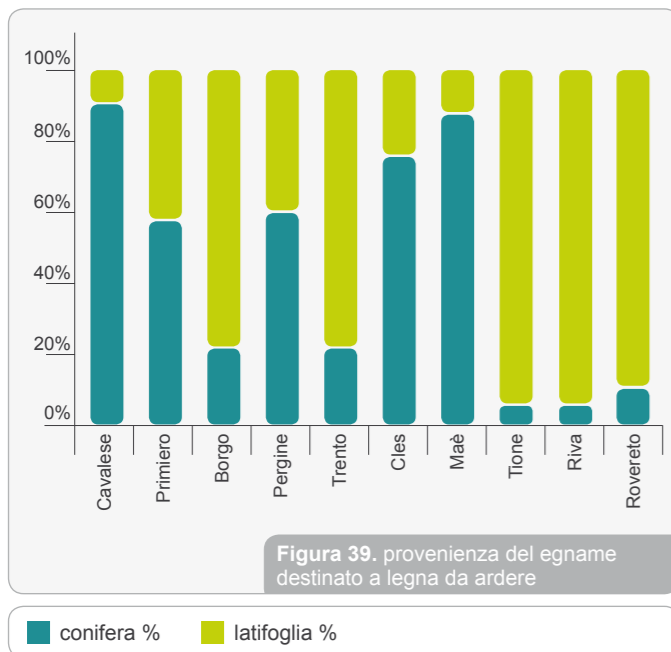
conifere e le percentuali di ramaglie e cimali (barre nere in entrambi i grafici). Infatti, come è ragionevole aspettarsi, le assegnazioni per usi civici di legna di conifera sono prevalentemente costituite dagli scarti prodotti durante l'esbosco del legname da opera.

In [tabella 21] infine, si riporta il contenuto energetico dei quantitativi di biomassa destinati a legna da ardere (il contenuto energetico era stato già conteggiato nel paragrafo 2.2.1.1, qui viene scorporato e analizzato singolarmente). Nonostante l'uso della legna da ardere per il riscaldamento sia una tradizione fortemente radicata nel territorio provinciale, e sia quindi dif-



ficile pensare di poter convincere la popolazione a rinunciare all'utilizzo della stufa per destinare la "propria" legna ad una centrale di teleriscaldamento (con peraltro notevoli vantaggi ambientali) è comunque interessante conoscerne il potenziale energetico. Non si esclude che in alcune singole realtà locali, si possa riuscire ad installare delle centrali di teleriscaldamento a biomassa, creando una sorta di "scambio sul posto" con la popolazione (ovvero incentivare gli utenti a raccogliere e consegnare la propria legna da ardere e ottenere un corrispondente sconto sulla bolletta).

Il potenziale energetico è stato calcolato considerando un tenore idrico (M) del 40, del 30 e del 20 %. Questo per tenere in considerazione i vantaggi energetici che si possono ottenere riducendo il contenuto idrico del legname (cosa facilmente ottenibile nelle centrali, ove è possibile realizzare delle zone di essiccamento). Si può notare che, diminuendo il contenuto idrico al 30 e al 20% si ottiene un incremento energetico rispettivamente dell'11 e del 19%. I poteri calorifici e le densità apparenti utilizzate per i conti sono quelle riportate nel paragrafo 2.1.1.1.



distretto	t (M=40%)	M= 40%, PCI =2.8 MWh/t		M= 30%, PCI =3.4 MWh/t		M= 20%, PCI =3.98 MWh/t	
		MWh	Tep	MWh	Tep	MWh	Tep
Cavalese	7.740	21.788	1.873	24.233	2.084	25.928	2.229
Primiero	5.580	15.708	1.351	17.470	1.502	18.693	1.607
Borgo	6.090	17.143	1.474	19.067	1.639	20.401	1.754
Pergine	7.680	21.619	1.859	24.045	2.068	25.727	2.212
Trento	10.790	30.374	2.612	33.782	2.905	36.146	3.108
Cles	13.530	38.087	3.275	42.361	3.642	45.324	3.897
Malè	7.955	22.393	1.925	24.906	2.142	26.649	2.291
Tione	12.985	36.553	3.143	40.654	3.496	43.499	3.740
Riva	6.345	17.861	1.536	19.865	1.708	21.255	1.828
Rovereto	7.400	20.831	1.791	23.168	1.992	24.789	2.132
Totale	86.095	242.357	20.839	269.552	23.177	288.411	24.799

Tabella 22. potenziale energetico del legname assegnato per usi civici

Un recente studio eseguito dall'università degli studi di Trento relativo all'ammontare complessivo di biomassa legnosa impiegata ai fini energetici, ha evidenziato che il 29.4% delle famiglie residenti in trentino utilizza la legna per riscaldamento domestico con un consumo medio di 32 q di legna all'anno. L'indagine rivela inoltre che il 29% della legna viene acquistata da ditte e il restante proviene da foreste comunali o da produzione propria [Antolini, 2007]. Quindi, essendo 225.316 il numero totale di famiglie residenti in Trentino, significa che 66.150 usano la legna per riscaldamento, con un consumo complessivo di circa 211.000 tonnellate di legna all'anno. Le statistiche del Servizio Foreste e fauna relative al quinquennio 2005-2009 registrano un quantitativo di legna da ardere assegnato su boschi pubblici e privati di complessivi 181.286 m³ (124.882 t) di cui circa 146.000 m³ assegnati su boschi di proprietà pubblica e 35.286 m³ su suoli privati, quindi molto più elevato rispetto ai quantitativi ricavati dall'analisi delle sorti assegnate. Bisogna considerare che tra i volumi assegnati e i reali volumi prelevati possono sussistere notevoli variazioni. Alcuni autori stimano una raccolta quantificabile attorno al 60% dei volumi assegnati in caso di scarti di conifere, mentre di circa il 90% in caso di latifoglie (pianta in piedi).

2.2.1.4 CONSIDERAZIONI

In questo secondo capitolo si è tentato di effettuare la valutazione di tutti i flussi di biomassa forestale e di studiarne le destinazioni. Ne emerge una gestione molto attenta del patrimonio boschivo, mirata sia ad utilizzare la risorsa legno al meglio delle possibilità (sia dal punto di vista energetico che di produzione per edilizia e imballaggi), sia a salvaguardare gli ecosistemi e la biodiversità presenti nel patrimonio boschivo.

Si è visto che potenzialmente si potrebbe incrementare la produzione energetica da biomasse, raccogliendo e utilizzando tutti gli scarti delle operazioni di esbosco, che spesso vengono lasciati sul territorio per motivi logistici. Dai dati ricavati (seppur con formule speditive) si può avere un'idea approssimativa dei quantitativi di biomassa di provenienza boschiva potenzialmente utilizzabili (circa 306.976 m³). Di questi una parte viene utilizzata già adesso come legna da ardere sia nell'ambito dell'uso interno che della gestione delle proprietà private (circa 181.286 m³). Si tratta di taglio di latifoglie nel ceduo, di interventi colturali in popolamenti giovanili, di utilizzazioni di piante d'alto fusto di cattiva qualità o di recupero di scarti delle lavorazioni in bosco. Dedotto di tali quantità il potenziale utilizzabile si riduce a 125.690 m³. Di questi in realtà occorre considerare che motivazioni di ordine tecnico ed economico, sviluppate più ampiamente nella parte terza, condizionano la possibilità di effettivo recupero. Utilizzando i parametri considerati nello scenario che prevede un prezzo del cippato di 20 €/MWh (Scenario A, paragrafo 4.1.8.1.), si può prevedere una riduzione della biomassa disponibile in considerazione di fattori tecnici del 10,1% e una riduzione della biomassa disponibile in considerazione di fattori economici del 27,0%, portando le quantità di biomassa potenziali rispettivamente dai 125.690 m³ iniziali ai 112.995 m³ (biomassa tecnica) e 91754 m³ (biomassa economica).

È possibile aumentare il quantitativo recuperabile come biomassa adeguando e migliorando i sistemi di utilizzazione, effettuando le operazioni di sramatura e sveltamento all'imposto. Ai fini del recupero della biomassa ancora potenzialmente sfruttabile per fini energetici, è necessario infatti un sistema di raccolta del legname organizzato, per consentire un agevole accumulo del materiale di scarto all'imposto con successivo trasporto alle

centrali. La fattibilità di queste operazioni deve fare i conti sia con i macchinari a disposizione delle imprese di utilizzazione forestale che devono consentire un'agevole esbosco del legname, sia con gli aspetti economici legati alla manodopera e all'utilizzo dei mezzi. Negli ultimi anni sono stati erogati dei finanziamenti finalizzati a ottimizzare la filiera legno, migliorando la viabilità forestale e i piazzali di deposito, nonché rinnovando il parco macchine. Si è vista quindi una crescita consistente dei volumi di residui disponibili all'imposto, grazie al maggior numero di processori in dotazione alle imprese. Inoltre sono state acquistate numerose gru a cavo che hanno consentito di aumentare la produttività e la capacità di esboscare piante intere e di grosse dimensioni. Nel 2012 sono stati utilizzati in questo modo circa 60.000 m³.

È plausibile ipotizzare ad un'ulteriore contenuta crescita delle utilizzazioni di cippato per raggiungere il traguardo dei circa 90.000 m³ tecnicamente ed economicamente recuperabili, tenendo tuttavia presente due aspetti ulteriori. Da un lato, come bene evidenziato anche nella terza parte del documento, i miglioramenti tecnici hanno comunque un limite legato al loro costo di impiego e al valore del materiale utilizzato e diventa allora determinante il prezzo assunto dal cippato.

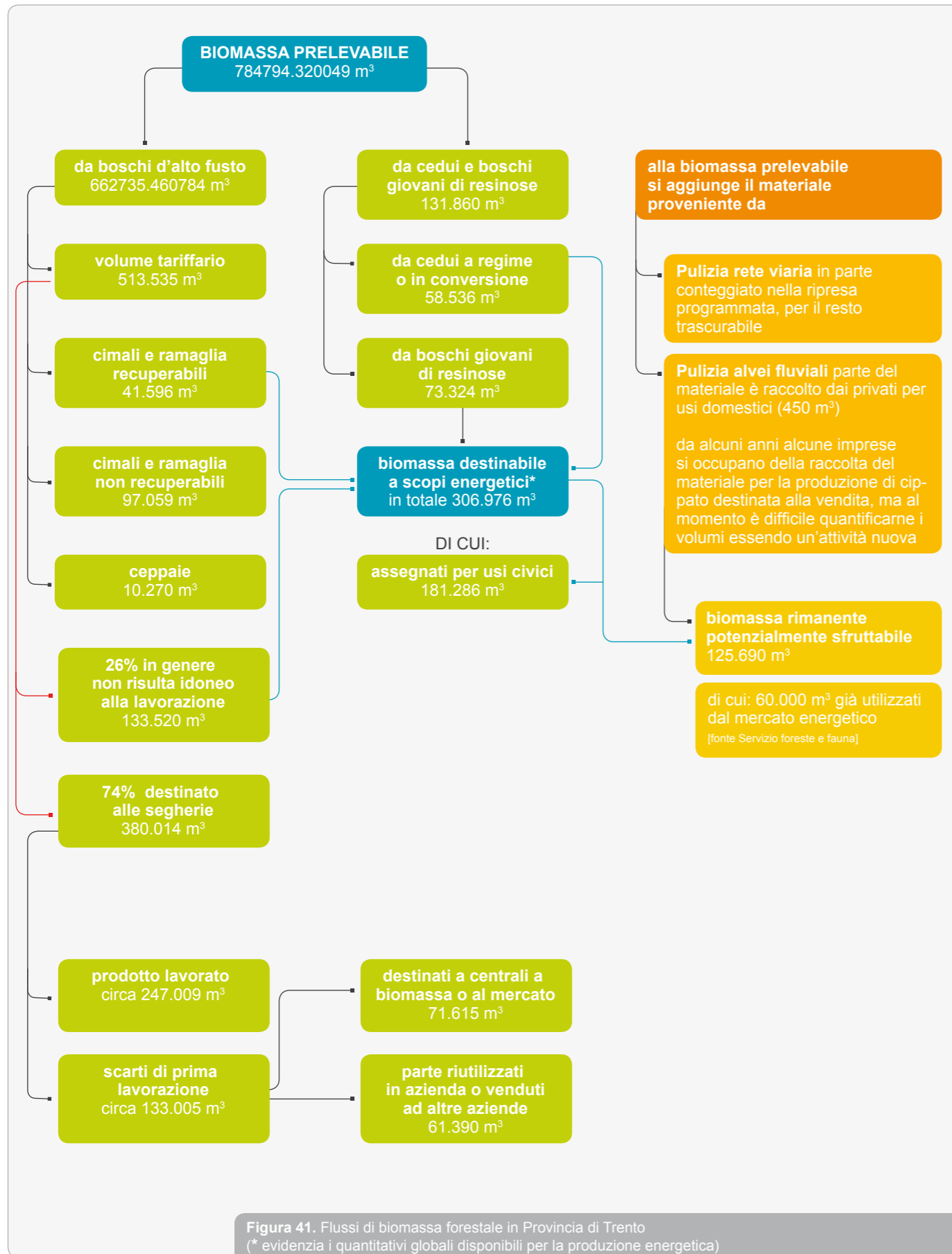
Dall'altro è comunque sempre presente la necessità di considerare in molte aree della provincia anche aspetti selvicolturali legati alla funzione della biomassa, nelle sue varie connotazioni, come elemento di fertilità del suolo, come componente funzionale dello sviluppo degli ecosistemi e come componente della biodiversità. In determinate situazioni la quantità e le caratteristiche del residuo lasciato a terra nel caso di asportazione di piante intere potrebbe non essere sufficiente a garantire gli equilibri ecosistemici, come avveniva in caso di utilizzazione con i metodi tradizionali. La pianificazione forestale di dettaglio finora non ha focalizzato l'attenzione sulla questione specifica, ma in caso di diffusione del sistema di esbosco per pianta intera sarà necessario integrare tale aspetto nelle analisi.

In [figura 41] si riporta uno schema riassuntivo dei flussi di biomassa.

In [tabella 23] si riporta l'intero potenziale teorico della provincia. Ovvero vengono considerate sia i quantitativi non ancora sfruttati, sia quelli che già vengono utilizzati, da privati, da centrali di teleriscaldamento o da industrie, per produrre energia. Infatti, nonostante il legname assegnato per gli usi civici, sia un'importante risorsa per il territorio a cui la popolazione è molto legata, non si esclude che, in futuro, si potrebbe valutare l'ipotesi di costruire delle centrali di teleriscaldamento a biomassa che possano funzionare proprio grazie alla assegnazioni per uso civico, attraverso una sorta di "scambio sul posto" con gli utenti finali. Allo stesso modo, non si esclude la possibilità che anche gli scarti di prima lavorazione delle aziende, oggi destinate ad altre aziende o al riutilizzo all'interno dell'azienda possano subire un cambio di destinazione, qual ora ci fossero dei cambiamenti sul mercato. È importante sottolineare che i quantitativi di legname che risultano essere lasciati in bosco, non sono effettivamente tutti sfruttabili. Bisogna infatti tenere in considerazione una serie di altri fattori per quantificare la biomassa convenientemente asportabile (vedere parte terza).

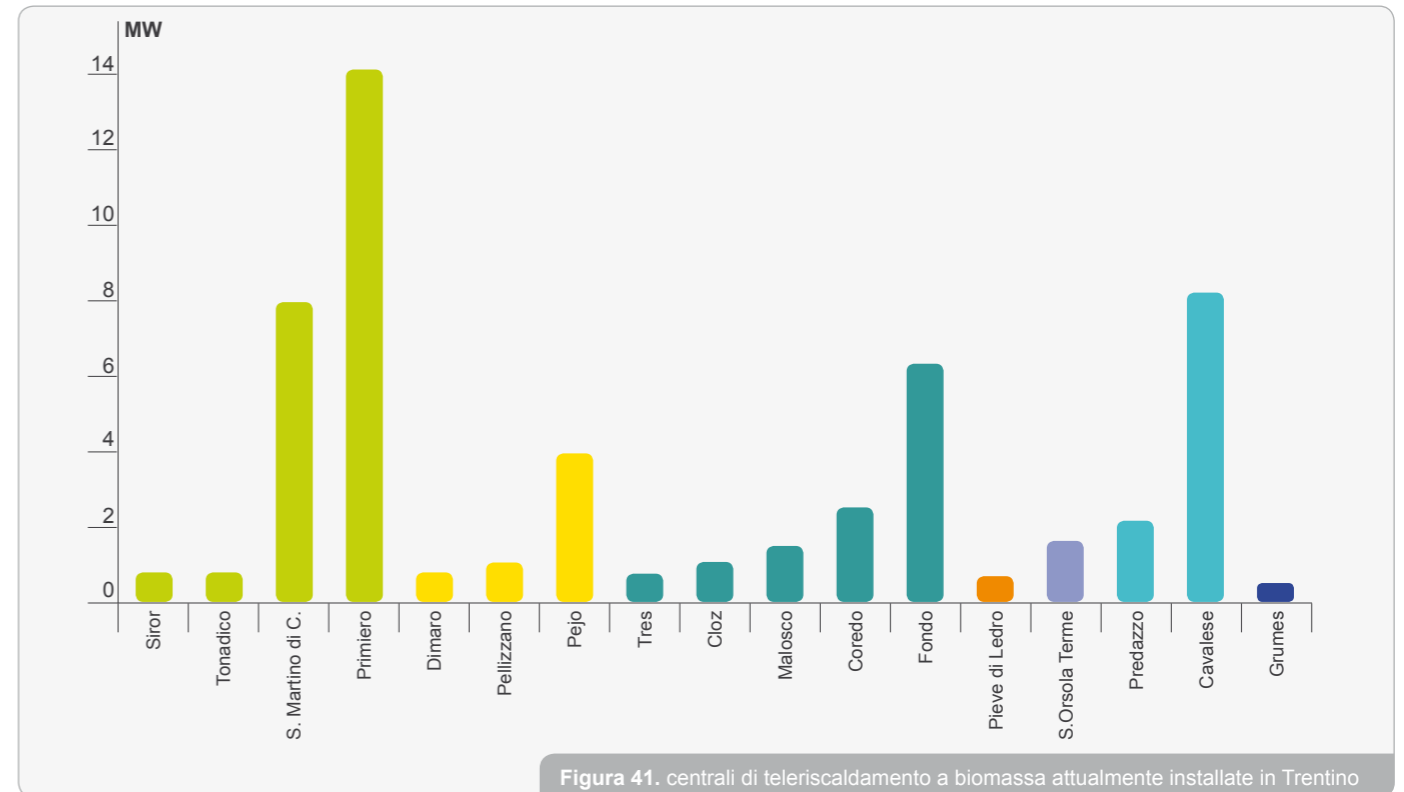
In [figura 42] invece, si riportano le centrali di teleriscaldamento a biomassa ad oggi attive sul territorio ⁹.

⁹ Rispetto al dato della figura 42 si evidenzia che l'impianto di Cavalese è stato recentemente potenziato con una linea di cogenerazione a biomassa di potenza termica nominale pari a 5,9 MW.



biomassa teoricamente utilizzabile a fini energetici sul territorio provinciale				
	da usi civici (già sfruttata) M=40%	da scarti lasciati in bosco M=40% (potenzialmente sfruttabile)	da scarti di prima lavorazione delle segherie (già sfruttata)	totale biomassa legnosa sfruttabile e potenziale energetico
m ³	181.286	125.690	133.005	439.981
t	124.881	78.745	64.228	271.807
MWh	351.540	221.667	180.801	765.137
ktep	30,3	19	15,5	65,8

Tabella 23. energia ricavabile da biomassa utilizzabile a fini energetici sul territorio provinciale (sotto l'ipotesi che tutti gli scarti provenienti dalle operazioni di esbosco vengano raccolti)



2.2.2 RESIDUI AGRICOLI LEGNOSI

I processi di conversione energetica che meglio si addicono a tali matrici sono indubbiamente rappresentati da quelli termochimici. Nell'ipotesi di attribuire agli scarti di potatura di vite e melo un potere calorifico inferiore PCI ≈ 2,3 kWh/kg¹⁰ per la vite e 2,36 kWh/kg per il melo, il contenuto energetico riferibile a tali matrici ammonta complessivamente a

- 40.700.000 kWh ≈ 3,5 ktep per gli scarti di potatura della vite, e
- 73.000.000 kWh ≈ 6,3 ktep per gli scarti di potatura del melo.

2.2.3 REFLUI ZOOTECNICI

Per quanto riguarda la stima della produzione potenziale di biogas, ci si riferisce alle elaborazioni fatte nel 2009, a partire quindi dalle U.B.A. totali per comune. Sulla base di dati raccolti negli ultimi anni, si ipotizza che i reflui siano costituiti da un 15% di sostanza secca e 83% di sostanza organica, mentre, per quanto riguarda la presenza di materiale paglioso negli effluenti, sono stati considerati i consumi di 1 kg/giorno per vacca e al 3 kg/giorno per capro da rimonta.

Assumendo una presenza di sostanza organica volatile (SOV) pari all'83% della sostanza secca, la produzione di biogas è stata stimata ipotizzando una resa specifica di 250 Nm³ per tonnellata di SOV, con un contenuto in metano del 55%.

Sulla base delle assunzioni sopra descritte, si perviene pertanto ad una stima del potenziale di produzione di biogas complessivo pari a circa 20.793.600 Nm³/anno.

Attribuendo al biogas prodotto da processi di digestione anaerobica un potere calorifico inferiore pari a ≈ 5,2kWh/ Nm³ biogas¹¹, il contenuto energetico riferibile ai reflui generati dal comparto delle vacche da latte (il più rappresentativo della realtà trentina) ammonta a circa 108.160.000 kWh (≈ 9,3 ktep).

2.2.4 SCARTI DA CANTINE E DISTILLERIE

Tale settore origina svariate tipologie di matrici di scarto, alcune destinabili a processi di trattamento termochimico, altre alla produzione di biogas.

La [tabella 24] sintetizza il contenuto energetico teorico totale espresso dalle singole tipologie di scarto provenienti da cantine e distillerie.

¹⁰ Dati interni FEM, corrispondenti ad un materiale con Um ≈ 45%, dopo circa 8 mesi di stagionatura (si ritiene che la natura della matrice consenta una stagionatura naturale, in appositi spazi aperti con copertura).

¹¹ Dati medi ottenibili da letteratura.



matrice	quantitativo provinciale e potenziale energetico	PCI caratteristico della matrice	contenuto energetico complessivo PAT
Scarti da cantine	Vinacce fresche: 15.799,3t ≈ 505.000 Nm ³ biogas [1]	PCI ≈ 5,2kWh/ Nm ³ biogas PCI ≈ 2.880kWh/ t t.q. (combust.) [5]	2.626.000 kWh da biogas (≈ 0,22 ktep); 45.502.000 kWh da combust. (≈ 3,6 ktep)
	Raspi: 2.315t	PCI ≈ 4.300kWh/ t t.q. (combust.) [5]	9.954.500 kWh (≈ 0,8 ktep)
	Feccia: 6.387t ≈ 500.000 Nm ³ biogas [2]	PCI ≈ 5,2kWh/ Nm ³ biogas	2.600.000 kWh (≈ 0,2 ktep)
Scarti da distillerie	Vinacce esauste: 6.143,20 t ≈ 196.000 Nm ³ biogas [3]	PCI ≈ 5,2kWh/ Nm ³ biogas PCI ≈ 2.880kWh/ t t.q. (combust.) [6]	1.019.200 kWh da biogas (≈ 0,09 ktep); 17.692.000 kWh da combust. (≈ 1,5 ktep)
	Bucchette: 737,18t ipotizzando che 100kg di vinaccia esausta contengano mediamente 12 kg di buccetta (dati Museo della Grappa Poli - Bassano)	PCI ≈ 4.860kWh/ t t.q. [5]	3.582.000 kWh (≈ 0,3 ktep)
	Vinaccioli: 2.194t ipotizzando 25% in peso della vinaccia fresca (dottorato di ricerca Annarita Panighel, UnPD)	PCI ≈ 5.850kWh/ t t.q. [7]	12.835.000 kWh (≈ 1,1 ktep)
	Borlanda: 1.200t ≈ 7.200 Nm ³ biogas [4] (ipotizzando che da 100 kg di vinaccia fresca si producano 14 kg di borlanda)	PCI ≈ 5,2kWh/ Nm ³ biogas	37.440 kWh (≈ 0,003 ktep)

[1] potenziale metanigeno vinacce fresche; 32 Nm³/t t.q. (Failla - Restuccia, UniCT - 2009)
 [2] potenziale metanigeno feccia: 78,3 Nm³/t t.q. (Danieli e Aldrovandi, 2011)
 [3] potenziale metanigeno vinacce esauste: 32 Nm³/t t.q. (si ipotizza analogo alle vinacce fresche)
 [4] potenziale metanigeno borlanda: 6 Nm³/t t.q. (dato CRPA, atti Ecomondo 2009. Prove fatte su miscela 90% borlanda + 10% vianaccia [0,28 Nm³/kg SV] * [0,0323 kg SV/kg tq] * [0,676]). Nell'articolo si dichiara che la sola borlanda ha medesima produzione specifica.
 [5] Dati ABE s.r.l. (Vincenzo D'Alberti), divulgati in occasione di seminario c/o Università di Palermo, 1/4/2011
 [6] si ipotizza PCI pari alle vinacce fresche
 [7] in questo caso il valore è riferito al materiale essiccato all'aria (unico dato disponibile: Dati ABE s.r.l. (Vincenzo D'Alberti), divulgati in occasione di seminario c/o Università di Palermo, 1/4/2011)

Tabella 24. contenuto energetico teorico totale delle singole tipologie di scarto provenienti da cantine e distillerie

Già da una rapida scorsa ai dati sopra riportati, si può evincere come alcune matrici si possano prestare ad entrambi i processi di conversione energetica, esprimendo tuttavia contenuti energetici piuttosto differenti a seconda delle tecniche adottate. Nel caso delle vinacce, tale differenza ammonta ad un ordine di grandezza, per lo più imputabile all'alto contenuto d'acqua, tipico di tale matrice, che rende i processi termochimici meno adatti allo sfruttamento energetico. Per matrici particolarmente "umide", infatti, i processi di digestione anaerobica risentono meno, in termini di bilancio energetico, del problema legato al calore latente di evaporazione che penalizza, al contrario, tecnologie che sfruttano la combustione.

matrice	quantità di biomassa e relativo biogas*	contenuto energetico potenziale
siero magro	107.000 t ≈ 2.675.000 Nm ³ biogas	13.910.000 kWh
latticello	5.500 t ≈ 302.500 Nm ³ biogas	1.573.000 kWh
fanghi flottati	525 t ≈ 13.125 Nm ³ biogas	68.250 kWh
fanghi biologici pressati	335 t ≈ 16.750 Nm ³ biogas	87.100 kWh

* Resa metanigena siero: 20-30 Nm³/t t.q. (Fonte: TIS Innovation Park - 2010).
 Resa metanigena latticello: 55 Nm³/t t.q. (Fonte: studi SERECO, 2010).
 Resa metanigena fanghi flottati: si suppone assimilabile al siero.
 Resa metanigena fanghi biologici: 50 Nm³/t.

Tabella 25. contenuto energetico potenziale provinciale dei principali scarti del settore lattiero-caseario

2.2.5 SCARTI DAL SETTORE LATTIERO CASEARIO

L'ipotesi di sfruttamento energetico per tali tipologie di biomassa passa inevitabilmente da processi di digestione anaerobica. Attribuendo al biogas generato un potere calorifico inferiore pari a ≈ 5,2 kWh/ Nm³ biogas, la seguente tabella riporta il contenuto energetico teorico totale per singola tipologia di scarto.

2.2.6 SCARTI DI PRODUZIONE AGROINDUSTRIALE

Come già esplicitato al paragrafo 2.1.5, solo da una caratterizzazione più precisa delle principali tipologie di scarto prodotte dalle maggiori aziende di trasformazione alimentare (ricavabile da un'indispensabile attività di indagine dedicata) si potrà derivare il potenziale energetico rappresentato da tali matrici. Tuttavia, per la natura di queste ultime ed in relazione alle tecnologie oggi diffuse ed affidabili, si ritiene che la destinazione verosimilmente ipotizzabile sia la produzione di biogas attraverso la digestione anaerobica.

2.2.7 CONTRIBUTO DELLA FRAZIONE ORGANICA DA RIFIUTO SOLIDO URBANO

La frazione organica presente nei rifiuti solidi urbani (FORSU) è anch'essa una risorsa, perché, attraverso il processo anaerobico, può permettere la generazione di biogas, caratterizzato da una elevata percentuale di metano. Per stimare i quantitativi di FORSU attualmente disponibili sul territorio si sono utilizzati i dati forniti dalla Provincia Autonoma di Trento. Si è potuto infatti disporre di dati relativi al rifiuto organico raccolto per singolo bacino di utenza nell'anno 2010. A questi sono state aggiunte le frazioni di FORSU presenti nei rifiuti urbani residui. I dati sono suddivisi per 14 bacini di raccolta che corrispondono ai 10 comprensori più il bacino di Isera, Rovereto, Trento e Ladina di Fassa.

Nel diagramma sottostante (figura 43), sono riportate le tonnellate annue di FORSU sia da raccolta differenziata che presenti nel rifiuto urbano residuo per singolo bacino. Come si può notare dal grafico in alcuni bacini la frazione di FORSU non ancora intercettata è esigua, mentre in altri rappresenta una fetta piuttosto consistente. Tuttavia, dai dati disponibili, la frazione di organico che viene conferita nei rifiuti urbani residui diminuisce di anno in anno. Si segnala al riguardo che l'obiettivo provinciale è l'intercettazione dell'85% della FORSU generata.

In [figura 44] si riportano invece le quantità di FORSU prodotte per singolo comprensorio e la relativa percentuale sul totale (59.891 t). Il totale è stato ottenuto sommando sia la FORSU prodotta dalla raccolta differenziata della frazione umida sia quella ancora presente nel rifiuto indifferenziato.

Dal quantitativo annuo di rifiuto organico (47.000 t), ipotizzando cautelativamente una resa di 110 Nm³ biogas per tonnellata di FORSU, si possono ricavare potenzialmente circa 5.170.000 Nm³ di biogas. Ipotizzando per quest'ultimo un PCI ≈ 5,45 kWh/ Nm³, il contenuto energetico teorico provinciale ammonta a 28.176.500 kWh (≈ 2,4 ktep). Tale stima si riferisce alla raccolta differenziata non ancora a regime. Un ulteriore contributo è infatti atteso dal raggiungimento dell'obiettivo di intercettazione del 85% della FORSU prodotta sul territorio, come analizzato in tabella 25. Peraltro la produzione specifica di biogas dipende dalle caratteristiche della FORSU raccolta (tra cui la percentuale di materiali non idonei al processo anaerobico). In casi favorevoli il potenziale energetico può risultare fino a 25% più elevato di quanto indicato.

Note le quantità di FORSU totali, e ipotizzando di riuscire a intercettare e quindi conferire ad un parco di biodigestori l'85%, è stato possibile stimare la produzione potenziale di metano. Il fattore di conversione su scala reale è stato assunto pari a 0,060 Nm³ di CH₄ per kg di FORSU alimentata nel biodigestore. La produzione potenziale di metano risulta essere di oltre 3 milioni di metri cubi di metano all'anno.

Attualmente in Provincia di Trento sono in fase di realizzazione due biodigestori: uno a Cadino, già entrato in funzione a fine 2012, in grado di accettare 20.000 t di organico (e 7.000 t di verde) l'anno, e uno presso il depuratore di Rovereto per una capacità di 5.000 t di organico. Si stima quindi una produzione di metano di oltre 1.200.000 Nm³/anno e 300.000 Nm³/anno rispettivamente. Considerando la FORSU che verrà conferita ai due digesteri in fase di realizzazione, rimangono ancora circa 26.000 t di FORSU da valorizzare.

La produzione potenziale può risultare fino a 25% più elevata di quanto indicato in [tabella 26], in funzione delle caratteristiche della FORSU (in particolare la percentuale di materiale indesiderato) e delle prestazioni dell'impianto di trattamento. Per un aggiornamento di tale stima risulteranno particolarmente utili i dati di produzione specifica dell'impianto di Cadino quando sarà a regime.

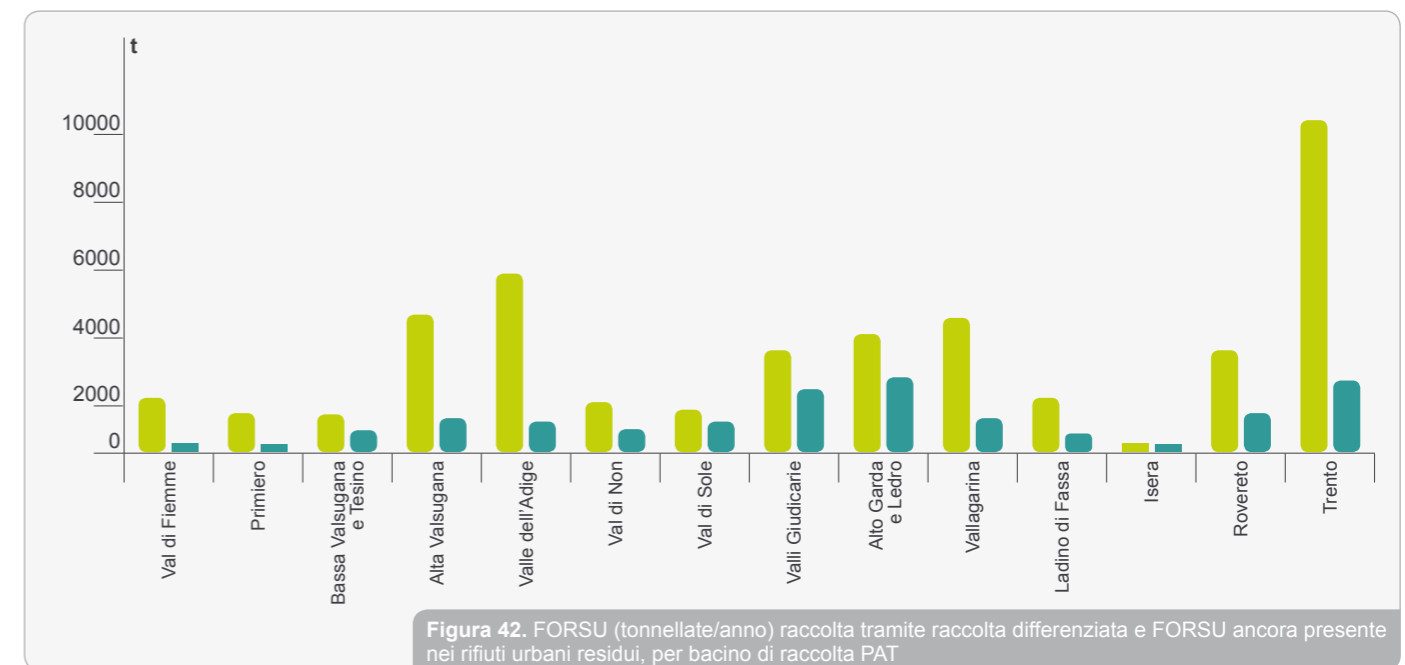


Figura 42. FORSU (tonnellate/anno) raccolta tramite raccolta differenziata e FORSU ancora presente nei rifiuti urbani residui, per bacino di raccolta PAT

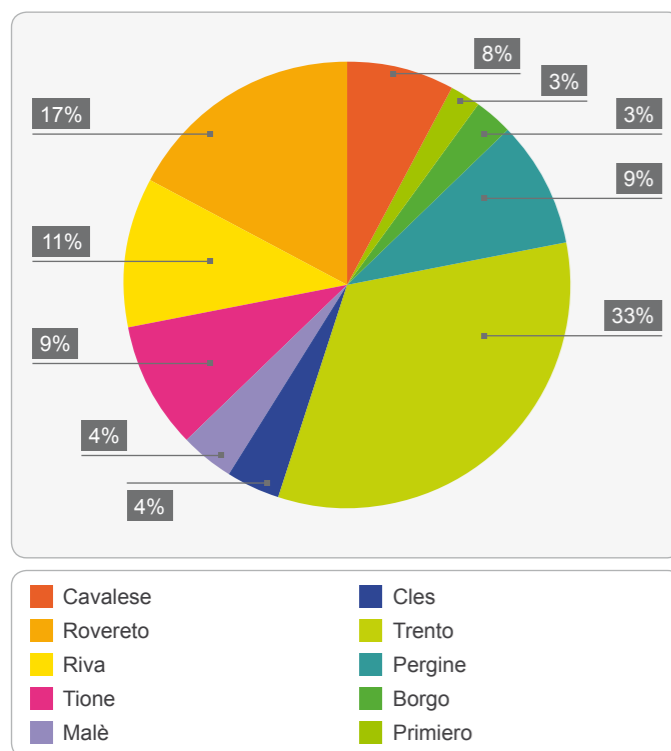


Figura 43. FORSU (tonnellate/anno) suddivisa per comprensorio e relative percentuali sul totale

2.2.8 FANGHI DI DEPURAZIONE, VERDE URBANO, OLI ALIMENTARI

Partendo dal dato relativo ai quantitativi provinciali, riportati nei paragrafi precedenti, di seguito i valori energetici intrinseci delle biomasse da rifiuto prodotte in Provincia di Trento:

- Fanghi di depurazione (avviabili a digestione anaerobica): dal quantitativo annuo totale si possono ricavare potenzialmente circa 2.600.000 Nm³ di biogas. Ipotizzando per il biogas un PCI ≈ 5,2 kWh/Nm³, il contenuto energetico teorico provinciale ammonta a 13.520.000 kWh (≈ 1,1 ktep).
- Verde urbano (avviabile a processi termochimici, verosimilmente combustione): ipotizzando un PCI ≈ 3,4 kWh/kg¹² (Um ≈ 30%, dopo 8 mesi di stagionatura; si ritiene che la natura della matrice consenta una stagionatura naturale, in appositi spazi aperti con copertura), determinano un contenuto energetico teorico provinciale pari a 58.480.000 kWh (≈ 5 ktep).
- Oli alimentari: Ipotizzando per il biogas un PCI ≈ 5,2 kWh/Nm³, il potenziale energetico primario teorico provinciale ammonta a 249.600 kWh (≈ 0,02 ktep). Se destinato a combustione, l'olio presenta un PCI ≈ 10,3 kWh/kg¹³, determinando un contenuto energetico teorico provinciale da combustione pari a 947.000 kWh (≈ 0,08 ktep).

comprensorio	FORSU totale t/anno	obiettivo intercettazione, %	FORSU valorizzabile t/anno	produzione metano Nm ³ /kgFORSU	produzione metano attesa Nm ³ /anno	MWh (considerando PCI = 10 kWh/Nm ³)	TEP
Cavalese	4593	85	3904	0,06	234242	2342	201
Primiero	1265	85	1075	0,06	64510	645	55
Borgo	1538	85	1307	0,06	78440	784	67
Pergine	5524	85	4695	0,06	281713	2817	242
Trento	19752	85	16789	0,06	1007358	10074	866
Cles	2532	85	2152	0,06	129122	1291	111
Malè	2264	85	1924	0,06	115469	1155	99
Tione	5208	85	4427	0,06	265621	2656	228
Riva	6828	85	5804	0,06	348232	3482	299
Rovereto	10387	85	8829	0,06	529739	5297	455
Totale	59891		50907		3054446	30544	2626

Tabella 26. produzione di metano potenziale ottenibile dal conferimento in biodigestore dell'85% della FORSU prodotta annualmente



¹² AIEL (2008), "la produzione di combustibili legnosi dalla selvicoltura urbana".

¹³ Valore riferito all'olio di colza (Università degli Studi di Napoli Federico II, 2012)



3.1 FILIERA DI PRODUZIONE DELLE BIOMASSE

3.1.1 BIOMASSE DI ORIGINE FORESTALE

Nel capitolo 1 si è visto brevemente che le normative sulle biomasse definiscono quali sottoprodotti possono essere utilizzati come combustibili. Si è inoltre accennato all'esistenza della norma europea UNI EN 14961-1 (2010), che sostituisce la norma tecnica CEN/TS 14961 (2005). La norma definisce le modalità di classificazione dei biocombustibili solidi provenienti dalle seguenti fonti:

- prodotti agricoli e forestali;
- rifiuti vegetali da attività agricole e forestali;
- rifiuti vegetali dall'industria di trasformazione alimentare;
- rifiuti di legno, con l'eccezione di rifiuti di legno che possono contenere composti organici alogenati o metalli pesanti, a seguito di trattamento o di rivestimento, e che comprende in particolare i rifiuti di legno provenienti da costruzioni e demolizioni;
- rifiuti vegetali fibrosi da produzione di pasta di carta grezza e da produzione di carta dalla pasta, se si tratta di coinceneriti presso il luogo di produzione e se l'energia termica generata è recuperata;
- rifiuti di sughero.

Nella pratica, i principali biocombustibili disponibili sul mercato proveniente dal comparto forestale, e accettati dalle caldaie in commercio sono: ciocchi di legna, cippato, pellets, e bricchette. Ci si limita quindi, in questa sede, ad analizzare le caratteristiche di questi 4 biocombustibili. Si invita inoltre a prendere visione del **sotto-progetto BIOPATH** riguardante la tracciabilità di filiera e la certificazione di qualità dei biocombustibili.

3.1.1.1 FILIERA DI PRODUZIONE DI BIOCMBUSTIBILI

I combustibili legnosi di origine forestale, come accennato nel capitolo precedente, sono generalmente ottenibili dai residui

delle utilizzazioni boschive e dagli scarti di prima lavorazione delle segherie. I costi e i metodi di produzioni di questi biocombustibili sono fortemente influenzati dal livello di meccanizzazione del cantiere e le logistiche di trasporto; più è alto il livello di meccanizzazione minori sono i costi di produzione.

Gli assortimenti legnosi ricavabili dalla gestione forestale derivano dai residui legnosi dei tagli di maturità, da cure colturali sui giovani popolamenti e da piante intere non destinabili all'industria. La loro composizione varia in funzione della specie legnosa, dell'età e del tipo di popolamento, del tipo di intervento (taglio di maturità e diradamento).

3.1.1.2 PRODUZIONE DI LEGNA DA ARDERE

Tra le principali attività delle aziende forestali rientra proprio la produzione di ciocchi di legna e cippato. In seguito alle prime fasi di lavorazione con motosega o harvester in bosco, il legname viene trasportato al piazzale di lavorazione dove viene sottoposta alle seguenti fasi di trattamento: si seleziona il materiale separandolo in funzione di ciò che si vuole ottenere (ciocco da caminetto, spaccone o legna corta da forno); segue la troncatura, ovvero la riduzione del tronchetto in direzione perpendicolare alle fibre, in pezzi di lunghezza variabile tra i 25 e i 100 cm; infine si procede a tagliare in direzione parallela alle fibre per ridurre la larghezza dei pezzi.

In **[tabella 27]** si riportano le caratteristiche specificate dalla norma per la legna da ardere.

Le macchine per la lavorazione della legna, a seconda dell'operazione compiuta, si distinguono in segalegna, spaccalegna e combinate (sega-spaccalegna). Il costo di produzione della legna da ardere si aggira intorno ai 58 €/m³ ovvero 96 €/t (M=40%).

classe qualitativa	A1	A2	A3
origine e provenienza	tronco, residui legnosi non trattati	pianta intera senza radici, tronco, residui da esbosco	pianta intera senza radici, tronco, residui da esbosco
diametro (cm)	D2 ≤ 2 D5 2 ≤ D ≤ 5 D10 5 ≤ D ≤ 10 D15 10 ≤ D ≤ 15 D15+ > 15	D2 ≤ 2 D5 2 ≤ D ≤ 5 D10 5 ≤ D ≤ 10 D15 10 ≤ D ≤ 15 D15+ > 15	D15 ≤ 15 D15+ > 15
lunghezza (cm)	L20 ≤ 20 L25 ≤ 25 L33 ≤ 33 L50 ≤ 50 L100 ≤ 100	L20 ≤ 20 L25 ≤ 25 L33 ≤ 33 L50 ≤ 50 L100 ≤ 100	L33 ≤ 33 L50 ≤ 50 L100 ≤ 100
contenuto idrico (M %)	M20 ≤ 20 M50 ≤ 50	M20 ≤ 20 M50 ≤ 50	M25 ≤ 25 M35 ≤ 35
volume o peso (kg o msa o msr)	deve essere dichiarato il peso con unità di misura		
proporzione del volume diviso (%)	≥ 90%	≥ 50%	non richiesta
taglio della superficie del pezzo	liscio	non richiesto	non richiesto
deperimento	non visibile	≤ 5 %	se più del 10% deve essere dichiarato
densità energetica	deve essere dichiarata		
essiccazione	deve essere dichiarato se il materiale è stato essiccato naturalmente o artificialmente		

Tabella 27. specifiche legna da ardere - UNI EN 14961-5 (2011)



3.1.1.3 PRODUZIONE DI CIPPATO

Si definisce "cippato" il legname in scaglie ottenuto da apposite macchine. Per produrre chips viene utilizzato legno di qualità inferiore, come i residui delle potature boschive, agricole o urbane, le ramaglie e i cimiali, oppure i sottoprodotti delle segherie.

Nelle operazioni boschive la "cippatura" consente diversi vantaggi, tra i quali il recupero di scarti che altrimenti verrebbero lasciati in bosco (prevenendo così l'insacco di incendi) e l'aumento della produttività conseguente all'eliminazione di alcune fasi di allestimento del legname.

La cippatrice è una macchina che riduce il legno in scaglie. In base all'unità di cippatura le macchine si classificano in: cippatrici a disco (scaglie tra 0.3 e 4.5 cm), cippatrici a tamburo (scaglie fino a 6.5 cm) e cippatrici a vite o coclea (scaglie fino a 8 cm). Possono essere fisse, semoventi, carrellate, allestite su rimorchio, autocarro o trattore. La produzione di cippato è legata, oltre alla macchina impiegata, anche alla tipologia di materiale lavorato e al luogo di cippatura. In generale la cippatura in bosco ha una resa oraria inferiore per le difficoltà di coordinazione e logistiche. L'utilizzo di cimiali e ramaglia comporta una produttività minore della macchina anche per la ridotta massa volumica sterica del materiale; invece gli scarti dell'industria del legno hanno rese molto elevate per il flusso costante in ingresso. I costi di produzione e conferimento del cippato variano da 8 a 24 €/msr in funzione del popolamento, luogo di raccolta, e grado di meccanizzazione del cantiere.

Esistono diverse qualità di cippato, che si contraddistinguono in funzione della specie legnosa, della composizione e delle dimensioni.

Relativamente alla specie legnosa è possibile raggruppare le specie arboree in tre grandi gruppi: legni dolci (pioppi, abeti, salici), duri e non resinosi (querce, castagni, faggi, carpini, etc.), duri e resinosi (larici e pini). I legni dolci, di colore chiaro ed elevata umidità allo stato fresco hanno un contenuto energetico per unità di volume non elevato in ragione della ridotta massa volumica. Il cippato di queste offre un apporto energetico minore e quindi ne è prevedibile un consumo maggiore. Bisogna evitare partite provenienti da legname appena abbattuto, che hanno un contenuto di acqua eccessivo anche per impianti predisposti per la combustione del legno umido. I legni duri non resinosi,

hanno invece un contenuto d'umidità inferiore anche allo stato fresco e quindi possono essere utilizzate subito dopo l'abbattimento per l'impiego combustibile in impianti opportunamente predisposti, anche se è preferibile una parziale stagionatura. Hanno comunque un contenuto energetico superiore rispetto alle specie precedenti (a parità di volume). Infine i legni duri e resinosi sono caratterizzati da un contenuto in resine mediamente elevato (fino all'8% del peso anidro), che aumentano il potere calorifico del legno. Tali resine non presentano problemi nella combustione, se questa si svolge ad altissime temperature ed è regolata secondo rapporti stechiometrici ottimali. In caso contrario, i prodotti parzialmente incombusti che si liberano da questi estrattivi possono originare incrostazioni del focolare e delle canne fumarie, richiedendo frequenti interventi di manutenzione dell'impianto.

Per composizione del cippato si intende quali parti della pianta sono state utilizzate per produrlo. Si distingue in:

- **cippato bianco**, che deriva dalla sminuzzatura di solo legno, ovvero di fusti o tronchetti preventivamente scortecciati;
- **cippato marrone o con corteccia**, che presenta colore più scuro del precedente e, a parità di altre condizioni, una massa volumica leggermente superiore; è il tipo di cippato più frequente, sia nella produzione forestale sia in quella industriale;
- **cippato verde**, contenente anche fogliame (soprattutto aghi), in quanto ottenuto dalla riduzione in chips di piante intere o di porzioni della chioma.

Infine, il cippato si caratterizza per diverse dimensioni; in particolare si distinguono le seguenti 3 classi:

- cippato piccolo (D30) con lunghezza nominale inferiore a 30 mm e sezione inferiore a 3 cm²
- cippato medio (D50) con lunghezza nominale inferiore a 50 mm e sezione inferiore a 5 cm²
- cippato grande (G100) con lunghezza nominale inferiore a 100 mm e sezione inferiore a 10 cm²

Il cippato definito di "qualità" ha una lunghezza massima nominale di 100 mm, un contenuto di umidità inferiore al 50% e dei limiti sul contenuto di Cl, Na, K, N, S.

In [tabella 28] si riportano le caratteristiche specificate dalla norma per il cippato.

classe qualitativa	A1	A2	B1	B2
origine e provenienza	pianta intera senza radici, residui da esbosco, residui di legno non trattato		residui di legno non trattato, legna vergine	sottoprodotti di lavorazione, legno recuperato
distribuzione granulometrica (P)	definire la classe di appartenenza (P16A, P16B, P31.5, P45) consultare tabella norma UNI EN 14961-4 (2011) [tabella 1]			
contenuto idrico (M%) riferito al campione tal quale	M10 ≤ 10 M25 ≤ 25	M35 ≤ 35	deve essere specificato	
contenuto di cenere (% s.s.)	A1.0 ≤ 1.0	A1.5 ≤ 1.5	A3.0 ≤ 3.0	
P.C.I. (kWh/kg)	Q3.6 ≥ 3.6	Q3.1 ≤ 3.1	deve essere specificato	
densità sterica (kg/msr)	BD150 ≥ 150 BD200 ≥ 200	BD150 ≥ 150 BD200 ≥ 200	deve essere specificata	

Tabella 28. specifiche per il cippato - UNI EN 14961-4 (2011)

3.1.1.4 PRODUZIONE DI BIOCOMBUSTIBILI DENSIFICATI

Più complessa è la produzione di biocombustibili densificati come i pellets e le bricchette. Per entrambi sono necessari veri e propri impianti industriali con importanti spazi per la gestione degli stocaggi e logistica in generale.

Il pellet di legno nasce nel 1973 in Idaho negli Stati Uniti, ed è un piccolo cilindretto di diametro variabile tra 5 e 8 mm e lunghezza di 10-20 mm, costituito da scarti, pressati meccanicamente, delle diverse lavorazioni del legno effettuate sia in bosco sia presso l'industria.

Il processo produttivo prevede, come prima operazione, l'essiccazione del materiale legnoso di partenza, che deve raggiungere un'umidità intorno al 12%. Questo viene poi sminuzzato finché presenta dimensioni omogenee per procedere alla successiva compressione e per poter eventualmente miscelare tra loro differenti specie legnose o scarti di lavorazione. La produzione vera e propria del pellet consiste in una pressatura delle particelle ottenute, a pressione molto elevata (dell'ordine di 100 bar). Il pellet, che al termine di tale fase può raggiungere temperature prossime ai 250 °C, viene quindi raffreddato, privato delle polveri fini e depositato in silos o conservato in appositi sacchi. La massa volumica del materiale ottenuto è di circa 600-1000 kg/m³; il suo potere calorifico varia, in base alla specie legnosa e all'umidità (che generalmente oscilla tra 8 e 12%), da 15.9 a 19.2 MJ/kg (4.4-5.8 kWh/kg).

Anche alcune tipologie di scarti dell'industria del legno (segatura, polveri) possono essere utilizzate per produrre un combustibile alternativo ecologico detto "pellet di legno". Questo combustibile si distingue per la bassa umidità (inferiore al 12 %) e per la sua elevata densità nonché per la regolarità del materiale. Il presupposto per l'utilizzo di questo prodotto è l'impiego di legname vergine, non trattato cioè con corrosivi, colle o vernici. I pellets sono prodotti con la polvere ottenuta dalla sfibratura dei residui

legnosi, la quale viene pressata da apposite macchine in cilindretti che possono avere diverse lunghezze e spessori (1,5-2 cm di lunghezza, 6-8 mm di diametro). La compattezza e la maneggevolezza danno a questa tipologia di combustibile caratteristiche di alto potere calorifico (p.c.i. 16.7-18.8 MJ/kg o 4.6-5.2 kWh/kg) e di affinità ad un combustibile fluido. È molto indicato quindi, per la sua praticità, per piccoli e medi impianti residenziali.

Con residui e polveri più grossolane vengono prodotte le "briquettes", che sono dei tronchetti di segatura pressata, in genere di 30 cm di lunghezza e 7-8 cm di diametro. Sono meno maneggevoli dei pellets e tendono a sfaldarsi con l'umidità. L'utilizzo è assimilabile a quello del legno in ciocchi, limitatamente all'uso domestico. I processi per la produzione di pellets e briquettes non richiedono l'uso di alcun tipo di collante, poiché la compattazione avviene fisicamente e con l'alta temperatura generata nel processo.

L'elemento più critico di tale produzione è legato ai costi energetici sia in termini di energia elettrica, ma ancor più in termini di energia termica. Inoltre i costi di investimento di impianti di produzione di bricchette o pellet risultano piuttosto elevati e, per un buon investimento, è necessario attestarsi su linee di produzione da circa 5.000 t/anno di produzione. Una linea completa di pellet così come sopra descritta ha un costo di investimento di circa 1.000.000 € al netto delle opere civili, mentre un impianto di bricchettatura viene a costare circa il 30-35% in meno. Attualmente in Trentino l'utilizzo del pellets come biocombustibile è assai limitato (contrariamente rispetto ad altre regioni) e non esiste una vera e propria filiera pellets sul territorio.

In [tabella 29 e 30] si riportano le caratteristiche principali specificate dalla norma UNI EN 14961-3 per i pellets e le bricchette rispettivamente. Per entrambi i biocombustibili vengono imposti dei limiti sui contenuti di N, S, Cl, As, Cd, Cr, Cu, Pb, Hg, Ni, Zn per i quali si rimanda alla consultazione delle norme.

classe qualitativa	A1	A2	A3
origine e provenienza	residui di legno non trattato	residui da esbosco, pianta senza radici, corteccia residui di legno non trattato	legno vergine, sottoprodotti di lavorazione, legno recuperato
diametro D e lunghezza L (mm)	D06, 6±1 3.15 ≤ L ≤ 40 D08, 8±1 3.15 ≤ L ≤ 40	D06, 6±1 3.15 ≤ L ≤ 40 D08, 8±1 3.15 ≤ L ≤ 40	D06, 6±1 3.15 ≤ L ≤ 40 D08, 8±1 3.15 ≤ L ≤ 40
contenuto idrico (M%) riferito al campione tal quale	M10 ≤ 10	M10 ≤ 10	M10 ≤ 10
contenuto di cenere (% s.s.)	A0.7 ≤ 0.7	A1.5 ≤ 1.5	A3.0 ≤ 3.0
durabilità meccanica DU	DU97.5 ≥ 97.5	DU97.5 ≥ 97.5	DU96.5 ≥ 96.5
finis (% peso, come ricevuto)	F1.0 ≤ 1.0	F1.0 ≤ 1.0	F1.0 ≤ 1.0
additivi (% peso su base secca)	≤ 2 % in peso	≤ 2 % in peso	≤ 2 % in peso
P.C.I. (kWh/kg)	Q4.6 4.6 ≤ Q ≤ 5.3	Q4.5 4.5 ≤ Q ≤ 5.3	Q4.4 4.4 ≤ Q ≤ 5.3

Tabella 29. specifiche per i pellets - UNI EN 14961-2 (2011)

classe qualitativa	A1	A2	A3
origine e provenienza	residui di legno non trattato	residui da esbosco, pianta senza radici, corteccia residui di legno non trattato	legno vergine, sottoprodotti di lavorazione, legno recuperato
diametro D e Lunghezza L (mm) da specificare in base ai disegni riportati in funzione della forma delle bricchette	devono essere specificati diametro, spessore e lunghezza		
contenuto idrico (M%) riferito al campione tal quale	M12 ≤ 12	M15 ≤ 15	M15 ≤ 15
contenuto di cenere (% s.s.)	A0.7 ≤ 0.7	A1.5 ≤ 1.5	A3.0 ≤ 3.0
densità della particella (g/cm ³)	DE 1.1 ≥ 1.1	DE 1.1 ≥ 1.1	DE 0.9 ≥ 0.9
additivi (% peso su base secca)	≤ 2 % in peso	≤ 2 % in peso	≤ 2 % in peso
P.C.I. (kWh/kg)	Q4.3 ≥ 4.3	Q4.25 ≥ 4.25	Q4.15 ≥ 4.15

Tabella 30. specifiche per le bricchette - UNI EN 14961-3 (2011)



3.1.2 RESIDUI AGRICOLI LEGNOSI

Per le considerazioni attinenti alla filiera di recupero degli scarti di potatura, si reputa ancora attuale lo studio pubblicato dalla Fondazione Edmund Mach "Utilizzo dei residui di potatura della vite a fini energetici" del 2009, pertanto gran parte dei contenuti di seguito esposti si riconducono alle valutazioni in esso contenute.

Il recupero a fini energetici sta emergendo come una delle possibilità più interessanti per valorizzare i residui di potatura del vigneto e risolvere così il problema del loro smaltimento, che può anche essere molto oneroso quando considerazioni fitosanitarie consiglino la rimozione della biomassa anziché la trinciatura in campo.

Attualmente i residui di potatura vengono trinciati nel vigneto o concentrati fuori dagli appezzamenti nelle aree più aperte delle capezzagne (strade perimetrali degli appezzamenti) e bruciati. In Trentino questa pratica è però vietata, salvo per modeste quantità e in appezzamenti non accessibili ai mezzi agricoli. Il potenziale produttivo di queste operazioni non è trascurabile: dalla potatura annuale dei vigneti, infatti, è possibile recuperare almeno 1 t s.s. di biomassa/ha, la cui qualità tuttavia è mediocre, a causa della lignificazione, talvolta incompleta del sarmento e del contenuto di umidità variabile tra 40 e 50%. La possibilità di recuperare questo materiale a condizioni economiche vantaggiose e la scelta della tecnologia più adatta per effettuare il recupero dipendono da alcuni fattori, tra cui soprattutto: la giacitura del terreno, la spaziatura tra le piante e la dimensione degli appezzamenti.

Un aspetto importante è rappresentato dalla **stagionalità del lavoro**, perché il periodo disponibile per la raccolta della potatura va da dicembre a marzo e coincide con un periodo relativamente piovoso. D'altra parte, in questo periodo la richiesta di calore raggiunge i valori massimi, e si potrebbe pensare all'invio della biomassa direttamente in caldaia, evitandone lo stoccaggio e la manipolazione intermedia. Questo ovviamente può essere fatto solo se si impiegano caldaie in grado di accettare combustibile relativamente umido, se la biomassa fresca è miscelata con materiale più asciutto (di altra provenienza), o se l'impianto prevede un pretrattamento per l'abbattimento dell'umidità, magari sfruttando il calore dei fumi di combustione.

Il recupero dei residui di potatura può essere effettuato in diversi modi e con diverse attrezzature. Le tecnologie sicuramente esistono, perché i costruttori di macchine agricole si sono accorti del nuovo mercato offerto dalle bioenergie e stanno dedicando sempre maggiore attenzione a questo settore: buona parte delle macchine sviluppate finora deriva dalla modifica di attrezzature agricole destinate ad altre lavorazioni (generalmente trinciasarmenti o imballatrici) ed è progettata per raccogliere da terra le potature già disposte in andana, condizionandole poi in modo opportuno.

Il cantiere più adatto a ciascun caso dipende da vari fattori, e in particolare da: condizioni del terreno, sesto d'impianto e forma di allevamento, ampiezza delle capezzagne, caratteristiche delle potature. In linea generale si possono citare le seguenti tecniche principali di recupero: imballatura in campo, trinciatura in campo, triturazione o cippatura in capezzagna.

Per garantire una maggiore sicurezza ambientale è preferibile avviare la biomassa ad impianti centralizzati più facilmente controllabili e questo richiede una logistica di movimentazione e trasporto particolarmente efficiente.

Le proprietà afferenti alle Cantine Sociali trentine (ad eccezione di qualche circoscritta porzione di territorio) sono generalmente caratterizzate da un'elevata frammentazione, che complica i problemi già posti dalla forma di allevamento e dalla generale mancanza di spazi per la manovra dei mezzi e per lo stoccaggio del materiale. Questo impone il ricorso a macchine compatte, capaci di entrare sotto la pergola e condizionare il sarmento direttamente nel vigneto, da cui la biomassa deve uscire già compattata e facilmente manipolabile. Un'ulteriore difficoltà procurata dalla frammentazione è rappresentata dalla difficoltà nell'organizzazione della filiera: la gestione della raccolta effettuata da un unico grosso proprietario è certamente più semplice rispetto ad un insieme di piccoli proprietari conferitori, che devono venire in primo luogo convinti dalla Direzione della Cantina della convenienza economico-ambientale rappresentata dalla nuova pratica, operazione dall'esito non sempre scontato.

Come evidenziato dai dati 2010 della CCIAA di Trento, da cui la seguente trattazione prende spunto, la forma di allevamento prevalente è rappresentata dalla tradizionale "pergola trentina" (circa 78%) nella variante semplice (ad un'unica ala) o doppia (a due ali opposte). Di più recente introduzione ed in via di diffusione in occasione dei rinnovi di vigneti sono le forme di allevamento a parete verticale (Guyot, spalliera, ecc.) che attualmente interessano il 22% circa della superficie coltivata. Le superfici vitate risultano dislocate per il 39% in fondovalle, per il 41% in collina e per il 20% in montagna.

Nonostante il numero di aziende viticole rilevato negli ultimi Censimenti sia in costante riduzione, si può, tuttavia, ritenere sostanzialmente stabile il numero di aziende che in Trentino sono professionalmente interessate alla produzione di uva destinata alla vinificazione per il commercio. I dati relativi al 2010 indicano, infatti, in 8.449 unità le aziende che coltivano la vite per la produzione di vino destinato al commercio. L'elevato numero delle aziende viticole evidenzia come la coltivazione della vite sia **estremamente frazionata** e interessi spesso una superficie aziendale molto ridotta. Ciò è dovuto alla diffusa presenza di aziende a conduzione "part-time", ma anche alla limitata disponibilità di superfici sul mercato e all'elevato valore dei terreni vitati, fattori questi che spesso condizionano le possibilità di ampliamento della superficie aziendale. La superficie vitata media aziendale in Trentino è pari a 1,20 ettari, valore simile a quello riscontrato nella precedente rilevazione del 2005 (1,17 ha). I dati relativi alla superficie vitata aziendale rilevati in occasione dei Censimenti generali dell'agricoltura evidenziano tuttavia, nel lungo periodo, la tendenza ad un progressivo aumento della superficie media delle aziende viticole trentine.

Ad ostacolare potenzialmente l'attecchimento di prassi innovative nella conduzione dei vigneti (es: raccolta dei sarmenti a fini energetici), esiste inoltre un problema demografico dovuto all'innalzamento dell'età dei viticoltori. Nel breve periodo dal 2005 al 2010 l'età media dei viticoltori trentini si è innalzata da 58 a 61 anni. In particolare la percentuale di conduttori di aziende viticole di età inferiore ai 40 anni è scesa dal 13,6% del 2005 al 9,0% nel 2010. Al contempo, tuttavia, la mancanza di giovani imprenditori agricoli impone un'attenta riflessione e l'adozione di strategie e interventi concreti in grado di attirare nuove forze lavoro in agricoltura.

Mediamente la produzione di vino risulta distribuita fra le diverse categorie di vinificatori come descritto nella [figura 44].

Tali valori evidenziano quanto la realtà cooperativa predomini nel contesto provinciale, rispetto alle singole aziende agricole autonome. A maggior ragione, pertanto, nell'ipotesi di una filiera di raccolta dei sarmenti l'attività di coordinamento ed organizzazione da parte delle cantine sociali nei confronti dei

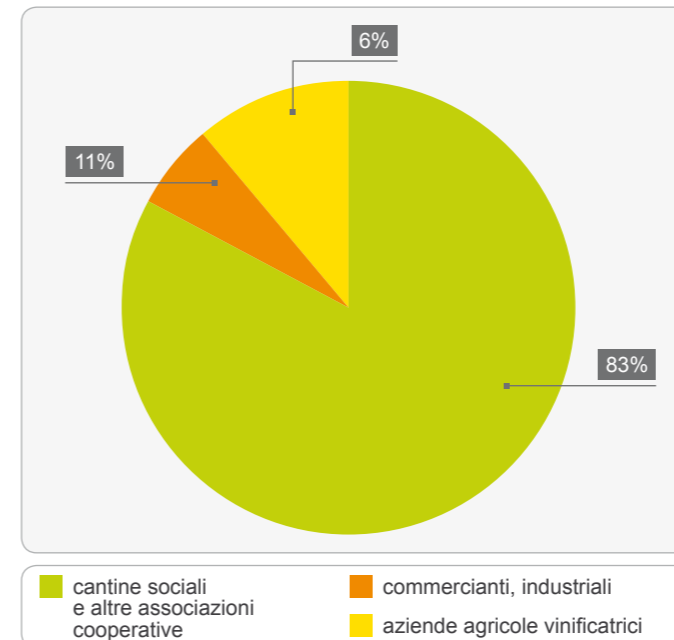


Figura 44. produzione di vino attribuita alle diverse categorie di vinificatori

soci conferitori assumerebbe un ruolo chiave, immediatamente a valle dell'indispensabile fase motivazionale nei confronti dei coltivatori più perplessi. Nell'ipotesi di uno scenario che vedrebbe una cantina sociale approvvigionare di materiale ligneo (derivante dalle potature) un eventuale impianto a biomassa limitrofo, gli oneri contrattuali e gestionali, nonché l'investimento in mezzi di raccolta il cui utilizzo potrebbe ruotare fra i soci aderenti al piano di sfruttamento dei sarmenti, potrebbero essere meglio sopportati a livello centrale.

Per quanto riguarda, invece, le potature da meleti, va chiarito che i quantitativi potenziali sono stati ricavati ipotizzando di poter applicare, a livello teorico, gli analoghi criteri adottati per il settore vite, per il quale - al contrario - gli studi della Fondazione Mach sopracitati avevano effettuato una fase di sperimentazione dedicata in una particolare porzione del territorio provinciale (zona di Avio). È auspicabile, pertanto, che i valori quantitativi ricavati dal presente studio vengano in futuro suffragati da un'attività sperimentale in campo.

Dalle recenti indagini condotte nell'ambito del Progetto Biomassfor, curate dal Research Unit for Forest Monitoring and Management (CRA) al fine di valutare il fabbisogno di legno cippato in Trentino, in relazione agli impianti di teleriscaldamento a biomassa provinciali è emerso il seguente trend di crescita per quanto riguarda:

- la potenza termica a cippato installata
- il fabbisogno di cippato
- l'approvvigionamento di cippato dalle segherie, che però è percentualmente in decrescita, ad indicare che la domanda si sta rivolgendo sempre di più anche ad altre provenienze tipologiche (in particolare vi è un aumento dello sfruttamento dei residui dalle operazioni di taglio in bosco).

¹⁴ Nella posta (o stabulazione) fissa gli animali occupano sempre lo stesso spazio e sono legati ad una rastrelliera.

¹⁵ Per rimonta si intendono i capi più giovani non ancora in fase produttiva, in attesa di subentrare a quelli che giungeranno all'età prevista per la sostituzione.

Tali considerazioni consentono di ipotizzare uno scenario che vede destinate le biomasse da potatura ad integrare l'approvvigionamento della biomassa legnosa attualmente impiegata per gli impianti di teleriscaldamento. La diversificazione delle fonti di biomassa legnosa impiegabile nelle centrali a cippato è una soluzione da accogliere positivamente, per svariati motivi:

- gli scarti agricoli presentano uno *status* di scarto (valorizzabile come sottoprodotto) non evidente come lo scarto legnoso di segheria, ma sicuramente non incerto come quello boschivo; nascono in un contesto aziendale organizzato, basato su lavorazioni periodiche e pianificabili, orientato alla produzione di un prodotto principale che rimane il core business (che ha senso sostenere in epoca di crisi con nuove pur modeste entrate da sottoproduzioni), per aziende logisticamente meglio collocate rispetto ai boschi, con personale a regime e macchine in dotazione.
- prevedendo ovviamente la miscelazione dello scarto agricolo con il cippato tradizionale, la meccanica delle centrali per i motivi di tolleranza non dovrebbe presentare difficoltà.
- il comparto delle segherie, per motivi congiunturali, sembra presentare un calo di produttività che già si ripercuote (e potrà farlo ancora per un lungo periodo) sui quantitativi di scarto destinato alle centrali a biomassa. Appare pertanto azzardato ripiegare eccessivamente sui residui dalle operazioni di taglio in bosco, proprio perché tale attività potrebbe risentire negativamente delle difficoltà del settore delle prime e seconde lavorazioni.
- nell'ottica di rispettare i principi della "filiera corta", la diversificazione delle fonti consentono indubbiamente maggiore agio in fase di approvvigionamento.

Oltre alle considerazioni sopra riportate, è doveroso richiamare, tuttavia, le incertezze legate ai problemi di stoccaggio derivanti dalla stagionalità che caratterizza le biomasse derivanti dalle operazioni di potatura, nonché la necessità di verificare le eventuali ricadute ambientali - in termini di emissioni - che comportano le variazioni del mix di alimentazione rispetto alle percentuali per le quali l'impianto è stato concepito, al fine di calibrare al meglio le regolazioni dei processi e le miscele di biomassa.

3.1.3 REFLUI ZOOTECNICI

La consistenza delle aziende zootecniche trentine è stata illustrata nei capitoli precedenti (in particolare modo è stato analizzato il contributo dei bovini da latte, la quota parte nettamente più significativa in ambito provinciale). Tra le varie considerazioni è emerso come le realtà aziendali si presentino mediamente di piccole dimensioni, costringendo ad ipotizzare scenari di filiera che prevedono impianti consortili di digestione anaerobica, in modo tale che la taglia di tali impianti risulti economicamente sostenibile.

Per quanto riguarda gli allevamenti da latte, pertanto, le aziende di piccole dimensioni sono gestite tendenzialmente a letame con posta fissa ¹⁴, sia per gli animali in produzione che per la rimonta ¹⁵, con uso di paglia e/o segatura a scopo di lettiera. I reflui vengono allontanati dall'ambiente stalla giornalmente e stoccati in spazi dedicati (concimaie), costituiti da vasche chiuse su 3 lati, accessibili con mezzi meccanici, servite da pozzettoni per la raccolta del liquido di sgrondo, talvolta coperte. La capacità, in genere, consente uno stoccaggio dei reflui almeno di 4 mesi. Il refluo derivante da queste aziende può essere definito "palabile" ¹⁶, con un tenore medio di umidità dell'85%.

¹⁶ Secondo il D.M. 7 aprile 2006 un effluente di allevamento è definito "palabile" quando è in grado, se disposto in cumulo su platea, di mantenere la forma geometrica che gli è stata conferita.



Gli allevamenti da latte di medie-grandi dimensioni (> 25-30 UBA, ovviamente rapportato alla realtà di montagna) mediamente sono: a stabulazione libera su cuccetta con grigliato, gestite a liquame per quanto riguarda gli animali in produzione, mentre la rimonta è allevata in recinti con lettiera permanente (paglia); i reflui palabili sono asportati periodicamente e stoccati nelle concimaie. La lettiera utilizzata nelle cuccette (paglia o segatura) viene stesa esclusivamente negli spazi dove gli animali in produzione vanno a coricarsi; le corsie di transito e di alimentazione (dove gli animali sporcano) sono invece site su grigliato ed i reflui cadono in fosse terminando, per gravità, in apposite vasche a tenuta stagna dimensionate per la raccolta di reflui prodotti nell'arco di 4-6 mesi. Questi reflui sono fluidi, con un'umidità superiore al 90%. La maggior parte delle vasche sono interrate e chiuse anche nella parte superiore. Alcune aziende gestite a liquame sono dotate di un separatore solido/liquido che permette di ottenere una frazione solida e una chiarificata, migliorando la gestione dei reflui.

I pochi allevamenti di bovini da carne presenti in Provincia (i più grossi sono presenti nelle Giudicarie, nella zona di Avio e a Mezzocorona) sono gestiti a stabulazione libera su grigliato senza uso di lettiera; anche in queste realtà i reflui vengono raccolti in vasche a tenuta stagna, coperte e non.

3.1.4 SCARTI DA CANTINE E DISTILLERIE

Le cantine

Come già evidenziato in precedenza, più dell'80% della produzione di vino trentino è da attribuirsi a cantine sociali ed altre associazioni cooperative (dato CCIAA TN, 2011). La produzione di vino in provincia di Trento ammonta mediamente a circa 800.000 ettolitri annui, rappresentati per il 60% circa da vini bianchi e per il 40% circa da vini rossi e rosati. Inoltre, la produzione di vini trentini si avvale del marchio DOC per l'85% della produzione. Il nuovo regolamento comunitario che a partire fino al 2011 propone un premio per l'abbandono definitivo su base volontaria consolida la tendenza alla conversione delle colture legnose riducendo il vigneto comunitario di 175.000 ettari nei prossimi tre anni. In controtendenza, rispetto alla situazione generale in provincia di Trento le domande di abbandono sono dimezzate rispetto agli anni passati e la superficie coltivata è pressoché stazionaria. Per quanto riguarda il prodotto a DOC/DOCG, il Trentino, nel 2010, così come per l'anno 2009, si pone in controtendenza con la contrazione produttiva delle regioni settentrionali rimanendo sulla media produttiva degli ultimi 5 anni (726mila ettolitri). Il rapporto uve bianche e nere sale a quasi il 70% a favore delle prime consolidando un trend oramai più che decennale. Il rapporto uve bianche e nere sale a quasi il 70% a favore delle prime consolidando un trend oramai più che decennale. Per quanto riguarda i consumi, cresce in modo significativo l'export italiano, controbilanciando gli effetti negativi della contrazione dei consumi interni.

Sulla base di quanto sopra esposto, non emerge un quadro di particolare contrazione del settore, il che potrebbe spronare - a maggior ragione - ad una sorta di atteggiamento volto ad innovare la filiera, puntando anche ad aspetti marginali rispetto ai tradizionali fattori quali/quantitativi, come ad esempio il contenimento dei fabbisogni energetici e dei costi di smaltimento, nonché il perseguimento di strategie maggiormente votate al miglioramento dell'immagine del prodotto in termini di impatto ambientale.

Esistono due sistemi fondamentali di vinificazione: la vinificazione in bianco con l'esclusione delle parti solide (vinacce) della vendemmia e la vinificazione in rosso effettuata in presenza delle vinacce. In una cantina le materie prime che vengono impiegate nei processi enologici sono uva, acqua, altre materie prime

(zucchero, alcol, acqua minerale, ecc.). I principali prodotti, sottoprodotti, rifiuti ed effluenti in uscita sono: vino, residui vegetali (vinacce, raspi), altri rifiuti (fecce), effluenti liquidi di varia natura e relativi fanghi, eventuali imballaggi di scarto.

Dal punto di vista del processo produttivo che origina le biomasse di scarto tipiche del settore, le relative fasi possono essere rappresentate sinteticamente nel seguente modo:

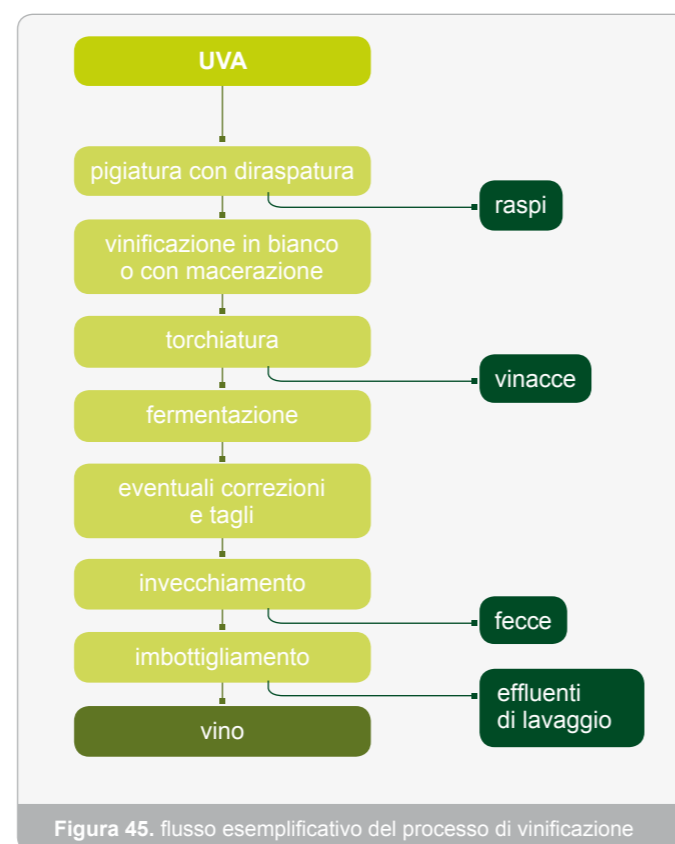


Figura 45. flusso esemplificativo del processo di vinificazione

	vinificaz. in bianco	vinificaz. in rosso
uva intera	100 kg	100 kg
diraspato	94-97,5 kg	94-97,5 kg
pigiato	89-93 L	
diraspa-pigiato	87-88 L	
raspi	2,5-6 kg	2,5-6 kg
mosto di sgrondo		60-70 L
mosto di pressatura		10-16 L
vinaccia dolce pressata		10-16 L
feccia da chiarifica mosto		0,5-1,5 L
volume in fermentazione	110-116 L	78-87 L
vino di svinatura	60-65 L	
vinaccia fermentata sgrondata	16-22 kg	
vino di pressatura	7,3-7,5 L	
vinaccia fermentata pressata	7-11 kg	
vino da affinare e/o pressare	68,5-76 L	63-74 L
feccia	1,5-3 L	0,5-1 L
vino finito	67-73 L	61-72 L

Tabella 45. bilancio di massa del processo di vinificazione

La trasformazione dell'uva in vino presenta ovviamente un forte carattere di stagionalità, principalmente secondo le seguenti fasi ed epoche:

- vendemmia-ammestatura (settembre-ottobre);
- travasi (maggio-giugno);
- imbottigliamento (febbraio-aprile ed ottobre-dicembre).

Per quanto riguarda il bilancio di massa del processo produttivo, la seguente [tabella 31] può fornire un quadro a puro titolo esemplificativo (da "Elementi per la progettazione di una cantina" - Maines 2008).

Lo stoccaggio temporaneo degli scarti solidi e/o palabili (raspi, vinacce, feccia) è un aspetto gestionale molto delicato, in quanto tali matrici, prima dell'effettivo allontanamento dalla cantina, vengono prodotte in discrete quantità ed in tempi relativamente brevi. Le soluzioni generalmente preferite consistono nel predisporre all'interno del piazzale di lavoro un'area appositamente attrezzata con container, cassonetti, serbatoi o platee, possibilmente protetta dalle intemperie mediante, ad esempio, una tettoia.

Per quanto riguarda l'allontanamento degli scarti prodotti, l'indagine effettuata da FEM sui quantitativi 2011 generati dalle cantine sociali consente di evidenziare alcune destinazioni prevalenti, nonché l'impatto economico che tali strategie generano, aspetti che vengono rappresentati dai diagrammi a lato.

1. destinazione vinacce (ton)
2. impatto economico allontanamento vinacce
3. destinazioni raspi (ton)
4. impatto economico allontanamento raspi
5. destinazioni feccia (ton)
6. impatto economico allontanamento feccia

Dai diagrammi emergono le seguenti valutazioni:

- le vinacce sono quasi totalmente destinate alle distillerie e, seppure nel corso degli ultimi anni i compensi per la fornitura di tale sottoprodotto siano sensibilmente calati, per la maggior parte delle cantine sociali costituiscono ancora un contenuto reddito.
- i raspi vengono indirizzati in gran parte a smaltimento come rifiuto, pertanto rappresentano un costo per la totalità delle cantine interpellate.
- la feccia è destinata in gran parte a distillerie extra-provinciali, e non rappresentano un peso sul bilancio delle cantine.

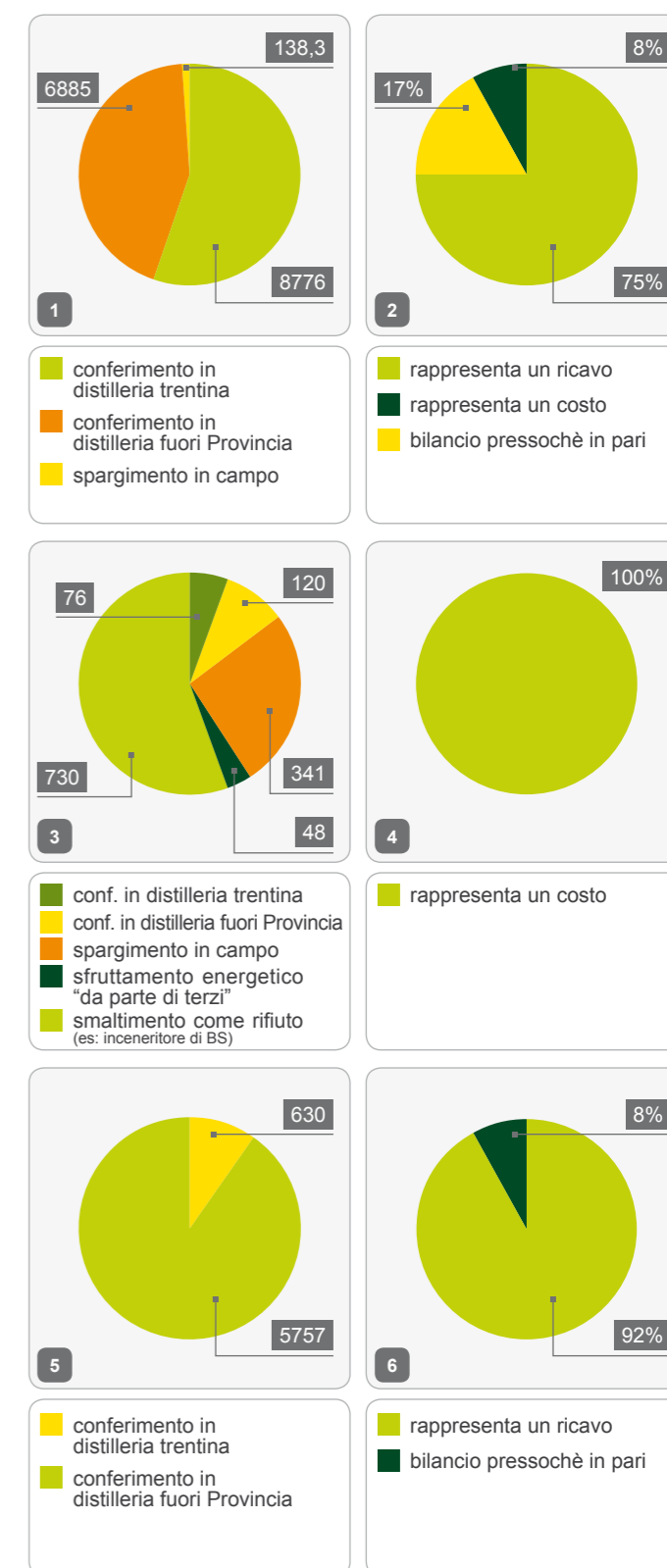


Figura 46. destinazione vinacce, raspi e feccia e relativo impatto economico



Le distillerie

Un documento pubblicato dalla Camera di Commercio di Trento nel 2010 ("Grappa e distillati del Trentino"), fotografa efficacemente il settore e riporta dati riferiti al 2008, ma che consentono comunque di dipingere un quadro esaustivo della relativa filiera: la grappa, secondo l'attuale normativa di riferimento, "è la bevanda spiritosa ottenuta da vinacce fermentate e distillate direttamente mediante vapore acqueo oppure dopo l'aggiunta di acqua e con eventuale aggiunta di feccia" ed è una denominazione riservata esclusivamente al prodotto italiano. Il DPR n. 297 del 16 luglio 1997, inoltre, precisa ancora più chiaramente che "la denominazione grappa è riservata esclusivamente all'acquavite di vinaccia ottenuta da materie prime ricavate da uve prodotte e vinificate in Italia, distillate in impianti ubicati sul territorio nazionale." Le vinacce impiegate per la produzione di grappa sono costituite dall'insieme delle bucce degli acini d'uva, ottenute a seguito della separazione dal mosto. La composizione chimica e le quantità in cui sono presenti gli elementi che compongono le vinacce mutano, a seconda che si tratti di vinaccia fresca o insilata. Durante l'insilamento, tecnica utilizzata per lo stoccaggio e la conservazione delle vinacce, si avviano, infatti, dei processi chimici e biologici che modificano alcuni costituenti della vinaccia. La natura vegetale della vinaccia, e quindi la degradazione dei componenti che ne consegue, pone i distillatori di fronte al problema della conservazione della stessa. A questo riguardo, i distillatori trentini si sono autoregolamentati per limitare i tempi di stoccaggio delle vinacce, procedendo alla distillazione (per la grappa trentina) entro un arco di tempo più circoscritto, non oltre il 25 dicembre. Inoltre, essi hanno messo a punto delle tecniche di conservazione particolari che permettono di mantenere integra la vinaccia, salvaguardandone la componente aromatica, e hanno proceduto al potenziamento dei propri alambicchi, per abbreviare il periodo della distillazione, tutto a vantaggio della qualità finale della grappa. Tale criterio di gestione, determina di conseguenza la tempistica di produzione degli scarti generati dal processo produttivo. La distillazione è la tecnica attraverso la quale, con l'impiego di un apparecchio di distillazione (alambicco), mediante il riscaldamento di un liquido fermentato, si ottengono delle sostanze volatili che una volta ricondensate, tramite il raffreddamento dei vapori, si trasformano in sostanze liquide. Di seguito vengono riportate le principali fasi del processo di distillazione:

1. si procede al lavaggio della caldaia in cui verrà caricata la vinaccia;
2. si carica la caldaia con la vinaccia e l'acqua, in quanto la materia prima deve essere immersa nel suddetto liquido per procedere alla distillazione;
3. si chiude la caldaia, si procede al riscaldamento dell'acqua nell'intercapedine, con l'accensione della fonte di calore, o all'immissione di vapore nella cavità. Dopo circa 40 minuti, quando la vinaccia raggiunge la temperatura di ebollizione, si sprigionano nella caldaia vapori ricchi di alcol e di altre sostanze volatili;
4. i vapori sono convogliati alla base della colonna di distillazione;
5. nella colonna di distillazione i vapori subiscono i processi di disalcolazione (concentrazione dell'alcol) e di deflemmazione (rettifica dei vapori alcolici). Si spingono, in questo modo, verso la sommità della colonna vapori molto ricchi di alcol e di sostanze fini e delicate, che contraddistinguono il prodotto finito;
6. i vapori ricchi di alcol, ma con una concentrazione alcolica non ancora appropriata, vengono convogliati in un condensatore. Il contatto dei vapori caldi, all'interno dei condotti, con l'acqua fredda provoca la loro parziale condensazione, aumentandone in questo modo la concentrazione alcolica;
7. il distillato così ottenuto viene convogliato in una serie di "specule" di controllo della gradazione alcolica. La prima frazione di acquavite, comunemente nota come "testa", ricca

di sostanze poco gradevoli, viene eliminata (gradazione alcolica tra 0 e 80°). La successiva, seconda frazione - il "cuore" - parte più pregiata, viene convogliata nel serbatoio di raccolta (gradazione indicativa tra 80° e 50°). Infine la terza e ultima frazione della distillazione - la "coda" - carica di composti non pregiati viene anch'essa allontanata dal "cuore";

8. terminata la distillazione, si spegne la caldaia e dopo alcuni minuti si procede allo scarico delle vinacce esauste. Si può quindi procedere con una nuova cotta.
- Se il processo di distillazione è svolto correttamente, e in presenza di condizioni adeguate, si può ipotizzare che da 100 kg di vinaccia, si possano ottenere con la distillazione discontinua a bagnomaria circa 9,5 litri di grappa a 40°.

Il diagramma di flusso a pagina seguente fornisce una delle possibili rappresentazioni delle matrici di scarto prodotte nel processo di distillazione [fonte: ENEA].

Da interviste specifiche effettuate da parte di FEM nel 2012 è emerso che alle distillerie trentine vengono conferite prevalentemente in un mix con i raspi, in quanto certe cantine stoccano gli scarti in un unico ammasso, mentre gli scarti in uscita (la vinaccia esausta) vengono gestiti senza separazione delle buccette dai vinaccioli, separati generalmente in seguito presso lo stabilimento a cui vengono conferiti. Dalle distillerie trentine gli scarti non vengono allontanati come rifiuto, ma come sottoprodotto che trova impiego prevalentemente presso un oleificio della Provincia di Verona, che verosimilmente sfrutta i vinaccioli, o presso uno stabilimento di Faenza, che ufficialmente produce mangimi dalle buccette.

Le realtà produttive locali sono ben consapevoli del fatto che le dimensioni medie aziendali ed i problemi legati alla stagionalità (e quindi allo stoccaggio dei materiali) non consentirebbero soluzioni impiantistiche autonome ma costringerebbero alla creazione ed all'organizzazione di una sorta di "filiera" degli scarti, che alimenti eventuali impianti consortili/associativi.

Inoltre, tali soluzioni non appaiono in contrasto con le analoghe intenzioni caldegiate dai protagonisti del settore delle cantine, anch'essi interessati a sfruttare l'opportunità della valorizzazione energetica degli scarti. Come precedentemente evidenziato, infatti, solo metà della materia prima trasformata dalle distillerie locali proviene da cantine provinciali, ma, soprattutto, solo metà della vinaccia in uscita dalle cantine è destinata alle distillerie trentine. Il quantitativo di vinacce attualmente esportato fuori Provincia, pertanto, potrebbe essere sfruttato energeticamente dalle cantine, senza intaccare così i quantitativi da destinarsi alle distillerie, conservando, pertanto, la sostenibilità del comparto.

Da un'indagine svolta proprio dalla Camera di Commercio di Trento (tramite l'Osservatorio delle Produzioni Trentine e l'Agenzia delle Dogane), al 2008 le distillerie trentine erano 41 e nel comparto operavano 266 addetti, di cui 171 direttamente impiegati nell'attività di distillazione e altri 95 nell'imbottigliamento/trasformazione del prodotto.

Nel contesto specifico delle distillerie, 21 delle aziende interpellate si collocavano nella classe dimensionale da 1 a 4 addetti, a sottolineare la dimensione contenuta delle stesse e la natura prevalentemente artigianale dell'attività ivi svolta. Le dimensioni strutturali delle unità trentine non si discostano dal dato medio nazionale (5 addetti per unità locale) secondo le risultanze di uno studio di settore, condotto nel 2007, che individua nella piccola dimensione l'elemento caratterizzante delle imprese che distillano grappa.

Scendendo a un grado maggiore di dettaglio e considerando la dimensione delle distillerie (numero di addetti), è interessante ri-

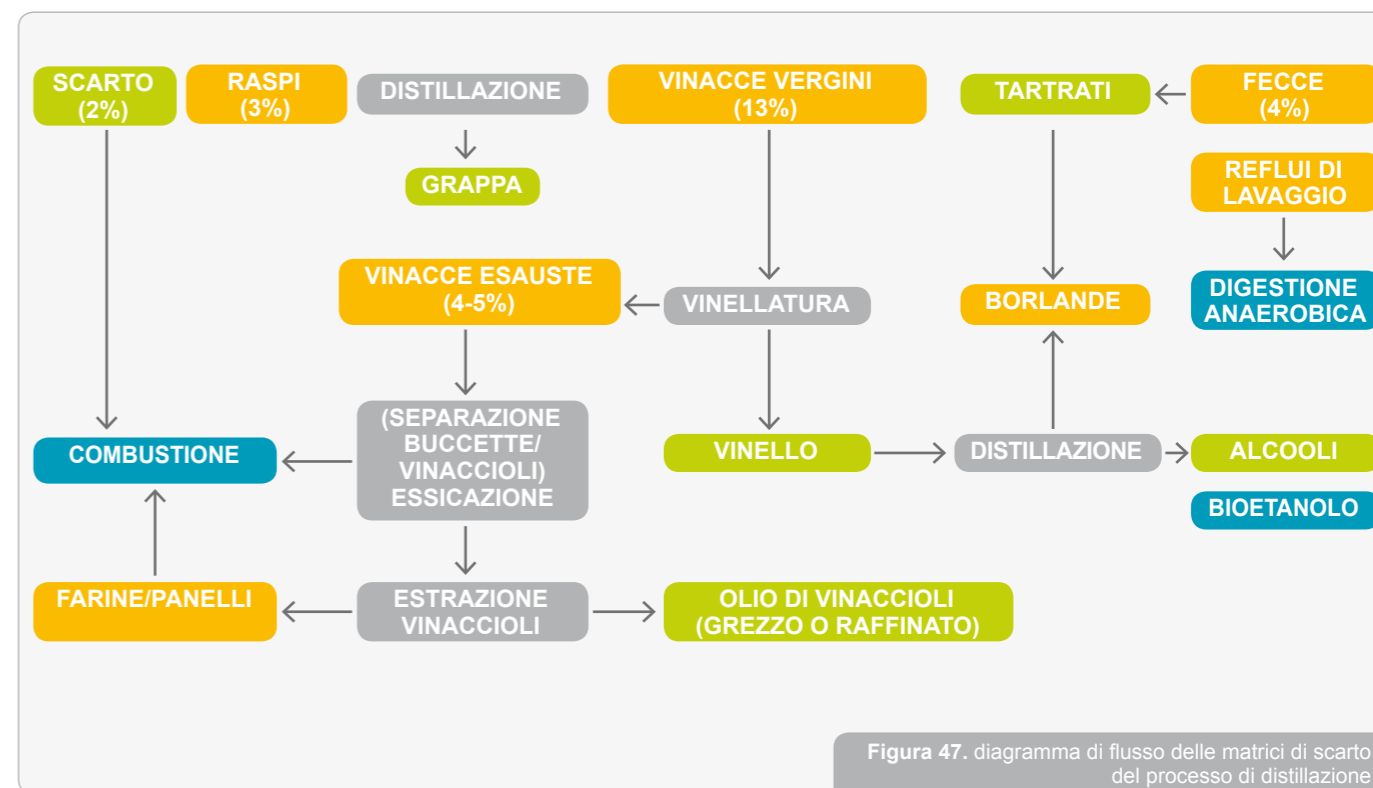


Figura 47. diagramma di flusso delle matrici di scarto prodotte nel processo di distillazione

levare come le micro-imprese di distillazione, ovvero quelle che impiegano da 1 a 4 addetti, e che corrispondono a oltre il 77% delle aziende considerate, producano più del 34% della grappa trentina, mentre un ulteriore 16,5% è prodotto da imprese che non superano gli 8 addetti. Si tratta delle stesse classi dimensionali per le quali la produzione di grappa non trentina ha un peso del tutto marginale, rispettivamente lo 0,88% e lo 0,15% della produzione totale di tale grappa. Parte della rimanente grappa trentina è prodotta anche da unità produttive che si collocano nella classe dimensionale dagli 11 ai 20 addetti e in quella superiore alla soglia dei venti addetti.

3.1.5 SCARTI LATTIERO-CASEARI

La trasformazione del latte riveste grande importanza economica per la provincia di Trento. L'utilizzo del latte rappresenta una componente importante sia dell'economia agricola, sia delle tradizioni socio-culturali della popolazione rurale locale. Nel 1897 erano circa 240 le latterie sociali turnarie trentine (società di fatto) che producevano burro e formaggi magri. Negli anni 1909 - 1918 nacquero i primi Caseifici a gestione cooperativa sparsi sul territorio provinciale, in quanto la legislazione di un tempo concedeva le sovvenzioni sia statali che provinciali solo a latterie o caseifici sociali, costituiti in forma di consorzi economici a gestione cooperativa. Nel 1951 nacque il Consorzio dei Caseifici Sociali e dei Produttori latte Trentini (CON.CA.S.T.) come Consorzio di 2° grado tra i Caseifici Sociali del Trentino, per affrontare e gestire le problematiche comuni del settore.

Nel 1973 venne costituito un Consorzio tra i produttori di formaggio Grana, denominato TRENTINGRANA, con lo scopo di promuovere la commercializzazione di questo prodotto. Inizialmente i Caseifici Sociali associati erano tenuti a conferire una parte della produzione, poi, dal 1983 l'obbligo di conferimento è diventato totale.

Nel 1993 è avvenuta la fusione dei due Consorzi in un'unica società denominata Trentingrana - CON.CA.S.T. s.c.a.r.l. (ad oggi Trentingrana - Consorzio dei Caseifici Sociali Trentini s.c.a.). Il Consorzio così costituito, ha svolto e svolge tuttora diverse funzioni relative al settore lattiero-caseario della provincia di Trento le cui principali attività operative, sono le seguenti:

- analisi del latte e prodotti lattiero-caseari;
- assistenza tecnica alla produzione;
- stagionatura e commercializzazione del formaggio Trentingrana e degli altri prodotti lattiero-caseari dei Caseifici associati;
- produzione e commercializzazione di burro e siero in polvere.

Nella sede legale ed amministrativa del Consorzio avviene anche la produzione di burro e siero in polvere, oltre ad attività di commercializzazione.

Ad oggi i caseifici sociali che raccolgono e trasformano il latte di circa mille allevatori, sono 17.

La politica di progressivo accentramento sopra descritta (come già indicato nel paragrafo dedicato alla quantificazione degli



scarti di processo, il Consorzio rappresenta la parte più rilevante della produzione provinciale), delinea una conformazione del settore lattiero-caseario tale da indurre a considerare poco significative le realtà decentrate, in particolare ai fini di definire strategie di sfruttamento energetico degli scarti.

Soltanto una struttura aziendale non facente parte del Consorzio presenta attualmente volumi produttivi di una certa entità; essa produce principalmente paste filate, ricotta, formaggi freschi ed altri prodotti di nicchia. Lo stabilimento è situato in prossimità della sede del Consorzio, pertanto potrebbe essere valutata la possibilità di indirizzare ugualmente gli scarti di produzione al medesimo sito.

3.1.6 SCARTI DI PRODUZIONE AGROINDUSTRIALE

Come già precisato nei paragrafi precedenti, l'analisi del settore della trasformazione agroalimentare necessita di indagini specifiche che nel presente studio non sono state condotte. Si rimanda, pertanto, a successive fasi di approfondimento anche la descrizione delle filiere che originano gli scarti potenzialmente sfruttabili.

3.1.7 RIFIUTI BIODEGRADABILI: FRAZIONE ORGANICA DEI RIFIUTI SOLIDI URBANI (FORSU), FANGHI DI DEPURAZIONE, VERDE URBANO

Attualmente, i fanghi generati dagli impianti provinciali di depurazione delle acque reflue vengono in gran parte destinati - previa disidratazione - ad essiccamento (poco meno del 60% nel 2010, equivalente a circa 30 000 t). Tale processo, notoriamente molto energivoro, avviene nei due impianti provinciali esistenti di Rovereto e Villagnedo, mentre la restante parte è indirizzata in parte ad impianti di compostaggio (prevalentemente in Veneto - province di Verona e di Rovigo - ed in misura minore in Lombardia - provincia di Mantova), ed in minima parte direttamente in discarica. Lo smaltimento dei fanghi essiccati avviene prevalentemente attraverso gli stessi impianti di compostaggio e, per piccole quantità, in cementificio o in discarica. Tale pratica

risulta assai dispendiosa, e l'ammontare dei costi di trasporto sommati alle spese di trattamento, smaltimento e recupero ha superato abbondantemente, nel 2010, i 7 milioni di euro [fonte: PAT].

Una piccola parte (10 000 t/anno tal quali) viene già attualmente impiegata per la produzione di energia: attraverso fermentazione anaerobica, produzione di biogas e successiva combustione in turbina negli impianti di depurazione di Trento e Rovereto si ottiene energia elettrica e calore. Le caratteristiche degli impianti di Trento e Rovereto: quello del capoluogo ha una potenza di 90 kWe complessivi, ripartita su tre turbine da 30 kWe ciascuna (costo di installazione 1500 €/kWe); quello di Rovereto è appena entrato in funzione (inizio 2013) ed è dotato di due turbine da 200 kWe ciascuna. A regime riuscirà a trattare circa 15 000 t di fanghi all'anno. Nello stesso sito è previsto anche il trattamento della FORSU (digestore anaerobico ad umido) proveniente dall'area cittadina di Rovereto (circa 5000 t/anno), con la produzione di biogas che andrà ad alimentare altre turbine elettriche (separate).

Presso l'impianto di Levico è in corso la sperimentazione di un nuovo sistema di trattamento delle acque reflue, attraverso l'impiego di nuovi ceppi di batteri, che permetterebbero di ridurre del 20% circa la produzione complessiva di fanghi, con conseguenti risparmi economici.

Per l'impiego dei fanghi essiccati che attualmente non trovano ancora una collocazione, se non lo smaltimento fuori Provincia, se ne prevede il conferimento presso un cementificio presente sul territorio provinciale, per sottoporli ad un processo di combustione, anche allo scopo di limitare le distanze e quindi i costi di trasporto; questa soluzione non ha però ancora trovato applicazione, in quanto la richiesta dell'azienda destinataria della matrice è al vaglio del Servizio di Valutazione d'impatto ambientale, per cui la Provincia Autonoma di Trento sta inviando il materiale verso un altro impianto extraprovinciale (Provincia di Pavia).

Per quanto riguarda la FORSU, al momento della redazione del presente documento, risulta recentemente avviato il primo grande impianto provinciale per il trattamento della FORSU, che sarà alimentato da più di 25.000 t/anno di materiale (circa la metà del quantitativo totale provinciale). Tale impianto produrrà più di 3 milioni di m³/anno di biogas e sarà dotato di una linea di compostaggio del digestato. Per tale fase di processo, l'impianto riceverà inoltre il necessario materiale strutturante (verde urbano) per un quantitativo di 8.500 t/anno (anch'esso pari a circa la metà del totale provinciale). L'attivazione dell'impianto costituisce un precedente estremamente significativo per la Provincia di Trento, che fino ad oggi indirizzava la frazione organica dei rifiuti solidi urbani a destinazioni extra-provinciali, comportando notevoli costi. Presso Rovereto è inoltre attivo un impianto di compostaggio della FORSU, che tratta circa 10.000 t/anno, oltre ad essere in fase di ultimazione presso il depuratore cittadino un impianto di digestione anaerobica, che sarà alimentato da altre 5.000 t/anno, in co-digestione con i fanghi di supero della depurazione delle acque reflue urbane.

La raccolta differenziata del verde e delle ramaglie è prevalentemente effettuata presso il centro di raccolta, oltre al sistema stradale adottato da un solo Ente Gestore e la raccolta domiciliare promossa per Trento e Rovereto.

Purtroppo, ad oggi, i dati descrittivi circa lo stato dell'arte della raccolta differenziata attuata sul territorio provinciale non sono disponibili sotto forma di relazione articolata; il Piano Provinciale di Smaltimento dei Rifiuti nella sua veste più aggiornata risale, infatti, all'anno 2006 e pertanto i dati più recenti ai quali si riferisce riguardano il 2005. Da tali dati si potrebbe evincere le modalità di attuazione della raccolta differenziata per ogni distretto, che possono variare a seconda dell'ente gestore incaricato per ciascuna porzione del territorio trentino. Una specifica indagine presso ognuno di essi, non effettuata nel presente studio, potrebbe completare il quadro di informazioni necessario per stabilire le migliori strategie di indirizzamento dei rifiuti biodegradabili ai fini del loro sfruttamento.

Recentemente la Provincia di Trento ha diffuso alcuni dati aggiornati sullo stato di avanzamento del Piano Provinciale di Smaltimento dei Rifiuti. I risultati elaborati mostrano un incoraggiante allineamento dei dati di previsione del 2005. La produzione di rifiuti è ormai assestata da diversi anni attorno alle 275.000 tonnellate all'anno, con forte incremento della raccolta differenziata (nel 2005 era di 46,5%, oggi il valore medio provinciale è del 71,3%, con punte dell'85%) e la conseguente contrazione del residuo pro capite da rifiuto urbano (nel 2005 era di 241 kg/abitante, oggi è ridotta a 121 kg/abitante equivalente all'anno). I dati disarticolati sulle varie comunità del Trentino presentano realtà con sostanziali differenze della percentuale di raccolta differenziata sul territorio. Va segnalato che, nelle realtà nelle quali è stata introdotta la raccolta porta a porta e la tariffa puntuale, i risultati sono stati decisamente più elevati.

Il rifiuto urbano residuo a livello provinciale, per effetto della politica di forte incentivazione della raccolta differenziata, è in continuo decremento da 10 anni a questa parte e si può quantificare attorno alle 75.400 tonnellate.

La filiera della raccolta del rifiuto in Trentino si conclude con il conferimento finale del rifiuto urbano residuo presso le discariche: non trascurabile risulta la valorizzazione energetica del

biogas da discarica: la termodistruzione del biogas presso le discariche per rifiuti urbani di Rovereto e Scurelle ha permesso nel 2010 di produrre rispettivamente 8.527 MWh e 1.656,76 MWh di energia elettrica lorda.

La ricognizione aggiornata dei dati relativi alle volumetrie ancora disponibili presso gli otto siti autorizzati di stoccaggio del rifiuto, indicano una situazione estremamente disomogenea, diversificata tra discariche ormai prossime all'esaurimento ed altre con ulteriore capacità di accumulo per i prossimi anni. Ipotizzando le quantità di rifiuto conferite sulla base della proiezione delle percentuali di raccolta differenziata attuali e considerando la volumetria complessiva delle otto discariche attive, i dati confermano che il "sistema Trentino" in termini di capacità complessiva di stoccaggio dei rifiuti risulterebbe prossimo al raggiungimento del livello di criticità attorno al 2020.

3.1.8 CONSIDERAZIONI GENERALI SULL'ORGANIZZAZIONE DI UNA FILIERA DI FORNITURA DI BIOMASSA ¹⁷

L'elemento chiave per un mercato del riscaldamento a biomassa sostenibile e di successo è rappresentato dalla fiducia del consumatore negli operatori e nella filiera nel suo complesso, a partire dall'approvvigionamento della biomassa fino all'installazione di impianti efficienti ed affidabili e alla loro manutenzione e gestione nel tempo. Senza questa fiducia nell'intera catena, il settore dello sfruttamento energetico della biomassa fatterà a competere con i combustibili fossili, per i quali tutti i passaggi sono ormai definiti e facilmente individuabili. I principi base di seguito riportati sono stati maturati con l'esperienza degli impianti di teleriscaldamento a biomassa legnosa, ma sono mutuabili per qualsiasi altra tipologia di impianto e conseguente materiale di approvvigionamento.

Ad eccezione delle situazioni che vedono la singola azienda produttrice dotarsi di un impianto di sfruttamento della biomassa di scarto (caso non troppo frequente, visti soprattutto gli ostacoli burocratici ad oggi esistenti, non ultimo l'obbligo di configurare formalmente l'impianto come un impianto di trattamento rifiuti, malgrado i substrati trattati siano a tutti gli effetti dei sottoprodotti), nel caso di centrali consortili o impianti centralizzati finalizzati allo sfruttamento di matrici provenienti da fonti disparate la più comune forma di collaborazione nella filiera di approvvigionamento è quella tra uno o più fornitori di biomassa e l'utilizzatore finale al fine di assicurare, per uno specifico impianto, una fornitura costante in termini quantitativi, qualitativi ed economici.

Gli accordi per la fornitura di biomassa tra fornitore ed utilizzatore finale hanno lo scopo di garantire sicurezza per entrambe le parti e dovrebbe prendere in considerazione i seguenti aspetti:

Obblighi del fornitore:

- quantità e qualità della biomassa fornita;
- luogo, frequenza e tempi di consegna;
- penali in caso di mancata consegna;
- attrezzature necessarie per la consegna;
- certificazione (rara, se non si tratta di biomassa forestale) o dichiarazione di qualità del combustibile sia in relazione alle caratteristiche di prodotto che ad altre specifiche esigenze (per esempio la distanza massima di trasporto, la provenienza da pratiche ambientalmente sostenibili).

Obblighi per il cliente:

- prezzi e tempi di pagamento;
- accesso al sito/edificio;
- misure di sicurezza;

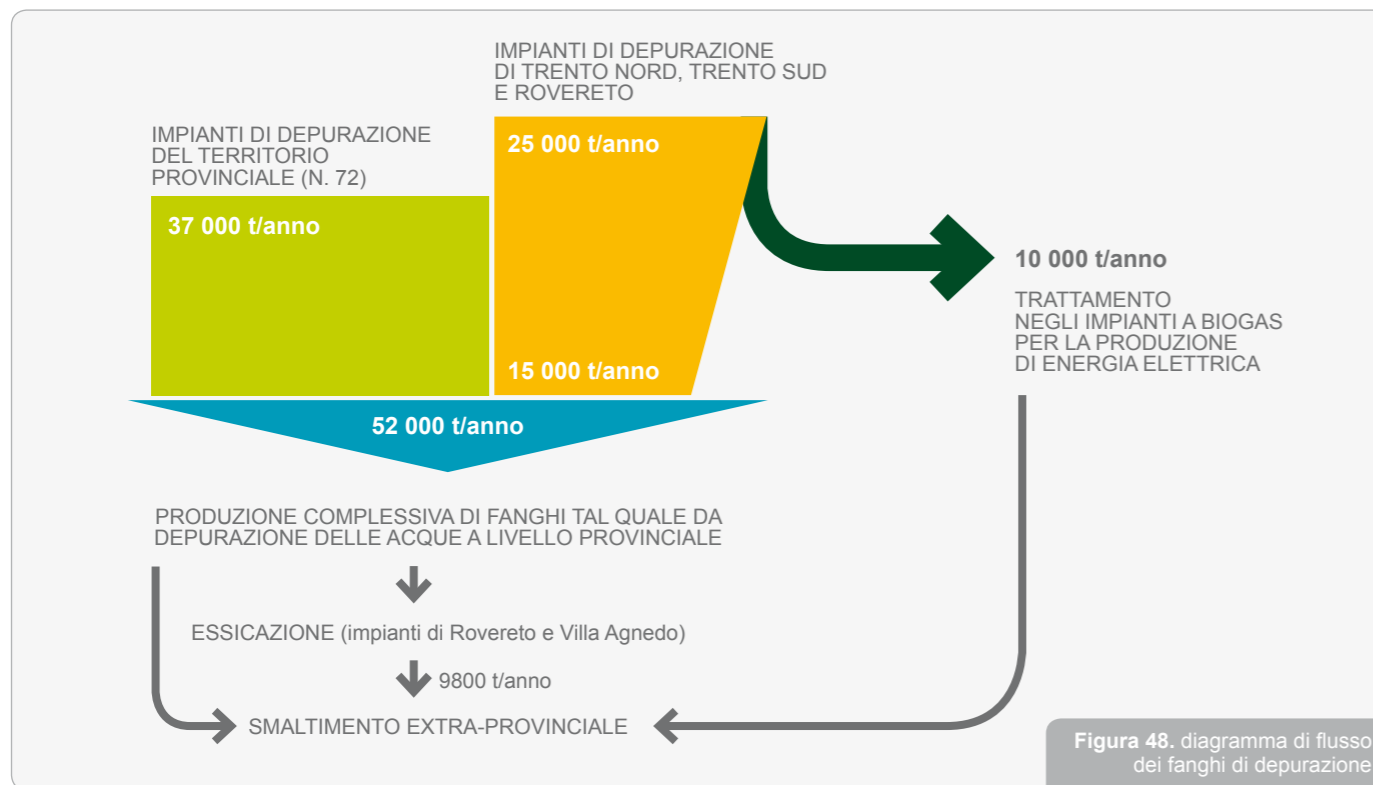


Figura 48. diagramma di flusso dei fanghi di depurazione

¹⁷ Considerazioni e buone pratiche originariamente elaborate dal Comitato Termotecnico Italiano nell'ambito del Progetto FOREST, cofinanziato dal programma Intelligent Energy Europe per le filiere da biomasse di origine forestale, ma trasversalmente applicabili a filiere di altre tipologie di matrici.



- competenze del personale addetto alla gestione della biomassa;
- disponibilità di personale durante la consegna;
- responsabilità della manutenzione delle apparecchiature di rifornimento e misurazione (per esempio contatori, tubazioni, tramogge).

Altri elementi importanti:

- accordi su come concordare le date di consegna (per telefono, per iscritto, quanto tempo prima);
- accordi su come controllare la qualità del combustibile;
- cauzioni, tempi di fatturazione;
- rispetto della legislazione, specialmente in materia di sicurezza.

I contratti per la fornitura devono tenere in considerazione il fatto che la domanda di biomassa cambia anche in funzione delle condizioni climatiche. Negli inverni lunghi e freddi la domanda può essere sensibilmente superiore rispetto ad inverni più miti (come, nel caso di trigenerazione, la domanda può crescere in estati particolarmente torride). In alternativa è meglio definire dei contratti in cui le quantità sono stabilite di volta in volta in base all'andamento climatico stagionale e non una tantum all'inizio del periodo di riscaldamento. Nei paesi di lingua tedesca si utilizzano ad esempio contratti "quadro" che consentono di ordinare la biomassa con maggiore libertà, pur fissando tutti gli altri parametri. Un altro aspetto importante e che dovrebbe essere inserito in un contratto è quello delle quantità minime garantite in consegna e in acquisto; si tratta di un approccio che aiuta da un lato il fornitore (che è sicuro di consegnare come minimo un certo quantitativo di prodotto) e dall'altro il cliente (che è sicuro che qualunque cosa accada potrà ricevere un certo quantitativo di materiale).

La **quantità di biomassa** è generalmente definita in base al peso (tonnellate o, soprattutto in ambito rurale, quintali) o al volume (metri cubi); un'altra possibilità è quella di misurare la quantità in funzione dell'energia termica del combustibile (MWh). In questo caso, poiché il contenuto energetico si calcola considerando altri parametri quali il peso o il volume e l'umidità, dovrebbe essere previsto nel contratto un metodo di misura veloce e semplificato di entrambe le grandezze, nonché un meccanismo di aggiustamento del prezzo in funzione delle variazioni di qualità del prodotto rispetto ad un valore standard concordato.

Nel caso invece la fornitura venga determinata sulla base all'energia prodotta dall'impianto, si rende necessario installare dei contatori, che dovranno essere costantemente controllati e tarati e la cui installazione dovrà essere fatta sulla base di un progetto che tenga conto delle eventuali differenti utenze. Sempre in questo caso si devono considerare anche tutti gli aspetti energetici dell'impianto assicurandosi che ci sia anche un servizio di manutenzione e gestione che garantisca prestazioni costanti nel tempo.

La **qualità della biomassa** è auspicabilmente concordata facendo riferimento a norme tecniche o documenti equivalenti qualora disponibili. In assenza di questi le parti si dovranno comunque accordare su valori precisi di alcune grandezze chimico-fisiche, come ad esempio l'umidità massima, la dimensione media delle particelle, la densità media dello sfuso. I produttori di caldaie generalmente indicano per quale combustibile il loro prodotto è stato progettato, ma questo non accade per tutta la componentistica accessoria (per esempio gli stoccaggio o le apparecchiature di movimentazione interna).

Per quanto riguarda il **prezzo** della biomassa, qualora il fornitore non si avvalga direttamente dell'energia prodotta dall'impianto, esso viene definito generalmente in funzione del contenuto energetico (o del potere metanigeno nel caso di digestione anaerobi-

ca), quindi è necessario tenere conto del contenuto d'acqua (che può essere misurata in loco) e della quantità, in peso o in volume, del prodotto fornito; per esempio il prezzo può essere definito in Euro a tonnellata di prodotto secco.

Inoltre, soprattutto nei contratti di lunga durata, può venire concordato anche un meccanismo di adeguamento del prezzo, mediante indici specifici correlati spesso al costo del combustibile fossile o a quello dell'elettricità, che garantisce una certa stabilità operativa per entrambe le parti e un adeguamento ai valori di mercato.

La **frequenza di consegna** dipende generalmente dalla taglia dell'impianto, dalle dimensioni degli spazi di stoccaggio e dal sistema di movimentazione compresi i mezzi utilizzati per il trasporto. Per certe tipologie di matrici (in genere quelle destinate a produrre biogas) diventa fondamentale ridurre il più possibile i tempi di movimentazione e di stoccaggio temporaneo, al fine di contenere l'impatto odorigeno da esse prodotte a causa delle reazioni di fermentazione che si instaurano all'interno della massa (e che riducono oltretutto il potenziale metanigeno esprimibile nei reattori).

Quando si progetta la **capacità dello stoccaggio**, essa deve essere dimensionata in coerenza con la potenza massima esprimibile dall'impianto (per evitare un sottoutilizzo per periodi eccessivamente lunghi); a tale scopo sono preferibili le soluzioni maggiormente "onnivore", in grado di accettare materiali diversificati a seconda delle stagionalità, proprio perché i quantitativi di matrici di origine non forestale risultano in molti casi soggetti a fluttuazioni nell'arco dell'anno (ci si riferisce, a tal proposito e per il contesto trentino, alla stagionalità di scarti quali i sottoprodotti del settore vitivinicolo o di trasformazione della frutta, nonché le variazioni di rifiuti e reflui civili legate al turismo).

Le soluzioni che prevedono il pretrattamento (essiccazione, pelletizzazione, bricchettatura...) delle matrici consentono maggiore libertà di stoccaggio, assicurando maggiore stabilità alla biomassa, oltre agli obiettivi vantaggi tecnologici.

Il **successo**, inteso come soddisfazione del cliente e del fornitore, di un contratto di fornitura di biomassa dipende da vari elementi concreti. Di seguito si evidenziano quelli più significativi:

- si dovrebbero utilizzare metodi di verifica della qualità della biomassa semplici ma efficienti, utilizzabili in loco;
- si dovrebbe valutare la possibilità di ricorrere alla vendita di calore; rende i controlli più semplici ed aiuta ad evitare contestazioni. Tuttavia è più complessa la definizione del contratto: deve essere prevista l'installazione di contatori di calore e la definizione di un periodo di collaudo delle misurazioni, nonché devono essere definite le competenze circa la manutenzione e la gestione degli impianti;
- nei contratti a lungo termine (per esempio per 5 o più anni) dovrebbe essere definito concordemente tra le parti un indicatore di prezzo correlato a vari parametri di mercato. Questo assicura una maggior stabilità del contratto sia per i fornitori che per i clienti;
- la biomassa dovrebbe avere origine quanto più possibile locale. Questo aumenta la sicurezza di approvvigionamento e comporta indubbi vantaggi ambientali con conseguente maggior accettabilità da parte della popolazione;
- si dovrebbe fare riferimento il più possibile alle norme tecniche che definiscono le caratteristiche della biomassa, qualora disponibili.

Più imprenditori agricoli interessati al settore possono riunirsi in **consorzi, cooperative o altre forme associazionistiche** con lo scopo di condividere risorse, personale specializzato, macchinari ed investimenti, che per il singolo operatore possono risultare

insostenibili, per raccogliere la biomassa generata. Queste organizzazioni potrebbero a loro volta creare accordi di fornitura con un singolo grande impianto o con più impianti di medio-piccole dimensioni, acquistare da terzi la biomassa al fine di spuntare prezzi più convenienti grazie ai volumi richiesti, o addirittura affittare nuovi terreni o organizzarsi per raccogliere biomassa da fonti esterne all'associazione e offrire servizi a terzi. Un ulteriore vantaggio offerto da questo schema è che la filiera è molto corta e la remunerazione derivante dalla vendita del prodotto finale a terzi rimane a livello locale.

Le società che operano nella parte finale della filiera biomassa-energia, in cui il ruolo principale è in carico all'impianto, sono generalmente costituite da **accordi tra costruttori** di impianti e/o di componentistica e attrezzature connesse, distributori/concessionari, installatori e clienti finali. Oltre alla fornitura e all'installazione di apparecchiature e impianti spesso alcuni operatori possono fornire anche servizi post-vendita, compresa la manutenzione, la gestione termica/elettrica o la formazione del personale del cliente.

L'**assistenza** costante così come una **manutenzione** regolare sono elementi chiave per ottimizzare il rendimento dell'impianto, sia dal punto di vista economico e ambientale, sia per allungarne la vita media e prevenire eventuali guasti. Per processi biologici (digestione anaerobica), inoltre, è necessario un monitoraggio continuo per garantire la costanza dei parametri che influenzano l'attività dei microrganismi coinvolti.

La legislazione inoltre spesso prevede ispezioni cadenzate per garantire sia la sicurezza dell'impianto che le prestazioni energetiche e ambientali. Per facilitare la buona riuscita di un contratto di assistenza e manutenzione, si suggerisce di:

- verificare l'esistenza di contratti "tutto incluso-full service", spesso preferibili, in quanto costituiscono delle valide soluzioni per assicurare una miglior efficienza e operatività; in questi casi però è necessario prestare particolare attenzione ai termini contrattuali spesso molto complessi e articolati;
- verificare la possibilità di includere nel servizio anche la manutenzione e l'assistenza su tutta la componentistica e impiantistica presente presso il cliente (sistemi di controllo, impianti idraulici ed elettrici, ecc.);
- preferire, a pari garanzie e condizioni, fornitori geograficamente vicini all'impianto.

Una possibile soluzione per evitare gli elevati investimenti iniziali che richiede la realizzazione di un impianto a biomassa rispetto ai concorrenti a gasolio o gas naturale è lo strumento del **"contratto energia"**. Esistono, infatti, delle società chiamate **ESCO** (Società di Servizi Energetici) che investono, acquistano e gestiscono l'impianto termico al posto dell'utente e vendono a quest'ultimo solo l'energia utilizzata calcolata fatturando i kWh consumati. È una soluzione sempre più diffusa sia nel settore pubblico (ospedali, comunità, edifici pubblici) sia nel settore privato (industriale o civile). Ovviamente il punto critico anche di questa tipologia di servizio è la definizione del contratto che deve comprendere le responsabilità e competenze delle parti, le caratteristiche del servizio, le modalità di remunerazione della ESCO e le garanzie che questa può offrire al cliente spesso in termini di miglioramento dell'efficienza o di risparmio di biomassa al pari delle condizioni di comfort offerte. La durata del contratto generalmente varia tra 5 e 15 anni. L'approccio al servizio energia dovrebbe essere facilitato se la ESCO con cui si sigla l'accordo presenta determinate caratteristiche. In Italia ad esempio esiste una norma tecnica, la UNI CEI 11352 "Gestione dell'energia. Società che forniscono servizi energetici (ESCO). Requisiti generali e lista di controllo per la verifica dei requisiti", che individua le principali caratteristiche che tali società devono possedere e aiuta a selezionarle valutandone la qualità quando si ricevono più proposte.

3.2 TECNOLOGIE DI UTILIZZO DELLE BIOMASSE PER LA PRODUZIONE DI ENERGIA

3.2.1 LE BIOMASSE DI ORIGINE FORESTALE

I biocombustibili di origine forestale possono essere utilizzati sia per la produzione di energia termica (più frequente) sia per la produzione di energia elettrica o in impianti combinati (cogenerativi). Possiamo distinguere, a seconda della potenza installata, generatori di piccola-media taglia, generalmente per usi domestici, e generatori di taglia medio-grande per il settore industriale e terziario.

Gli impianti di piccola media taglia sono utilizzati per il riscaldamento di uno o più ambienti e/o per la produzione di acqua calda sanitaria (stufe, termocamini, caldaie). Invece, gli impianti di taglia media-grande sono in genere caldaie (a letto fisso o mobile) dove il controllo del processo di combustione è più avanzato rispetto agli apparecchi per il residenziale. Questi impianti sono in grado di accettare diversi tipi di combustibile con caratteristiche eterogenee (pellets, cippato, legna, bricchette, etc.); possono venire utilizzate anche biomasse con tenori di umidità elevati (seppure a scapito dell'efficienza). Con l'utilizzo di biocombustibili a basso tenore di umidità (circa 20%) i rendimenti risultano superiori all'80%, mentre possono scendere fino al 70% con l'impiego di biomasse legnose ad elevato tenore di umidità (circa 50%).

I costi delle caldaie sono molto variabili principalmente in funzione delle accortezze tecnologica e della qualità costruttiva. Le medie taglie (1-2MwT) variano dai 30.000 ai 500.000 €/kWt mentre i costi si abbassano attorno ai 200.000 €/kWt aumentando la taglia.

3.2.1.1 STUFE A LEGNA, PELLETS E CIPPATO DI PICCOLA-MEDIA TAGLIA

L'utilizzo di generatori di calore a biocombustibili in ambito residenziale è legato al riscaldamento e/o alla produzione di acqua calda sanitaria. Per il riscaldamento, oggi si trovano in commercio diversi tipi di stufe, a legna, cippato o pellets, di nuova generazione che garantiscono alte efficienze e basse emissioni grazie ad una combustione controllata.

Le **stufe a legna ad alta efficienza** arrivano a rendimenti del 60-70%, e garantiscono una combustione pulita grazie al controllo dell'aria in ingresso, e ad una seconda immissione di aria che aiuta a completare la combustione dei composti volatili ancora presenti nei fumi. Inoltre sono ben isolate, e questo garantisce temperature di combustioni ottimali.

Le **stufe ad ole**, generalmente composte da materiale refrattario e maiolica, rilasciano più calore e meno composti inquinanti rispetto alle altre tipologie di stufe. Sono costituite da un focolare e da una massa muraria piuttosto importante, che è attraversata da un serpentina in materiale refrattario in cui transitano i fumi caldi prima di uscire in atmosfera. Questo tipo di impianto richiede molte meno cariche di legna rispetto alle altre stufe. Il calore prodotto in camera di combustione, dove si raggiungono generalmente temperature di 1000-1200°C, viene trasferito alla massa muraria della stufa dai fumi caldi che la attraversano, e poi ceduto all'ambiente circostante molto lentamente. Questo tipo di impianto rilascia il calore immagazzinato in un tempo variabile tra le 12-20 ore e raggiunge rendimenti vicini al 90%. Per le sue caratteristiche però non è adatta ad essere installato in ambienti che si vuole riscaldare velocemente.

Oltre alla soluzione della stufa installata in casa per riscaldare uno o più ambienti, esistono le caldaie a legna a gassificazione da installare in locali separati, perché piuttosto ingombranti, che garantiscono ottime prestazioni ed emissioni controllate.



Le **stufe a pellets** sono una tecnologia nuova, che si è diffusa piuttosto velocemente in molte regioni, ma che in trentino stenta a prendere piede. La ragione risiede sicuramente nel fatto che qui c'è un'ampia disponibilità di legname che viene fornito a poco prezzo alle famiglie residenti.

Le stufe a pellets sono dispositivi simili a quelle a legna, adibite al riscaldamento degli ambienti e funzionanti con un combustibile solido. Tecnicamente, il pellet è un materiale molto omogeneo per caratteristiche dimensionali ed energetiche e tale da consentire una regolazione precisa della caldaia e dei suoi diversi parametri. Inoltre, poiché il comportamento del pellet è del tutto simile a quello di un liquido, l'approvvigionamento, oltre che in semplici sacchi, può avvenire anche tramite un'autobotte che pompa direttamente il combustibile nel serbatoio d'accumulo. Le stufe a pellets possono variare dai 2 fino agli oltre 12 kW di potenza, e sono tutte dotate di un vano per il caricamento dei pellets di capacità variabile in funzione della taglia dell'impianto. Generalmente è sufficiente una carica giornaliera nei giorni di pieno utilizzo. Grazie alla combustione quasi completa, questi impianti garantiscono alte efficienze con emissioni molto basse e una produzione esigua di ceneri.

Le caratteristiche che contraddistinguono le stufe a pellets sono: 1. funzionamento automatico a tiraggio forzato grazie ad una ventola che estrai i fumi dalla camera di combustione, 2. accensione tramite resistenza elettrica (necessario quindi collegamento alla rete elettrica), 3. autonomia di funzionamento in base alla capienza del serbatoio; 4. maggiore pulizia del locale di installazione in quanto non necessitano il trasferimento di legna dalla legnaia, e non hanno fuoriuscite di fumi nell'ambiente in cui si trovano in quanto lavorano in depressione, 5. accensione programmabile tramite timer.

Il lato negativo di queste stufe è la necessità di energia elettrica per il funzionamento del carico pellets, ventola e dei controlli elettronici. Inoltre sono apparecchi più complessi degli altri, e hanno componenti costosi che possono essere soggetti a guasti. È inoltre necessaria una pulizia giornaliera delle ceneri, in quanto l'accumulo delle stesse può diminuire drasticamente l'efficienza dell'impianto.

3.2.1.2 CALDAIE A LEGNA, PELLETS, CIPPATO PICCOLA-MEDIA TAGLIA

Oltre alle stufe a legna per il riscaldamento dei singoli ambienti, si può scegliere di installare una caldaia a biomassa per il riscaldamento e la produzione di acqua calda sanitaria. Esistono caldaie a legna (con tecnologia di gassificazione che riducono notevolmente le emissioni inquinanti), a cippato e a pellets. Questo tipo di impianti però necessitano di locali e spazi appositi per la loro installazione e per lo stoccaggio della biomassa.

Le caldaie a biomassa possono essere un'ottima alternativa alle tradizionali caldaie, grazie anche agli importanti miglioramenti tecnologici che negli ultimi anni hanno riguardato tutto il settore del riscaldamento a biomasse. I rendimenti di questi apparecchi possono arrivare al 90% e le emissioni di inquinanti in atmosfera sono ridotte al minimo.

Alcuni modelli di caldaia a legna presenti sul mercato hanno la doppia alimentazione: significa che possono essere alimentati sia a legna che a pellet o cippato.

Il principio generale di funzionamento di una caldaia a biomassa è lo stesso di una qualunque caldaia a gas: attraverso uno scambiatore di calore, l'energia termica prodotta dalla combustione viene ceduta all'acqua e quindi distribuita nell'edificio.

Le caldaie a **fiamma inversa** sono tra le più diffuse ed efficienti caldaie a legna per il riscaldamento degli edifici. Queste caldaie hanno la caratteristica di avere la camera di combustione pos-

ta sotto il vano di carico della legna. In questo modo i ciocchi di legno non bruciano contemporaneamente all'interno nel vano, bensì in maniera graduale man mano che scendono in prossimità della griglia, in modo da ottenere una combustione progressiva e controllata. Inoltre in queste caldaie la combustione è bistadio, ovvero l'aria comburente viene immessa in due punti: un primo punto di immissione immette una certa quantità di aria in base alla potenza richiesta (aria primaria), mentre un secondo ingresso fa entrare un'ulteriore massa di aria in funzione del tenore di ossigeno rilevato nei fumi, così da ottimizzare il processo di combustione (aria secondaria).

Tutte le caldaie a legna più moderne, così come altre tipologie di apparecchi a biomassa, sono dotate di meccanismi di post-combustione, grazie ai quali è possibile ottenere alti rendimenti abbattendo contemporaneamente le emissioni inquinanti.

Al pari delle altre caldaie, quelle a legna presenti oggi sul mercato sono automatizzate, e consentono di programmare una serie di parametri, limitando così l'intervento manuale alle sole operazioni di carica e di pulizia della caldaia.

Un grado di automazione ancora più spinto è realizzabile con le moderne caldaie a pellet e cippato, che grazie alla possibilità di stoccaggio del combustibile consentono un'autonomia di funzionamento di più giorni. Le caldaie per la combustione del pellet sono classificabili sostanzialmente in due categorie, che si differenziano per il tipo di alimentazione. Quelle alimentate dall'alto sono state le prime a essere introdotte. Esse consentono di ottenere rendimenti di combustione molto elevati, ma sono sensibili a un elevato contenuto in ceneri (maggiore dell'1%) eventualmente presente nel combustibile usato.

Le ceneri possono, infatti, ostruire le prese d'aria per semplice agglomerazione o vetrificazione. Per ovviare a tale inconveniente è stato messo a punto un secondo tipo di caldaia, a caricamento dal basso. In questo caso, il funzionamento è completamente automatizzato, l'alimentazione avviene mediante una coclea che trasporta il pellet alla camera di combustione e tutti i parametri di esercizio sono controllati e regolati elettronicamente. Tali caldaie consentono inoltre di raggiungere rendimenti istantanei di combustione superiori al 90%.

In generale, questi impianti necessitano di un investimento iniziale inferiore a quelli alimentati a cippato (una caldaia a pellet ha mediamente un costo variabile tra 2.200 e 4.500 euro e si prestano quindi all'impiego in utenze domestiche anche di bassa potenza (inferiore ai 10 kW). L'investimento per una caldaia con serbatoio di deposito a capacità settimanale è paragonabile a quello di un impianto a gasolio, se invece si vuole una riserva stagionale l'investimento è superiore. In entrambi i casi il comfort è tuttavia lo stesso di quello garantito dal gasolio o da altri combustibili fossili.

3.2.1.3 IMPIANTI DI MEDIA-GRANDE TAGLIA PER LA COGENERAZIONE

Si definisce impianto di cogenerazione un sistema che è in grado di produrre sia elettricità che calore. Inizialmente anche i grossi impianti erano dedicati alla sola produzione di sola energia termica, ma oggi, con lo sviluppo dei sistemi combinati, si tende sempre di più a installare impianti di cogenerazione che consentono il raggiungimento di una maggior efficienza energetica globale. Infatti, con questa tecnologia, si produce energia elettrica e il calore in eccesso prodotto viene generalmente utilizzato per riscaldare uno o più edifici attraverso una rete di teleriscaldamento (in funzione della taglia dell'impianto). In caso contrario, come accade nelle centrali elettriche tradizionali, l'energia termica prodotta viene dispersa in atmosfera come

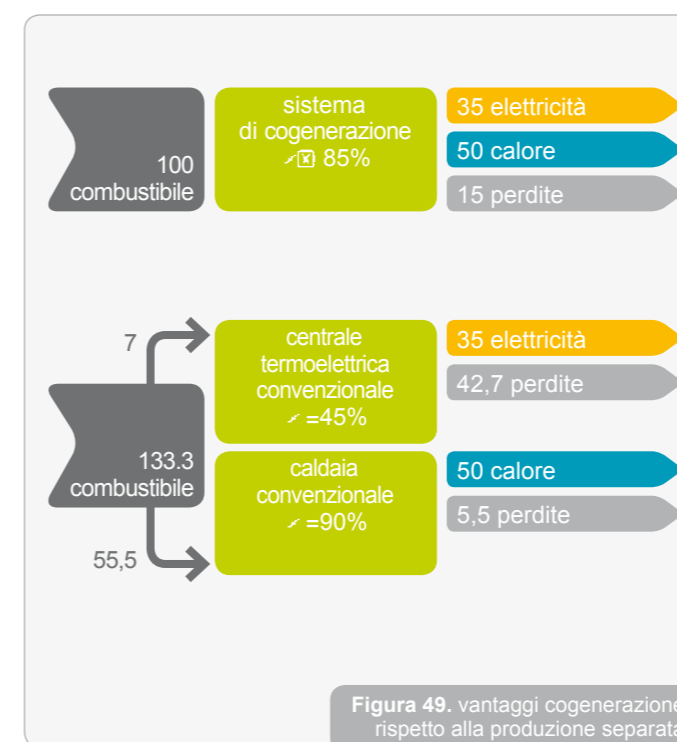
prodotto di "scarto". Quindi, a parità di energia utile prodotta, la cogenerazione consente un minor consumo di combustibile, massimizzando lo sfruttamento delle risorse immesse. Nello schema di figura 46, si evidenzia come per ottenere la stessa energia utile prodotta da un impianto di cogenerazione (i rendimenti sono quelli tipici di una turbina a gas) si debba utilizzare un terzo di combustibile in più per la produzione separata in impianti convenzionali.

La cogenerazione con impianti alimentati a biomassa ha rendimenti elettrici inferiori rispetto agli impianti a gas, ma si arriva comunque ad un rendimento elettrico tra il 17 e il 20%.

La cogenerazione mediante impianti a combustione diretta può avvenire: con motori Stirling o impianti a gassificazione (ma la tecnologia, intesa come soluzione commerciale diffusa ed affidabile, è ancora a scala pilota) fino a 200 kWe; con cicli Rankine a vapore o ORC (Organic Rankine Cycle) dai 400 kWe a oltre 2 MWe. Sopra i 2 si utilizzano generalmente sono cicli Rankine con turbine a vapore.

Il costo dei suddetti impianti è piuttosto elevato: per le medie taglie (1-2MWe) si aggira intorno ai 6 milioni di €/MWe per i cicli ORC, mentre è attorno ai 4 milioni di €/MWe per i cicli Rankine a vapore. I prezzi poi calano notevolmente aumentando la taglia dell'impianto.

Esistono anche impianti con tecnologia di pirolisi e/o gassificazione, ma sono ancora in gran parte a scala sperimentale/pilota, poco diffusi a livello commerciale. La biomassa viene convertita in gas (chiamato syngas) attraverso il processo di pirolisi / gassificazione. Uno però dei problemi più grossi che devono ancora essere risolti è la depurazione di questo gas fino a livelli accettabili per essere utilizzato nei motori a combustione o nelle turbine a gas. L'applicazione di queste tecnologie è comunque in aumento negli ultimi anni, e si hanno buone aspettative di sviluppo e applicazione per il prossimo futuro (vedasi paragrafo 3.2.5).



3.2.1.4 UTILIZZO DELLA BIOMASSA PER IL TELERISCALDAMENTO

Nel glossario dell'Autorità per l'Energia Elettrica ed il Gas si trova la seguente definizione.

Teleriscaldamento: sistema di riscaldamento a distanza di un quartiere o di una città che utilizza il calore prodotto da una centrale termica, da un impianto di cogenerazione o da una sorgente geotermica. In un sistema di teleriscaldamento il calore viene distribuito agli edifici tramite una rete di tubazioni in cui fluisce l'acqua calda o il vapore.

Il teleriscaldamento è una soluzione alternativa che può essere più rispettosa dell'ambiente rispetto ai sistemi convenzionali per la produzione di acqua igienico-sanitaria e il riscaldamento degli edifici residenziali, terziari e commerciali. Il teleriscaldamento consiste quindi in una o più centrali termiche in cui viene generato il calore (cuore del sistema), in una rete di trasporto e distribuzione del calore generato (costituita da tubazioni coibentate e interrate), e da una serie di sottocentrali. Queste ultime, situate nei singoli edifici da riscaldare, sono costituite da scambiatori di calore e consentono di realizzare lo scambio termico tra il fluido caldo della rete di teleriscaldamento e l'acqua del circuito dell'edificio da servire. La rete di teleriscaldamento può estendersi per parecchi km, tuttavia, per massimizzare la sua efficacia, è opportuno individuare un'area ben definita e servire un gruppo di utenze vicine tra loro. Il teleriscaldamento, inoltre, consentirebbe di fornire anche il servizio di raffrescamento estivo, ovvero di utilizzare la rete del teleriscaldamento per raffrescare gli edifici nel periodo estivo, oltre a produrre energia elettrica (la così detta trigenerazione). Questa soluzione potrebbe essere particolarmente vantaggiosa per reti di teleriscaldamento che vanno a servire uffici o edifici pubblici.

I vantaggi che l'utilizzo del teleriscaldamento comporta sono sia individuali che collettivi. Dal punto di vista della collettività il teleriscaldamento consente di ridurre i consumi e di utilizzare al meglio il combustibile. Utilizzare la biomassa dei singoli utenti per far funzionare una centrale di teleriscaldamento consentirebbe di sostituire a tanti impianti con bassi rendimenti, un solo impianto ad alto rendimento, diminuendo sia il consumo di combustibile che le emissioni in atmosfera. Per il singolo utente i vantaggi sono numerosi: si elimina la necessità di installare nell'edificio la centrale termica e le infrastrutture ad essa connesse; si eliminano i controlli sulle verifiche di sicurezza ed efficienza energetica.

L'ostacolo principale alla diffusione del teleriscaldamento non è certo legato agli aspetti tecnologici o ambientali ma agli aspetti finanziari, normativi e culturali. Dal punto di vista finanziario un impianto di teleriscaldamento richiede un grosso investimento iniziale, con tempi di ritorno nel medio-lungo periodo, e pertanto spesso considerato non vantaggioso dagli investitori privati. L'altro grosso ostacolo è rappresentato dall'aspetto culturale: spesso il teleriscaldamento viene equiparato, dalla popolazione, ai vecchi sistemi di riscaldamento centralizzato, che, a causa della mancanza di sistemi per contabilizzare il calore in modo separato per le singole utenze, non godono di buona fama. Inoltre negli ultimi decenni il mercato immobiliare ha promosso i vantaggi del riscaldamento autonomo e oggi risulta ancora difficile sensibilizzare gli utenti verso nuove fonti di riscaldamento che si discostano dalla caldaia singola. Altro problema, tipico del Trentino, è che gran parte della popolazione utilizza la propria legna per il riscaldamento, risorsa alla quale difficilmente vorrà rinunciare.

In relazione al teleriscaldamento in Provincia Autonoma di Trento si rimanda al sotto-progetto BIO-EN-AREA RBBB: Im-



plementazione delle reti di teleriscaldamento a biomassa nella Provincia di Trento. Il sotto-progetto propone:

- lo sviluppo e ampliamento delle reti esistenti, laddove non sia stata ancora raggiunta l'ottimizzazione degli impianti;
- di valutare la possibilità di realizzare ulteriori impianti dotati di reti di teleriscaldamento, laddove non insistano i rispettivi bacini di approvvigionamento di altri impianti già esistenti;
- di favorire l'iniziativa privata e gli investimenti a beneficio di soggetti pubblici e privati;
- di realizzare nuovi impianti a seguito di un attento studio e progettazione della logistica e della componentistica; è necessario che i nuovi impianti siano in grado di accettare anche la biomassa forestale (cimali, ramaglia, scarti delle operazioni di esbosco) e non solo cippato o materiale proveniente dalle segherie. Solo in questo modo si potrà incrementare la produzione di energia da biomassa e sfruttare al meglio le potenzialità delle foreste locali.

3.2.1.5 TECNOLOGIE PER IL TELERISCALDAMENTO CON IMPIANTI A BIOMASSA

Qualsiasi tipo di combustibile può teoricamente essere adatto per alimentare una centrale di teleriscaldamento (carbone, prodotti petroliferi, gas naturale, rifiuti solidi urbani, biomassa, etc.). Alimentare impianti di teleriscaldamento a biomassa non è sempre facile, in quanto l'approvvigionamento di questo combustibile spesso non è economicamente conveniente. Impianti a biomassa possono essere ubicati in zone montane, dove la disponibilità di risorsa sul territorio è più elevata. Il Trentino è coperto da boschi per oltre il 50% del suo territorio, e quindi ha una buona disponibilità di biomassa utilizzabile a fini energetici.

Gli impianti di teleriscaldamento possono essere semplici o combinati: sono definiti semplici quando sono alimentati da una caldaia che produce esclusivamente calore, trasportabile da un fluido termovettore che generalmente è acqua calda o vapore; sono invece combinati quando la centrale di alimentazione è costituita da gruppi che consentono la produzione contemporanea di energia elettrica e vapore. Generalmente le caldaie per la sola produzione di calore vengono utilizzate nella fase di avvio dell'impianto, che una volta a regime utilizza un generatore cogenerativo come impianto principale e la caldaia semplice viene usata per coprire i picchi di richiesta termica.

Le tecnologie disponibili per la cogenerazione sono diverse: motori a combustione interna, cicli a vapore, turbine a gas, cicli combinati, celle a combustibile e microturbine. Tutte queste soluzioni presentano dei vantaggi e degli svantaggi, la scelta dipende dal tipo di combustibile che si vuole utilizzare, dalla taglia e dal tipo di impianto che si vuole realizzare.

Oggi si parla spesso di gassificazione di legna accoppiata ad un motore a combustione interna che consentirebbe di produrre energie elettriche con alte efficienze. Tuttavia gli impianti di gassificazione presentano ancora punti critici dal punto di vista della gestione e della manutenzione. La combustione di legna in caldaia, invece, è un processo ben conosciuto, quindi affidabile, con bassi costi di gestione e manutenzione. Per l'utilizzo delle biomasse per produrre elettricità è preferibile scegliere generatori di taglie piccole, per non incorrere in problemi di approvvigionamento e stoccaggio. Inoltre i grossi impianti necessitano di studi approfonditi per la scelta del sito di collocazione. Generalmente il limite di taglia si pone su 1.5MW_{th}. Inoltre è importante mantenere le emissioni entro i limiti di legge, quindi bisogna prevedere l'installazione degli opportuni filtri.

Per produrre sia energia elettrica che calore da un impianto a biomassa, si sono rivelati particolarmente affidabili ed efficienti i cicli ORC (Organic Rankine Cycle). Il ciclo ORC è un ciclo Ran-

kine che utilizza come fluido vettore un fluido organico al posto del vapore. Il funzionamento di un impianto di questo genere si può descrivere in 5 passaggi:

1. il calore viene generato dalla combustione diretta di biomassa in una caldaia (generalmente a griglia). Il calore prodotto viene utilizzato per scaldare dell'olio diatermico in un circuito chiuso fino ad una temperatura di 300°C circa;
2. l'olio caldo circola nel modulo ORC a circuito chiuso e fa evaporare il fluido organico tramite uno scambiatore di calore;
3. il vapore si espande in turbina e produce energia meccanica e quindi energia elettrica;
4. il vapore viene raffreddato e condensato. Il calore ceduto durante il raffreddamento viene utilizzato, tramite una serie di scambiatori di calore, per riscaldare l'acqua fino a 80-90°C. Quest'acqua è quella che va a servire la rete di teleriscaldamento.
5. il liquido organico condensato viene pompato nel rigeneratore e il ciclo si riavvia.

Il rendimento elettrico dichiarato dalle varie società varia tra il 15 e il 20%. Le perdite sono una minima parte, attorno al 5%. Il restante 75-80% è calore che viene ceduto all'acqua dell'impianto di teleriscaldamento. Quindi l'efficienza globale del ciclo è alta, attorno al 95%.

I vantaggi principali di questi impianti sono:

- alta efficienza del ciclo;
- elevata efficienza della turbina (fino all'85%);
- il sistema è in grado di lavorare con alta efficienza fino al 50% del carico nominale. Inoltre può lavorare senza problemi anche al 10% del carico parziale;
- non sono necessari sistemi per il trattamento dell'acqua.

Gli impianti possono avere una taglia compresa tra i 100 kWel e i 2 MWel. Diverse sono le società che sono in grado di fornire questo tipo di impianti. Informazioni più dettagliate relative al funzionamento e all'impianto sono reperibili in [Duvia, 2004; Bini, 2010; Guercio, 2008; Exergy; PROGECO, 2008].

3.2.1.6 IMPATTO AMBIENTALE

Il tema dell'impatto ambientale è attualmente un argomento molto delicato visto il crescente interesse, anche della popolazione, verso questo aspetto. In fase di esercizio dell'impianto le sorgenti di inquinamento saranno due: una dovuta al traffico veicolare per l'approvvigionamento del biocombustibile e l'altra al funzionamento dell'impianto vero e proprio.

Per quanto concerne il traffico veicolare, gli inquinanti principali emessi sono le polveri (PM10), gli ossidi di azoto (NOx) e il monossido di carbonio (CO) oltre a idrocarburi incombusti e Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA) durante le fasi di accensione e spegnimento. Il calcolo delle emissioni viene fatto, su base annua, a seconda della taglia dell'impianto, e quindi dai quantitativi di biomassa che si ipotizza di consumare, dei mezzi pesanti che effettueranno il trasporto e della distanza da percorrere. Per quanto concerne invece la centrale, i composti più significativi in termini di impatto ambientale sono: le polveri, il monossido di carbonio, gli ossidi di azoto e zolfo (NOx, SOx) sostanze organiche sotto forma di gas e vapori (esprese come Carbonio Organico Totale, COT). In particolare, le emissioni di componenti incombusti, quali COV (composti organici volatili), IPA (idrocarburi policiclici aromatici) e il CO, possono assumere valori consistenti, soprattutto se considerate come emissioni globali derivanti da caldaie diffuse sul territorio.

Gli impianti a combustibili solidi per la produzione di energia devono rispettare i limiti di legge del Dlgs. 152/2006, Parte V Allegato I, riportati in tabella 32. I macroinquinanti che devono essere controllati sono: particolato, CO, NOx e SO₂. Le biosmas-

se utilizzabili come combustibili sono riportate nell'allegato X (sempre Parte V) del suddetto decreto.

Si ritiene altresì importante fare riferimento alla normativa che disciplina la qualità dell'aria ambiente e non solo a quella che disciplina le emissioni. La normativa di riferimento è il D.Lgs n.155 del 13 agosto 2010 che recepisce la direttiva europea 2008/50/CE e che fissa valori limite, soglie di allarme e valori obiettivo dei principali composti inquinanti in atmosfera volti a evitare, prevenire o ridurre effetti nocivi per la salute umana e l'ambiente nel suo complesso.

	potenza termica nominale installata (MW)			
	[1] > 0.15 ÷ < 3	> 3 ÷ ≤ 6	6 ÷ ≤ 20	> 20
polveri totali	100 mg/Nm ³	30 mg/Nm ³	30 mg/Nm ³	30 mg/Nm ³
carbonio organico totale (COT)	-	-	30 mg/Nm ³	20 mg/Nm ³ 10 mg/Nm ³ [2]
monossido di carbonio (CO)	350 mg/Nm ³	300 mg/Nm ³	250 mg/Nm ³ 150 mg/Nm ³ [2]	200 mg/Nm ³ 100 mg/Nm ³ [2]
ossidi di azoto (espressi come NO ₂)	500 mg/Nm ³	500 mg/Nm ³	400 mg/Nm ³ 300 mg/Nm ³ [2]	400 mg/Nm ³ 200 mg/Nm ³ [2]
ossidi di zolfo (espressi come SO ₂)	200 mg/Nm ³	200 mg/Nm ³	200 mg/Nm ³	200 mg/Nm ³

N.B. I valori di emissione sono riferiti ad un tenore di ossigeno dell'11%.

[1] Agli impianti di potenza termica nominale pari o superiore a 0.035 MW e non superiore a 0.15 MW si applica un valore di emissione per le polveri totali di 200 mg/Nm³

[2] Valori medi giornalieri

Tabella 32. limiti di emissione degli impianti alimentati a combustibili solidi secondo il Dlgs. 152/2006

Dalla tabella si può notare come i limiti esistano solo per impianti di una certa taglia. Per questo tipo di impianti, benché sia generalmente sufficiente l'installazione al camino di un filtro multiciclone e di un elettrofiltro per portare le emissioni ben al di sotto dei limiti di legge durante il periodo di esercizio, si ritiene più opportuno installare sistemi più performanti, come i filtri a maniche, in relazione alle dimensioni e alla localizzazione dell'impianto stesso. Potrebbero tuttavia verificarsi sporadici sfioramenti dei limiti durante i periodi di transizione, come accensione, spegnimento o brusche variazioni di carico. Comunque il rischio di aumento di emissioni o di produzione di IPA durante le variazioni di carico è minimo, in quanto le caldaie adottate per la combustione di biomassa nei grossi impianti sono ad alta efficienza, in grado quindi di regolare i flussi di combustibile e aria comburente in modo da garantire una combustione ottimale. Inoltre, viene generalmente installato un sistema di monitoraggio in continuo dei fumi in uscita dall'impianto.

La legislazione italiana è ancora fortemente carente relativamente ai piccoli impianti. Infatti non sono previsti limiti di emissione per gli impianti a biocombustibili di potenza inferiore ai 35kW. Questo vuol dire che nessun apparecchio utilizzato in ambito residenziale è soggetto a limiti di legge. Il numero di

fonti di inquinamento incontrollate, seppur piccole, è notevole, e questo crea un forte impatto sull'atmosfera nel periodo invernale. Purtroppo questo problema non è ancora percepito dalla popolazione.

Pur non essendoci limiti dal punto di vista legislativo, sono state recepite in Italia una serie di normative europee, tra le quali la Direttiva 2009/125/CE, che definiscono i criteri di costruzione, i requisiti e i metodi di prova anche per i piccoli impianti a combustibile solido (termocucine, caldaie, stufe per il riscaldamento). Queste normative fissano dei limiti sulle emissioni di polveri, CO e COT in funzione della taglia degli impianti.

I costruttori sono quindi tenuti a rispettare certi requisiti, e questo garantisce che gli impianti di nuova costruzione abbiano emissioni controllate almeno per polveri e CO. È d'altra parte vero che i limiti di emissione vengono rispettati se l'utente utilizza l'apparecchio in modo corretto e utilizzando del combustibile di buona qualità. Attualmente comunque non sono previsti controlli obbligatori per le emissioni degli impianti a biomassa inferiori ai 35 kW. In [tabella 33] si riportano le emissioni medie per i più comuni impianti domestici a biomassa.

tipo di impianto	fattore di emissione					
	SOx (g/GJ)	CO (g/GJ)	NOx (g/GJ)	PAHs (mg/GJ)	VOC (g/GJ)	PM10 (g/GJ)
caminetto aperto	10	6000	50	600	1300	860
caminetto chiuso	20	4500	90	820	450	240
stufe a legna	10	6000	50	510	1200	810
caldaie a biomassa	30	4000	120	400	400	475
stufe innovative	20	3000	90	150	250	240
stufe a pellets	20	500	90	50	20	76
stufe a legna automatiche	20	500	90	40	20	70

Tabella 33. emissioni medie per i più comuni impianti domestici [Fonte EMEP/EEA 2009]



È evidente come le tecnologie più recenti (stufe automatiche, innovative, a pellets) abbiano emissioni di macro inquinanti molto più basse rispetto agli apparecchi tradizionali (grazie al controllo del processo di combustione). Attualmente gli impianti domestici non sono obbligati ad adottare alcun tipo di filtro per l'abbattimento delle emissioni.

In [tabella 34] invece si riporta l'elenco delle normative UNI di riferimento per gli apparecchi a combustibili solidi che fissano requisiti e metodi di prova.

Vale la pena citare la 303-5 che riporta i limiti di emissioni per le caldaie per il riscaldamento con potenza inferiore ai 500 kW riportati in [tabella 34]. Un passo ulteriore da valutare sarebbe l'introduzione di un programma di certificazione per le caldaie a

legna. Questo processo dovrebbe prevedere, dopo aver fissato i limiti per le emissioni, che le nuove caldaie messe in commercio debbano superare un test sulle emissioni ed essere quindi certificate. Questo meccanismo, una volta a regime, potrebbe contribuire a sviluppare il mercato delle caldaie a legna in direzione di una maggiore tutela ambientale, spingendo prima tutti i produttori ad allinearsi con i requisiti necessari a rispettare la normativa e, successivamente, proseguire verso standard progressivamente più stringenti.

In paesi come l'Austria, in cui si è deciso di adottare questa strategia di certificazione delle caldaie a legna, si è ottenuto un progressivo miglioramento delle prestazioni ambientali delle caldaie, che ha comportato quindi un miglioramento della qualità dell'aria.

norma UNI EN	
12809 (2004)	caldaie domestiche indipendenti a combustibile solido. Requisiti e metodi di prova
12815 (2006)	termocucine a combustibili solidi. Requisiti e metodi di prova
10412-2 (2006)	requisiti specifici per impianti con apparecchi per il riscaldamento a combustibile solido, con caldaia incorporata, con potenza fino di 35 kW
14785 (2006)	apparecchi per il riscaldamento domestico alimentati a pellet di legno. Requisiti e metodi di prova
13229 (2006)	inserti e caminetti aperti alimentati a combustibile solido. Requisiti e metodi di prova
13240 (2006)	stufe a combustibile solido. Requisiti e metodi di prova
15250 (2007)	apparecchi a lento rilascio di calore alimentati da combustibili solidi. Requisiti e metodi di prova
15270 (2008)	bruciatori a pellet per piccole caldaie da riscaldamento. Definizioni, requisiti, metodi di prova e marcatura
303-5 (2012)	caldaie per riscaldamento: caldaie per combustibili solidi con alimentazione manuale o automatica, con una potenza nominale fino a 500 kW. Terminologia, requisiti, prova e marcatura

Tabella 34. normativa di riferimento per gli apparecchi a biomassa per uso domestico (di piccola taglia)

carica	combustibile	potenza nominale	limiti di emissione										
			CO			COT mg/m ³ al 10% di O ₂			polveri				
			classe			classe			classe				
			3	4	5	3	4	5	3	4	5		
manuale	biocombustibili	≤ 50	5000			150			150				
		> 50 ≤ 150	2500	1200	700	100	50	30	150	75	60		
		> 150 ≤ 500	1200				100				150		
	fossile	≤ 50	5000			150			125				
		> 50 ≤ 150	2500	1200	700	100	50	30	125	75	60		
		> 150 ≤ 500	1200				100				125		
automatica	biocombustibili	≤ 50	3000			100			150				
		> 50 ≤ 150	2500				80				150		
		> 150 ≤ 500	1200	1000	500	80	30	20	150	60	40		
	fossile	≤ 50	3000			100			125				
		> 50 ≤ 150	2500				80				125		
		> 150 ≤ 500	1200				80				125		

Tabella 35. limiti di emissione seconda la UNI EN 303-5

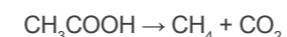
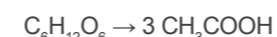
3.2.2 LA DIGESTIONE ANAEROBICA E IL BIOGAS

L'obiettivo di questo capitolo è fornire una descrizione delle principali tecnologie attualmente utilizzate per produrre biogas e per lo sfruttamento dello stesso al fine di generare energia elettrica e termica.

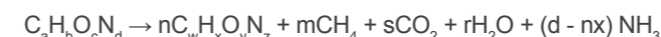
L'ANPA (Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente) ha elaborato un rapporto sul trattamento anaerobico dei rifiuti (2002), dal quale è stato preso spunto per la seguente descrizione del processo di digestione anaerobica per la produzione del biogas.

La degradazione biologica della sostanza organica in condizione di anaerobiosi (in assenza, cioè, di ossigeno molecolare, come O₂, o legato ad altri elementi, come nel caso dell'azoto nitrico, NO₃⁻), determina la formazione di diversi prodotti, i più abbondanti dei quali sono due gas: il metano ed il biossido di carbonio. Essa coinvolge diversi gruppi microbici interagenti tra loro: i batteri idrolitici, i batteri acidificanti (acetogeni ed omoacetogeni) ed, infine, i batteri metanigeni, quelli cioè che producono metano e CO₂, con prevalenza del gas di interesse energetico, che rappresenta circa i 2/3 del biogas prodotto. I batteri metanigeni occupano quindi solo la posizione finale della catena trofica anaerobica. Il metano, poco solubile in acqua, passa nella fase gassosa, mentre la CO₂ si ripartisce nella fase gassosa e in quella liquida.

Un tipico esempio di degradazione anaerobica di un substrato organico puro è rappresentato dalla digestione anaerobica del glucosio. In questo caso si ha un primo passaggio in cui il glucosio viene convertito ad acido acetico ed un successivo in cui l'acido acetico viene ulteriormente degradato a metano e biossido di carbonio:



Qualora si considerino substrati organici più complessi si possono ottenere ulteriori prodotti del processo degradativo anaerobico e, tra quelli di maggior rilievo, troviamo l'ammoniaca che deriva dalla demolizione delle proteine. Ad esempio, nel caso della stabilizzazione anaerobica di una matrice con formula bruta CaH_bO_cN_d, la relazione stechiometrica complessiva può essere rappresentata dalla relazione:



$$\text{Con: } s = a - nw - m$$

$$r = c - ny - 2s$$

Come si può vedere dalla relazione riportata si ha la parziale distruzione di materiale organico complesso con formazione di metano, biossido di carbonio, acqua ed ammoniacca. L'attività biologica anaerobica è stata evidenziata in un ampio intervallo di temperatura: tra - 5 e + 70 °C. Esistono, tuttavia, differenti specie di microrganismi classificabili in base all'intervallo termico ottimale di crescita: psicrofili (temperature inferiori a 20 °C), mesofili (temperature comprese tra i 20 °C ed i 40 °C) e termofili (temperature superiori ai 45 °C). L'industrializzazione biotecnologica di questo processo naturale ha consentito di passare dall'iniziale concetto di stabilizzazione estensiva della sostanza organica in ambienti naturali a veri e propri processi industriali per la produzione di biogas. Ciò a partire da diversi substrati organici quali acque derivanti dall'industria agro-alimentare, fanghi di supero degli impianti di trattamento acque reflue, deiezioni animali, biomasse di natura agricola, residui organici industriali e la frazione organica di rifiuti urbani.

Il seguente schema descrive le principali fasi del processo di digestione anaerobica:

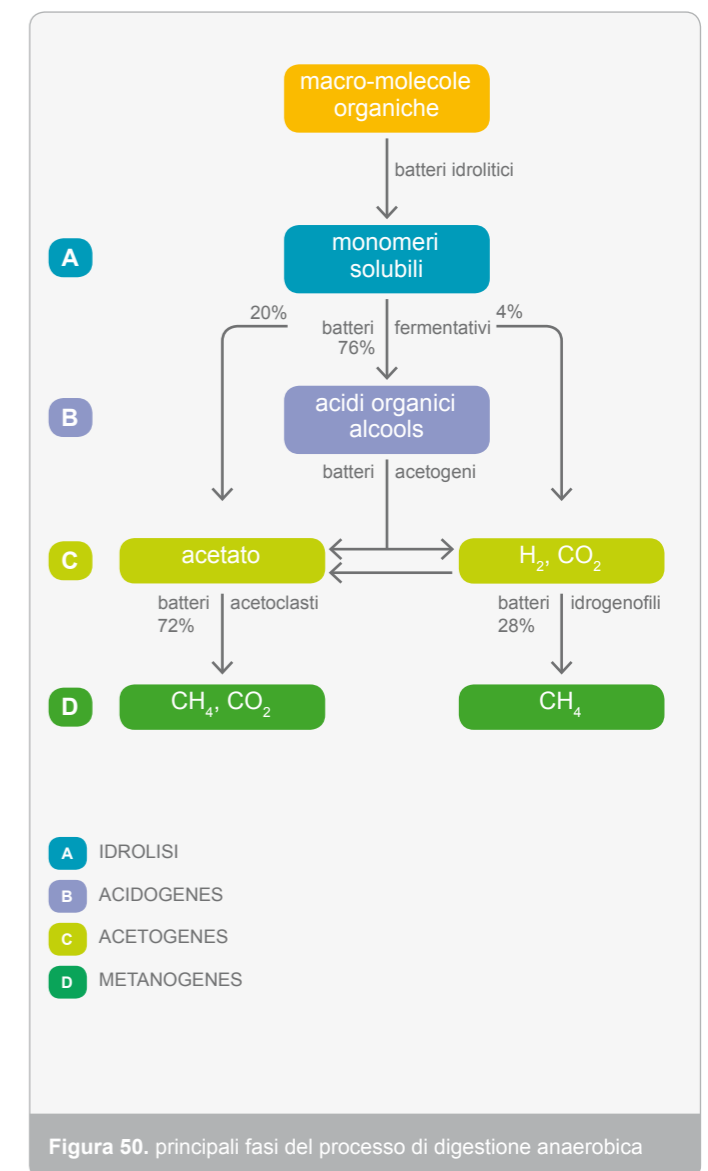


Figura 50. principali fasi del processo di digestione anaerobica



Il processo biodegradativo si compone delle seguenti fasi: una prima fase di idrolisi dei substrati complessi accompagnata da acidificazione con formazione di acidi grassi volatili, chetoni ed alcoli; una successiva fase acetogenica, in cui, a partire dagli acidi grassi, si ha la formazione di acido acetico, acido formico, biossido di carbonio ed idrogeno molecolare, ed, infine, un'ultima fase in cui, a partire dai prodotti della fase precedente, si osserva la metanizzazione, cioè la formazione di metano a partire dall'acido acetico o attraverso la riduzione del biossido di carbonio utilizzando l'idrogeno come co-substrato. In minor misura si ha la formazione di metano a partire dall'acido formico.

Le matrici sottoponibili a digestione anaerobica possono essere di svariata natura: fanghi di depurazione dal trattamento delle acque reflue, frazione organica di discarica (la cui d.a. avviene in realtà naturalmente e di cui può - o meno - essere attuato lo sfruttamento), Frazione Organica dei Rifiuti Solidi Urbani (FOR-SU), scarti dell'industria agro-alimentare e della macellazione, residui colturali, deiezioni animali e colture energetiche. Nel caso di abbinamento di più tipologie, in genere il processo è chiamato co-digestione.

Il potere calorifico del biogas è strettamente legato al suo contenuto di metano. Quest'ultimo presenta un PCI leggermente inferiore a 10 kWh/m³, mentre per il biogas cade generalmente nell'intervallo 5-8 kWh/m³.

Ormai da qualche anno si stanno diffondendo in tutta Europa (anche in Italia) gli impianti a biogas agricolo, che possono funzionare a digestione anaerobica

- di soli reflui zootecnici, oppure
- di sole colture energetiche, oppure
- di una combinazione delle due matrici, eventualmente aggiungendo il mix anche con scarti dell'industria agroalimentare e/o della macellazione. L'applicazione del processo anaerobico dei reflui zootecnici consente:
- un maggiore controllo degli odori,
- la stabilizzazione per rimozione della sostanza organica putrescibile,
- la riduzione della carica patogena,
- la riduzione di sostanze fitotossiche e l'inattivazione di semi infestanti potenzialmente presenti,
- il miglioramento delle proprietà fertilizzanti del materiale digerito,
- l'apporto di sostanza organica nel suolo nel caso di successiva aspersione,
- il miglioramento delle caratteristiche del suolo.

In relazione al carico di azoto nei campi (come da Direttive Europee, recepite dal Decreto Legislativo 152 e dal Decreto Ministeriale 7 aprile 2006), va tuttavia precisato che la riduzione di azoto procurata dalla digestione anaerobica risulta trascurabile, in quanto è assai ridotta la quantità che, trasformandosi in ammoniacale, passa dalla matrice al gas. ¹⁸

Nella seguente tabella sono indicate alcune rese medie e caratteristiche chimiche dei principali substrati [Biomass Energy Report 2009 - Politecnico di Milano, documento da cui sono stati tratti gran parte dei contenuti di seguito riportati]:

solidi volatili	A	B	C	D
insilato di sorgo di zucchero	282	0,6	53	1,75
insilato di erba	248	0,56	52	2,7
insilato di grano	289	0,6	53	1,71
insilato di mais	310	0,6	53	1,42
scarti agroindustriali vegetali				
scarti di lavorazione mais dolce	152	0,48	55	2,24
scarti di leguminose	169	0,6	60	4,89
bucchette e semi di pomodori	291	0,35	55	3,12
scarti di lavorazione patate	230	0,6	53	1,53
scarti agroindustriali animali				
siero di latte	55	0,75	60	2,32
contenuti ruminali bovini	176	0,75	53	2,6
sangue bovino	101	0,65	65	11,41
fanghi di macelli suini	160	0,35	60	3,03
fanghi di macelli bovini	122	0,35	60	4,76
fango di flottazione avicolo	85	0,35	60	14,7
varie				
FORSU	140	0,6	51	1,82
Glicerina	900	0,78	58	-

A solidi volatili (kg/t)
 B biogas (m³/kg SV)
 C CH₄ (%)
 D NTK (%ST)

Tabella 36. rese e caratteristiche medie dei principali substrati avviabili a d.a.

In un processo di digestione anaerobica finalizzato alla produzione di energia, la fase di conversione in metano esercitata dai microrganismi deve essere favorita creando le condizioni ottimali. I principali fattori che influenzano sono rappresentati dalla temperatura, l'acidità e la durata del processo.

I reattori dedicati alla produzione di biogas sono chiamati digestori, che si differenziano fra loro nel seguente modo:

- digestori a umido: se la sostanza solida è inferiore al 10%
- digestori a secco: se la sostanza solida è superiore al 20%
- digestori a semisecco nei casi intermedi.

La sostanza in uscita dal processo viene chiamata digestato. I digestori devono essere a tenuta, per evitare che l'ingresso di aria ricca di ossigeno blocchi le reazioni biologiche esercitate dai batteri e per evitare la fuoriuscita del prezioso gas generatosi. I processi possono inoltre differenziarsi in continui (sistema ali-

gio da effluente zootecnico "puro" a digestato, quindi, favorisce addirittura l'efficacia concimante, è altrettanto vero che per risolvere il problema del rispetto delle norme sta diventando sempre più stringente l'obbligo di intervenire sul digestato per ridurre il tenore di nitrati... I processi per l'abbattimento dei nitrati necessitano bene o male di elevati quantitativi di energia termica, che potrebbe tuttavia essere reperita sotto forma di recupero del calore (altrimenti disperso) in un impianto a biogas per la produzione di energia elettrica, tant'è che alcuni operatori del settore vedono nel prossimo futuro lo svilupparsi di impianti a biogas che abbiano il "componente" di trattamento dei nitrati come add-on o addirittura già compreso nel prezzo.

A supporto di ciò è da segnalare come i nuovi meccanismi incentivanti statali per la produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili non fotovoltaiche prevedano premi aggiuntivi proprio per i casi di generazione da biogas zootecnico dotati di abbattimento dell'azoto.

mentato in modo continuo o semi-continuo con un tempo di permanenza medio del substrato nel reattore espresso dal tempo di residenza idraulico HRT e quello dei microrganismi dal tempo di residenza dei solidi SRT) e discontinui (la gestione avviene in maniera cosiddetta "batch"; si avrà, cioè, l'alimentazione del reattore con il substrato ed un inoculo ed il conseguente avanzamento del processo fino ad esaurimento del substrato).

In funzione della direzione preferenziale del moto del substrato al loro interno, i digestori sono suddivisi in statici, orizzontali o verticali. I reattori statici sono i più semplici ma i meno produttivi perché, in pratica, sono costituiti da vasche o lagoni di raccolta attrezzati con una copertura e, pertanto, sono quelli adottati dalle aziende o società più piccole; quelli orizzontali sono vasche lunghe o serbatoi cilindrici appoggiati sulla superficie laterale, con valori di volume interno fino a circa 1.000 m³; infine i digestori verticali, che raggiungono le volumetrie maggiori e quindi installati in genere presso aziende medio-grandi, sono delle ampie vasche ricoperte, con altezza di diversi metri e larghezza fino a trenta metri, per un volume che raggiunge anche qualche migliaio di m³. Nei reattori statici la copertura di captazione è spesso costituita da una struttura flessibile polimerica galleggiante sul substrato, mentre in quelli verticali da cupole flessibili montate in testa alla vasca: i reattori orizzontali presentano la copertura flessibile nel caso in cui siano costituiti da lunghe vasche. Per motivi di sicurezza, la copertura flessibile è costituita da più membrane sovrapposte che formano tra di esse delle intercapedini. Si discostano da questa descrizione gli impianti a biogas da discarica, dato che quest'ultima costituisce, di fatto, un digestore di grandissime dimensioni, con una carica iniziale di materia prima e nessun apporto, ossia "rifornimento" di rifiuti, durante gli anni di vita.

I reattori possono inoltre essere miscelati o non a seconda che sia presente un sistema meccanico di movimentazione interno che permetta di uniformare la sostanza organica, favorire il galleggiamento del biogas prodotto e rompere le croste superficiali che, formandosi tra la biomassa e la fase gas sovrastante, divengono una barriera al passaggio del biogas verso la zona di captazione. Per quanto concerne la manutenzione, è consigliabile che i miscelatori siano sollevabili al di sopra della biomassa, così da potervi accedere senza dover svuotare il digestore. Opzionalmente si installano anche dei raschiatori di fondo per rimuovere eventuali sedimenti solidi di materiale inerte. In genere i digestori, a meno di quelli più semplici, adottano sistemi di miscelamento. I digestori possono infine essere realizzati in acciaio o, più comunemente, in cemento armato: spesso sono isolati termicamente e, a meno dei sistemi più semplici, riscaldati attraverso serpentine di acqua calda.

Per la corretta progettazione dei digestori e per il loro regolare funzionamento, è consigliabile verificare in laboratori specializzati, durante la progettazione, la produttività e la compatibilità delle matrici ed affidare ad un biologo esperto, durante l'esercizio, il controllo in remoto dello stato del processo, il campionamento periodico del digestato e lo studio di compatibilità di nuovi substrati rispetto a quelli inizialmente analizzati. Molte case costruttrici offrono entrambi i servizi, mentre diversi enti di ricerca offrono quelli di analisi dei substrati in ingresso.

I costi di massima delle vasche riscaldate e miscelate, riferiti alla capacità totale, sono dell'ordine dei 50-200 €/m³. La capacità necessaria alla digestione è ad ogni modo strettamente legata al substrato e al tempo di residenza all'interno del reattore.

L'utilizzo del biogas

Il prodotto della digestione anaerobica è un gas combustibile che, come tale, può essere sfruttato attraverso un processo di combustione relativamente semplice in caldaie, in motori e in microturbine. Di seguito vengono illustrati i principali processi attraverso cui il biogas può essere impiegato e valorizzato da un punto di vista energetico.

Prima del suo utilizzo, il biogas **deve essere trattato** al fine di adeguarne la composizione. In primo luogo esso viene filtrato per separare le particelle solide trascinate dal flusso uscente dal digestore. In seguito, esso è sottoposto all'abbattimento dei composti dello zolfo, che sono nocivi per l'ambiente. Negli impianti a biogas localizzati in siti industriali il metodo più comunemente adottato consiste nell'assorbimento chimico in un'opportuna soluzione acquosa, o nell'adsorbimento su cartucce contenenti ossidi di ferro. Nel caso di biogas agricolo è molto più diffuso, vista la maggiore semplicità, a costo però di una minore efficacia, l'abbattimento biologico ottenuto insufflando modesti quantitativi di aria nel duomo del digestore, in cui selezionati ceppi batterici fissano lo zolfo puro solido che, per gravità, cade e ritorna nella biontassa sottostante. Successivamente si esegue la riduzione del contenuto di acqua, dato che essa può dare origine, in più punti dell'impianto, a condensate acide molto corrosive per la presenza di anidride carbonica e di zolfo residuo. Il metodo comunemente adottato a questo fine è quello di raffreddare il flusso di biogas con un gruppo frigorifero, alla temperatura di pochi gradi centigradi, forzando così in una zona dedicata dell'impianto la formazione di una fase liquida, la condensa appunto, che viene separata meccanicamente.

L'uso più semplice, ma anche di minor valore, del biogas è quello **in caldaia** per, alternativamente, generare acqua calda (fino a 90°C), oppure acqua calda pressurizzata (oltre i 90°C), vapore d'acqua o per scaldare olio diatermico (soprattutto nel caso di cicli ORC a valle della combustione). In ogni caso, una parte modesta dell'energia termica prodotta viene normalmente sfruttata per mantenere in temperatura i digestori, mentre la restante quota per coprire la domanda di un'utenza, quale ad esempio il riscaldamento di edifici o di processi agroalimentari (serre, produzione di formaggio e di lievito, per citarne alcuni) o industriali (ad esempio quelli che hanno luogo nelle cartiere). Il rendimento termico delle caldaie, riferito al Potere Calorifico Inferiore (PCI) del biogas, è in genere superiore all'85% ed aumenta sostanzialmente per caldaie a condensazione. Queste ultime devono però essere progettate specificamente per il biogas, essendo le condensate in questo caso più acide di quelle del gas naturale. I costi di investimento per caldaie da 100 kW a 1.000 kW, rispetto alla potenza termica nominale, sono nell'intervallo che va da 55 €/kW fino a 35 €/kW per quelle di taglia maggiore.

Un secondo impiego del biogas, che risulta ad oggi quello ampiamente più diffuso, in Italia e non solo, anche per effetto dei sistemi di incentivazione in essere (vedansi paragrafi relativi ai meccanismi incentivanti), è quello nei **motori alternativi a combustione interna per la generazione di energia elettrica (figura 51)**.



Figura 51. esempio di motore a biogas

¹⁸ Dal Biomass Energy Report 2011: tradizionalmente gli effluenti zootecnici (letami e liquami animali) venivano impiegati, eventualmente dopo opportuni trattamenti, come concimi ad elevato tenore di azoto. Questi ultimi, tuttavia, sono particolarmente ricchi in Nitrati (NO₃), ovvero di una forma minerale dell'azoto che si forma nel terreno e si solubilizza in acqua e che in concentrazione elevata rappresenta un inquinante del suolo e, soprattutto, delle acque superficiali e sotterranee. La normativa di salvaguardia del territorio è andata evolvendosi in maniera sempre più stringente negli ultimi anni soprattutto in quelle aree come il cosiddetto Bacino Padano-Veneto-Friulano, dove più alta è la concentrazione di allevamenti animali. L'utilizzo degli effluenti zootecnici come materia prima per la produzione di biogas era stato inizialmente pensato come un modo per risolvere tale problema, ipotizzando che il processo di digestione potesse abbattere il contenuto di nitrati presenti nel digestato che viene ancora utilizzato come concime. In realtà gli studi condotti sugli impianti esistenti hanno identificato un effetto abbattente quasi trascurabile... Se il passag-



Si tratta tipicamente di motori ad accensione comandata, tramite scintilla, e in casi più rari ad accensione spontanea, tramite iniezione in camera di combustione di quantitativi limitati di gasolio (2-4% in termini energetici). Sono motori lenti, gestiti a numero di giri fisso perché l'alternatore, collegato meccanicamente all'albero motore, produca l'elettricità costantemente alla frequenza di rete. Derivano da quelli del settore del gas naturale e differiscono da essi nella "rampa gas", ossia nel sistema di adduzione del gas combustibile, in modo da tener conto del fatto che, a parità di energia, il biogas richiede volumi superiori rispetto al gas naturale. I sistemi di scarico e di trattamento fumi sono, invece, del tutto analoghi. La potenza resa disponibile dal sistema dell'acqua di raffreddamento, dell'olio di lubrificazione e dell'opzionale interrefrigeratore è adoperabile per riscaldare i digestori ed eventualmente per servire utenze esterne ma, se in eccesso, deve essere dissipata in ambiente tramite aeroraffreddatori. Ulteriore potenza termica è recuperabile dai fumi che, altrimenti, sono scaricati in ambiente a temperature nell'ordine di 400 - 500°C. Il rendimento di conversione del combustibile in energia elettrica, cioè il rendimento elettrico, varia dal 30% ad oltre il 40% in funzione della potenza, che va da pochi kW fino ad alcuni MW. Il rendimento termico è dell'ordine del 50%, dovuto all'incirca per metà al recupero dai sistemi di raffreddamento e per metà a quello dai fumi. I motori alternativi sono una tecnologia provata ed affidabile, però richiedono tempi e costi di manutenzione significativi. In particolare, la disponibilità annua è dell'ordine delle 8.000 ore. In realtà, a causa di condizioni ambientali non sempre favorevoli, ma soprattutto di una produzione di biogas non sempre ottimale, i motori generano annualmente meno energia di quanta produrrebbero se funzionassero costantemente a carico nominale. In altri termini, il numero di ore equivalenti di funzionamento all'anno, definito come il rapporto tra l'energia elettrica prodotta, espressa in kWh/anno, e la potenza nominale del motore, espressa in kW, varia da 4.000 a 7.300 ore/anno. I costi di investimento per motori da 100 kW fino ad oltre il MW, definiti rispetto alla potenza elettrica nominale, cadono in un intervallo compreso da 800 fino a 1.400 €/kW per le taglie maggiori, mentre i costi operativi di gestione (comprensivi di manutenzione ordinaria) sono nell'ordine di pochi centesimi per kWh di elettricità prodotta ¹⁹.

Oltre all'impiego in caldaia e in motori alternativi a combustione interna, esistono altre possibili tecnologie per la trasformazione del biogas in energia elettrica, che ad oggi sono tuttavia confinate ad uno stadio quasi sperimentale, in attesa che lo sviluppo tecnico diminuisca il costo d'investimento e ne migliorino le prestazioni energetiche complessive. Un primo possibile utilizzo riguarda le microturbine e le turbine a gas, macchine molto veloci che adottano sistemi elettronici, i convertitori di frequenza generalmente noti col termine inglese di "inverter", per riportare la frequenza dell'elettricità generata al valore di rete. La loro potenza elettrica varia da poche decine a qualche centinaia di kW (le turbine invece, da diverse centinaia di kW a salire). La potenza termica per il riscaldamento dei digestori deve essere recuperata dai fumi, non essendo presenti sistemi di raffreddamento come quelli dei motori alternativi. Le microturbine a gas sono una tecnologia provata, ma commercialmente ancora emergente. I rendimenti elettrici, sempre strettamente legati alla taglia della macchina, cadono in un intervallo intorno al 30%. Quelli termici intorno al 50% e dipendono dalla temperatura a

cui vengono raffreddati i fumi. Rispetto ai motori alternativi, però, hanno esigenze di manutenzione decisamente inferiori ed emissioni molto più contenute. I costi di investimento possono essere tuttavia ancora superiori a 2.000 €/kW, in termini specifici alla potenza elettrica nominale.

Una seconda tecnologia, ad oggi ancora ad uno stadio dimostrativo e sperimentale, è quella dei **motori Stirling**, che implementano un ciclo chiuso adatto non solo alla combustione esterna di biogas, ma anche alla produzione di energia elettrica da altre fonti rinnovabili, quali ad esempio il solare termodinamico. Le prestazioni degli Stirling con l'opzione della combustione sono analoghe a quelle delle microturbine a gas, mentre peggiorano con l'opzione del recupero termico, perché in quest'ultimo caso non si raggiungono temperature altrettanto alte. È difficile stimare i costi di questi cicli, dato che non hanno ancora raggiunto la fase di sviluppo commerciale.

Come descritto precedentemente, il processo di combustione come quello che si realizza in un impianto a biogas con motori alternativi, consente di ottenere temperature elevate, mentre sono molto più modeste le temperature tipiche delle utenze termiche. Risulta termodinamicamente conveniente sfruttare le alte temperature per azionare un ciclo di generazione di potenza elettrica e fornire potenza termica come sottoprodotto a bassa temperatura del ciclo stesso. Questa architettura impiantistica è detta **"cogenerazione"**, cioè generazione di potenza elettrica e termica dallo stesso combustibile. Sfruttare questa soluzione in impianti a biogas rappresenta uno sviluppo tecnologico estremamente promettente. Ad oggi, tuttavia, si stima che in Europa non più del 20% della produzione elettrica da biogas proviene da impianti cogenerativi. Gli impianti che sfruttano il recupero termico per riscaldare i digestori non sono di per sé cogenerativi, in quanto il recupero è finalizzato ad un utilizzo interno al processo. La cogenerazione implica invece la generazione di potenza elettrica e termica verso usi esterni al processo. Le utenze termiche possono essere industriali, quali ad esempio processi dell'industria agro-alimentare, casearia, o il riscaldamento di serre, oppure civili, come accade nel caso del teleriscaldamento. Altro possibile uso del recupero termico è quello dell'alimentazione di cicli frigoriferi ad assorbimento che, a spesa di un quantitativo aggiuntivo di elettricità comunque minimo rispetto al termico, permettono di condizionare ambienti. La generazione di elettricità, di "caldo" e anche di "freddo" è detta **trigenerazione**. Gli impianti a biogas (specialmente quelli di tipo agricolo) sono spesso localizzati a una certa distanza dalle utenze termiche, il che riduce potenzialmente i vantaggi e le possibilità di applicazione della cogenerazione. Negli impianti che ad oggi ne fanno uso, il recupero termico è quindi applicato per il solo condizionamento degli edifici e, in nel caso di aziende zootecniche, anche delle stalle. Di sicuro interesse sarebbe l'integrazione degli impianti a biogas in reti di teleriscaldamento per la distribuzione dell'energia termica alle utenze domestiche. In linea di massima, un motore in assetto cogenerativo costa il 10-15% in più rispetto ad una configurazione che preveda la sola produzione elettrica. Un frigorifero convenzionale a compressione costa, rispetto alla potenza nominale frigorifera, tra i 100 e 150 €/kW, mentre quello ad assorbimento adatto alla trigenerazione ha un costo di circa il 50-75% superiore (la differenza di prezzo è fortemente influenzata dalla tecnologia del ciclo ad assorbimento).

Come già ricordato in questo capitolo, la tipologia di impianto per la produzione e valorizzazione di biogas che ha sperimentato un maggiore sviluppo di mercato negli ultimi anni, sia in Italia che in Europa, è quella a biogas agricolo con motori alternativi a combustione interna. Questo è dovuto alla generosità degli incentivi alla produzione di energia elettrica che diversi Stati europei, Italia compresa, hanno messo in atto, nonché alla maturità delle tecnologie in gioco, che assicurano elevati livelli di affidabilità ed un basso costo di investimento iniziale. Gli **impianti a biogas agricolo** di taglia più piccola, con una potenza elettrica nell'ordine dei 50-150 kW (ma ormai si trovano anche proposte commerciali per taglie minori), sono molto diffusi nelle piccole e medie aziende zootecniche (specialmente negli allevamenti di suini), che frequentemente optano, per contenere l'investimento complessivo, per la semplice copertura di lagoni non riscaldati operanti in condizione psicofila ²⁰. L'investimento dell'impianto chiavi in mano, espresso rispetto alla potenza elettrica nominale, si aggira in questo caso sui 5.000 €/kW. Il numero di ore equivalenti di funzionamento varia tra le 4.000 e le 6.000 ore/anno. Per aziende zootecniche di dimensioni superiori, e con maggiori risorse finanziarie, diventa economicamente più conveniente la soluzione con il digestore orizzontale riscaldato. L'impianto comunque più diffuso in tutta Europa è quello di co-digestione di reflui zootecnici con colture energetiche e, abbastanza di frequente, con scarti dell'industria alimentare in digestori verticali riscaldati, agitati e costruiti in calcestruzzo armato. Il numero di bioreattori, che varia tipicamente da 1 a 4, dipende dalla taglia dell'impianto. Nei sistemi con almeno due digestori, è possibile implementare una gestione differenziata delle temperature, permettendo di operare sia in ambito mesofilo che termofilo. Anche il numero di motori, come detto nella stragrande maggioranza dei casi di tipo alternativo a combustione interna, è funzione della taglia dell'impianto, che va tipicamente da poche centinaia di kW a ben oltre il MW. Sistemi da 250 kW elettrici ne adottano uno, quelli sopra i 1.000 kW almeno due. In generale, la possibilità di avere più reattori e più motori rende l'impianto più affidabile e meno vulnerabile a fermi programmati e guasti. L'investimento specifico per l'intero impianto scende in questo caso a circa 2.500-4.300 €/kW, su cui pesano i costi dei digestori (con annessi servizi) e quelli dei motori (con i propri ausiliari) in modo paragonabile, ma lievemente spostato sui primi. A questi costi per l'acquisto delle componenti chiave dell'impianto si aggiungono poi oneri per ausiliari, progettazione, opere edili, autorizzazioni, ecc., che possono arrivare a pesare per il 50% dell'investimento complessivo. Il funzionamento può superare le 7.000 ore/anno. Il costo di generazione dell'energia elettrica di quest'ultimi impianti, cioè il rapporto dei costi, inclusi gli oneri finanziari oltre ai costi operativi, e della produzione elettrica, è nell'intervallo di 0,18-0,22 €/kWh. Il costo di generazione dell'elettricità scende anche di alcuni centesimi di euro se è possibile valorizzare adeguatamente il recupero termico tramite cogenerazione.

Non ci si attende evoluzioni radicali dal punto di vista tecnologico che consentano di abbattere significativamente i costi di questa tipologia di impianto, che, come già accennato, è particolarmente matura. I maggiori sforzi in termini di ricerca industriale sono, infatti, oggi concentrati sull'interazione degli impianti a biogas con i sistemi di recupero e/o abbattimento dei principali nutrienti (azoto e fosforo) e sulla realizzazione di impianti di purificazione a biometano di piccola taglia.

3.2.3 L'IMPIEGO DEL DIGESTATO IN RELAZIONE AL SETTORE CASEARIO

Il sottoprodotto del processo di digestione anaerobica è il **digestato**, materiale dalle ottime qualità ammendanti e fertilizzanti, destinato all'utilizzo agronomico. Lo spandimento in campo del digestato tal quale è consentito se ottenuto da effluenti zootecnici da soli o in miscela con altre biomasse vegetali; nel caso vengano utilizzate biomasse classificate oggi come rifiuto, pur essendo consentito in teoria l'impiego anche tal quale (a seguito di autorizzazione specifica), di fatto è necessario completare il processo di trasformazione con una fase aerobica di maturazione del digestato in compost.

Senza entrare nel merito dell'importanza di assicurare un utilizzo anche di questo prodotto per chiudere il cerchio del recupero "virtuoso" della biomassa (sostanza organica) e senza addentrarsi nella normativa nazionale che disciplina l'utilizzo del digestato si vuole in questa sede richiamare l'attenzione su un aspetto connesso allo spandimento del digestato in aree a prato-pascolo in zone vocate alla produzione di formaggi a lunga stagionatura.

Il Trentino, in particolar modo in alcune zone, quali Valle di Non, Val di Sole, Valli di Fiemme e Fassa e la zona del Primiero e Vanoi, sono vocate alla produzione di formaggi di qualità, tra i quali il Trentingrana. Il disciplinare di produzione prevede l'utilizzo di latte non pastorizzato senza l'impiego di additivi per l'abbattimento della carica microbica e quindi devono essere evitate tutte le operazioni che aumentano il rischio di presenza di microrganismi che possano danneggiare il processo di ottenimento del prodotto.

Il timore principale connesso alla produzione di Trentingrana è legato alla potenziale diffusione di spore di **clostridi** ²¹. In particolare i clostridi sono causa delle alterazioni che più frequentemente colpiscono le produzioni casearie; la più conosciuta viene definita **"gonfiore tardivo"** ²². Nell'ambito di un'azienda agricola, i clostridi - sotto forma di spore - possono trovarsi nel terreno, sulla superficie dei foraggi, negli insilati, nei liquami e nei letami (Julien et al., 2008). I clostridi arrivano nel latte sia per contaminazione ambientale con polverosità o terra, sia a causa di scarsa igiene e conseguente contaminazione del latte con le feci. L'aumento e la diffusione delle spore negli allevamenti delle bovine avviene in un primo momento per contaminazione degli alimenti che vengono imbrattati di terra durante la raccolta o la fienagione, oppure perché mal conservati. Il numero di spore contenute negli alimenti condiziona quello contenuto nelle feci che, inevitabilmente proliferano nell'ambiente di allevamento, sugli animali, nella sala e sull'attrezzatura per la mungitura e quindi in ultima istanza nel latte. Un ultimo passaggio chiave del meccanismo di propagazione dei clostridi è costituito dall'utilizzo di liquami e letami, i quali tornano come concimi al terreno e restituiscono quindi le spore al suolo, concorrendo in tal maniera all'arricchimento di spore dei campi.

A seguito della diffusione della tecnologia del biogas e dell'impiego di colture dedicate per aumentare le rese energetiche del processo, sono stati sollevati timori da una parte del mondo zootecnico, circa un possibile incremento di spore di clostridi che possono compromettere la qualità dei formaggi.

¹⁹ Valori riferibili al 2009

²⁰ Sono gli impianti in cui operano microorganismi che crescono e si riproducono a temperature comprese fra 0 e 20°C

²¹ Clostridi: batteri anaerobi, le cui spore resistono a calore, radiazioni e svariati agenti chimici; possono restare latenti a lungo per poi germinare quando si verificano condizioni favorevoli.

²² La produzione di gas da parte dei clostridi si manifesta in una disorganizzazione della pasta che presenta quindi occhiate, fessurazioni, sfogliature, aperture a carattere cavernoso nella parte centrale della forma e talora una consistenza spugnosa (Bacci et al., 2002).



Allo stato attuale sono pochissimi gli studi specifici inerenti la relazione esistente tra digestione anaerobica e diffusione dei clostridi che hanno effetti dannosi sulla caseificazione. Il CRPA, in particolar modo, attraverso un'indagine specifica si è impegnato nel dare risposta alla preoccupazione relativa al possibile aumento delle spore di clostridi nei digestati in uscita dagli impianti di biogas rispetto a quelle presenti nel materiale in ingresso. Dalla sperimentazione condotta si dimostra molto chiaramente che le spore aumentano nei digestori provenienti da digestori alimentati con insilati e liquame, mentre non aumentano nei digestori alimentati con solo liquame. È certamente necessario un ulteriore approfondimento sull'argomento sia per verificare sul campo quanto sperimentato in laboratorio, sia per analizzare più da vicino realtà consortili e qualità del digestato prodotto.

Recentemente, grazie all'utilizzo di tecniche innovative di biologia molecolare applicate alla microbiologia sta crescendo inoltre l'interesse verso una migliore comprensione del ruolo della digestione anaerobica nell'abbattimento della carica microbica, già presente negli effluenti zootecnici, così come nel terreno.

Dall'analisi dei dati ottenuti dalle prime indagini, si può affermare che la qualità igienica del digestato è uguale o forse migliore rispetto al materiale utilizzato in ingresso (Bonetta et al., 2011).

3.2.4 LA COMBUSTIONE DELLE BIOMASSE NON FORESTALI

Gli scarti del settore vitivinicolo

Gli **scarti di potatura**, come evidenziato nel capitolo precedente, presentano caratteristiche tali da prediligere lo sfruttamento energetico attraverso processi termochimici, tipicamente la **combustione in caldaia** in quanto tale tecnologia appare attualmente la più rodada ed affidabile; sono tuttavia in fase di affiancamento alcune tecnologie (in primis la pirolisi e la gassificazione), che appaiono promettenti, seppur necessitando di ulteriori fasi di sperimentazione in quanto, ad oggi, ne è stato indagato soprattutto il comportamento con matrici tipicamente forestali (alcuni impianti a gassificazione di cippato sono addirittura già commercializzati in taglie assai variegata).

La valorizzazione energetica dei sarmenti mediante combustione può essere ottenuta sostanzialmente con due modalità:

- conferimento dei sarmenti ad un impianto di combustione centralizzato, di scala industriale, destinato alla produzione di energia termica;
- impiego diretto da parte del viticoltore utilizzando caldaie di piccola taglia.

Le simulazioni effettuate nel presente studio al fine di quantificare il potenziale provinciale ricavabile da tali matrici hanno percorso la prima delle due precedenti soluzioni.

Le sperimentazioni recentemente effettuate dalla Fondazione Edmund Mach sulla combustione dei sarmenti triturati presso una centrale a biomasse in scala industriale dotata di 2 caldaie della potenza termica unitaria pari a 4 MW, hanno evidenziato come:

- dal punto di vista tecnico-meccanico l'alimentazione della caldaia non ha creato problemi particolari. A detta dei tecnici della centrale a biomasse che ha ospitato una delle prove è tuttavia preferibile l'impiego dei sarmenti in miscela a cippato forestale o di segheria, che garantisce alla massa una maggiore fluidità;
- per quanto attiene la qualità delle emissioni la combustione dei sarmenti in caldaie industriali, dotate di filtri elettrostatici, origina fumi con livelli di contaminazione ampiamente entro i limiti di legge per tutti i parametri previsti dalla normativa di settore.

Dalla caratterizzazione della matrice (specifiche analisi di laboratorio effettuate a monte delle prove di combustione) è emerso che i residui di fitofarmaci utilizzati nella difesa della coltura si riscontrano sui tralci di potatura, anche se il loro livello risulta molto basso. È stato confermato che la gestione biologica comporta un minore numero di residui sulla superficie dei sarmenti. Pur ammettendo pochi principi attivi per i trattamenti contro le crittogame il sistema biologico non comporta livelli di residui maggiori rispetto ai trattamenti tradizionali degli elementi autorizzati (essenzialmente rame e zolfo). I tralci provenienti da impianti a controspalliera risultano meno inquinati da residui di fitofarmaci rispetto a quelli provenienti da impianti a pergola. Anche la deriva ha un ruolo importante nel determinare la presenza di tracce di residui di fitofarmaci sul legno di potatura, oltre che sulle uve. L'esperienza condotta conferma l'importanza di considerare anche gli aspetti legati all'eventuale presenza di fitofarmaci, finora relativamente poco indagati, come parte integrante dei presupposti per l'utilizzazione dei tralci a fini energetici e questo rimanda all'importanza della modalità di combustione per avere un processo sicuro e compatibile con la normativa. Va comunque ricordato che i livelli riscontrati, in particolare a fine inverno sono estremamente contenuti.

Il monitoraggio dei fumi di combustione è stato effettuato con riferimento ai parametri previsti dal D.Lgs 152/06, con le seguenti metodologie:

parametro	metodologia
polveri totali	UNI EN 13284
C.O.T.	UNI EN 12619 (FID)
ossido di carbonio	MPI - 05 (ELETTR.)
ossido di azoto	MPI - 05 (ELETTR.)
anidridi solforose	MPI - 05 (ELETTR.)

Tabella 37. norme di riferimento per il monitoraggio delle emissioni

Anche il confronto fra i dati registrati con la combustione di sarmenti e di cippato di resinosa è confortante: il contenuto di polveri è più alto nel test con i sarmenti ma sempre su valori pari a 1/5 del limite massimo ammesso; analoga considerazione può essere fatta per gli ossidi di azoto, più elevati nei fumi dei sarmenti ma pari a circa 1/2 del valore limite. Se era lecito attendersi un maggior contenuto di azoto nel legno di piante coltivate rispetto a quello di essenze forestali, sorprende ma al contempo conforta il contenuto di ossidi di zolfo inferiore nei fumi generati dai sarmenti rispetto a quelli emessi dal cippato. Come noto lo zolfo è un elemento molto impiegato nella difesa della vite, ma non sembra che i residui di tale elemento sui sarmenti siano in grado di influenzare negativamente la qualità dei fumi.

Le sperimentazioni condotte dalla Fondazione Mach hanno comunque indagato anche il comportamento della combustione in una caldaia di piccola taglia [Cristoforetti et al. 2011], non dotata pertanto di sistemi di filtrazione. I risultati hanno confermato il rispetto dei vincoli normativi anche in tal caso, ma la soluzione del conferimento ad un grande impianto rimane preferibile, in attesa - soprattutto - di verificare l'efficacia ed i costi degli elettrofiltri di ultima generazione applicabili anche a caldaie di piccola potenza.

Analoghe sperimentazioni effettuate da AIEL (Associazione Italiana Energie Agroforestali) nell'ambito del progetto europeo Agriforenergy2, hanno evidenziato come non tutte le caldaie siano adatte all'impiego del cippato di vite. Si tratta, infatti, di un cippato con elevato contenuto di cenere, che contiene sempre una certa quantità di pezzi fuori misura e che, per effetto

dell'intreccio dei filamenti di corteccia, tende a "legare" e quindi a formare ponti nel silo di stoccaggio. Sulla base di questi elementi di criticità, nel caso di generatori >150 kW viene raccomandato:

- un sistema di estrazione del cippato dal silo a bracci articolati o a rastrelli;
- nel caso di un sistema di caricamento del focolare a coclea, un dispositivo meccanico per il taglio dei pezzi fuori misura (valvola stellare o monocamera) in corrispondenza del pozzetto di carico che collega la coclea di estrazione con quella di caricamento;
- nel caso di cippato molto eterogeneo (trinciato), un sistema di carico a spintore o simili;
- un focolare a griglia mobile dotato di un sistema automatico di evacuazione delle ceneri;
- un dispositivo meccanico o pneumatico di pulizia dello scambiatore di calore;
- valutare la possibilità di montare un filtro a maniche a valle del multiciclone.

In un'eventuale prosecuzione delle sperimentazioni condotte dalla Fondazione Mach si potrà estendere la verifica della contaminazione di fumi con altri elementi, ad esempio i metalli pesanti, per i quali la normativa non prevede attualmente limiti per la combustione di biomasse. Analogamente potranno essere condotte verifiche di combustione anche su scarti di potatura di altre colture, in primis il melo.

È indubbio che la combustione degli scarti di potatura presso impianti di taglia adeguata (esistenti e non) si sposa perfettamente con la soluzione della co/trigenerazione, dal momento che la generazione di energia elettrica avviene a valle del processo termochimico ed è pertanto svincolata, con l'adozione delle opportune soluzioni, dalla tipologia di matrice trattata. A tal proposito, si evidenzia come proprio nelle cantine, in particolare quelle cooperative, che dispongono da un lato di ampie superfici a vigneto e dall'altro di centri di lavorazione delle uve particolarmente energivori, si trovano spesso condizioni tecnico-economiche favorevoli per investimenti orientati al rinnovo e la conversione degli impianti di generazione energetica a cippato di vite autoprodotta dalle superfici dei soci della cantina. Tale soluzione, in alternativa a quella di destinare i sarmenti agli impianti esistenti, potrebbe essere presa in considerazione in svariati contesti del territorio provinciale, dove le realtà cooperative rappresentano più dell'80% della totale produzione di vino locale.

Per la trattazione delle tecnologie cogenerative si rimanda ai capitoli che esplorano le possibilità di sfruttamento del potenziale forestale della Provincia.

Ulteriori approfondimenti potrebbero essere effettuati sulla possibilità di trasformazione degli scarti di potatura in pellet: previa verifica della sostenibilità economica (variabile di caso in caso), la conversione in una tale forma consentirebbe indubbiamente - oltre agli scontati vantaggi legati alla facilità di stoccaggio - una maggiore accettabilità da parte delle caldaie a biomassa, grazie alla maggiore omogeneità fisica del materiale che verrebbe introdotto, nonché alla possibilità di costituire i mix più adeguati con materiale (scarti forestali), per il quale la maggior parte delle caldaie esistenti sono state concepite.

Raspi e vinacce

Dalla trattazione esposta nei paragrafi precedenti è emerso come i raspi rappresentino uno scarto di cantina non valorizzato in Trentino (e che comporta un costo di smaltimento), mentre quota parte delle vinacce potrebbe essere destinata alla conversione energetica. Entrambe queste matrici comportano problematiche tecnologiche legate a peculiari caratteristiche chimico/fisiche.

La **vinaccia** è un materiale con struttura eterogenea che generalmente consiste di un mix di circa il 40 % di componenti solidi come bucce di uva, semi e peduncoli. La quantità, consistenza e qualità dipende dal pretrattamento dell'uva e del mosto, dal tipo di uva, dall'andamento climatico, e dallo stadio di maturità. I pellet di vinaccia o di miscele con potature di vite possono rispondere ai requisiti della bozza di standard Europeo (prEN 14961-6) sui combustibili solidi. Una soluzione potrebbe essere costituita dalla pellettizzazione: come evidenziato dal progetto europeo MixBioPells, supportato dalla Commissione Europea nell'ambito del programma EIE, primi test di combustione con un piccolo impianto con bruciatore sotto alimentato hanno mostrato delle possibilità di utilizzo per l'uso in combustione. Il pellet di vinaccia ha rivelato un buon comportamento in combustione, tuttavia, causando elevati livelli delle emissioni gassose. Le emissioni totali di CO sono legate a insufficienti supporti di aria mancanza delle caratteristiche di controllo del sistema di combustione. Inoltre, ci potrebbero essere problemi in combustione per le emissioni di NOx e SO₂ come risultato di un aumento del contenuto di azoto e zolfo nel prodotto. Un elemento positivo è risultata la bassa quantità di cloro, che porta a bassi contenuti in HCl nelle emissioni e corrosioni. La leggera tendenza a produrre depositi, notati durante i test di combustione, non ha prodotto aspetti negativi nella rimozione delle ceneri. Anche se le emissioni di polveri sono elevate, l'uso di sistemi di abbattimento possono contenerle. In aggiunta, le miscele con le potature di vite migliorano le caratteristiche del prodotto e la sua combustione. Tali risultati spingono a ritenere che, adottando soluzioni impiantistiche maggiormente "onnivore" (o settabili e/o modificabili in maniera adeguata) ed individuando le giuste miscele con biomassa nobile, le difficoltà tecnologiche per la conversione termochimica della vinaccia potrebbero essere superate a tutto vantaggio dell'indotto vitivinicolo provinciale, previa verifica della sostenibilità economica (bilancio energetico complessivo) ed ambientale (che valuti anche l'impatto, in termini di emissioni, anche di parametri non esplicitamente richiesti dalla normativa applicabile).

I **raspi** costituiscono una matrice le cui possibilità di valorizzazione energetica non sono state ancora indagate a fondo. Esistono già in Italia impianti alimentati a raspi in miscela con altre tipologie di biomassa. Va puntualizzato come, dal punto di vista delle emissioni, questi impianti non vengano monitorati, con ogni probabilità, per i parametri non esplicitamente richiesti dalla normativa (es: la diossina; il rame, infatti, costituisce un forte elemento catalizzatore per la sua formazione ed i raspi - come le vinacce del resto - presentano un contenuto non trascurabile di questo metallo). Pur tuttavia si auspica che al più presto possano essere condotte sperimentazioni su impianti pilota o monitoraggi di impianti reali, in modo da appurare definitivamente la sostenibilità ambientale di tali processi, nonché i parametri (temperature, pretrattamenti, post-trattamenti, composizioni dei mix di alimentazione) necessari per debellare ogni possibile rischio di formazione di composti dannosi per l'ambiente e la salute.

A titolo di esempio può essere citato l'impianto sito presso Faenza (RA), alimentato da una miscela di biomasse (vinaccia, raspi, cippato) e da gas metano/biogas. L'impianto di combustione delle biomasse è costituito da un sistema di combustione a griglia a gradini con movimento alternato e con alimentazione a cassetto. La caldaia ha una potenzialità di 25 t/h a 45 bar e 440 °C ed è dotata di due banchi surriscaldatori il primo dei quali è inserito nel giro fumi, mentre il secondo è posizionato esternamente e funziona con apposito bruciatore a biogas e scarica i propri fumi nel circuito principale della caldaia permettendo il massimo recupero termico. Al fine di garantire l'esercizio con biomasse aventi umidità molto elevata (>50%) oltre ad



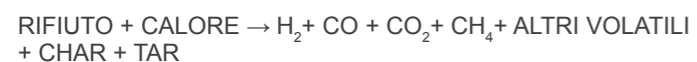
aver previsto la possibilità di preriscaldare l'aria comburente con aerotermini alimentati a vapore si è realizzata la camera di combustione con una prima zona adiabatica, mentre il resto della camera di combustione e parte della sovrastante camera di postcombustione sono realizzate con pareti membranate di tubi bollitori rivestiti con tavelle refrattarie. Sulla camera di postcombustione si affaccia anche un bruciatore di integrazione funzionante a biogas. La caldaia è di tipo appoggiato a circolazione naturale ad 1 corpo cilindrico ed è caratterizzata da una grande camera di combustione e post-combustione ascendente seguita da un canale radiante discendente con inversione dei fumi prima di raggiungere la zona convettiva a percorso orizzontale. A protezione dei surriscaldatori vi sono alcune file di tubi bollitori che garantiscono un abbattimento della temperatura fumi al di sotto dei 670 °C così da tenere sotto controllo il fenomeno dello slagging sui tubi surriscaldatori dovuto alla bassa temperatura di fusione delle ceneri delle vinacce, notoriamente ad alto contenuto di sali di potassio basso fondenti. A valle dei surriscaldatori vi sono altri banchi evaporatori; sia i primi che i secondi vengono mantenuti puliti con sistema a percussione. L'economizzatore che preriscalda l'acqua di alimento è costituito da un fascio di tubi orizzontali in un condotto fumi a percorso verticale ed è pulito con sistema a caduta di sferule. L'impianto è entrato in funzione nel 1998 e da subito ha dimostrato un funzionamento regolare, capace di garantire 8000 h/anno in esercizio industriale con interventi manutentivi marginali, a riprova del fatto che la soluzione tecnologica per la conversione energetica di matrici così "problematiche" può essere perseguita ed individuata, consentendo la sostenibilità economica degli investimenti. Rimane inteso il necessario approfondimento per quanto riguarda gli aspetti relativi alla compatibilità ambientale oltre il mero rispetto dei limiti di legge.

3.2.5 I TRATTAMENTI TERMOCHIMICI "ALTERNATIVI": LA GASSIFICAZIONE E LA PIROLISI

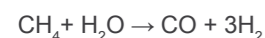
I trattamenti termo-chimici di gassificazione e pirolisi, non a ragione vengono spesso considerati come una tecnologia innovativa, infatti, tali processi si sono affermati ed hanno trovato il loro iniziale sviluppo applicato al carbone; oggi sono considerati come alternativa ai processi per la conversione della biomassa e ai processi termo-chimici di trattamento dei rifiuti, anche grazie alla possibilità di integrazione con svariati processi industriali quali quelli deputati alla produzione di energia elettrica.

Tali processi (riferiti al carbone) hanno raggiunto efficienze molto elevate, in seguito alla ricerca svolta nell'ambito dei processi alternativi alla produzione di energia da combustibili fossili.

La **pirolisi** è una degradazione termica di materiale carbonioso, quale sono gli scarti organici, ottenuta tra i 400°C e gli 800°C, in completa assenza di agenti ossidanti, o con un limitatissimo apporto. I prodotti della pirolisi sono syngas, tar (trasformabili in bio-olio) e char (polverino di carbonio che costituisce la parte solida che rimane del materiale trattato). Le proporzioni relative di ognuno di questi prodotti dipendono dal tipo di processo ma in modo particolare dai parametri di reazione. Il processo chimico principale che avviene è il seguente:



Per massimizzare la quantità di idrogeno, in modo da incrementare il potere calorifico del prodotto in uscita al processo, si può far reagire il metano e gli altri idrocarburi prodotti con vapore acqueo, innescando una reazione detta di steam reforming:



Il processo di pirolisi viene classificato generalmente sulla base di due parametri che sono la temperatura ed il tempo di reazione, a seconda del tipo di biomassa da trattare e di quali sottoprodotti che si ambisce a massimizzare la produzione. I prodotti della pirolisi si presentano, infatti, come:

- una frazione gassosa costituita essenzialmente da idrogeno, metano, stiano, etano, ossidi di azoto e altri gas combustibili;
- una frazione liquida, costituita da catrame, acqua ed una varietà di sostanze organiche (oli);
- una frazione solida (char), costituita dal residuo carbonioso, oltre che da ceneri, inerti e specie metalliche.

Gli utilizzi che vengono fatti di tali prodotti sono:

- l'utilizzo del syngas è analogo a quello derivante dal processo di gassificazione, in quanto viene generalmente utilizzato in cicli a recupero energetico, in funzione del potere calorifico che varia in funzione del materiale in ingresso e delle modalità con cui viene eseguita la pirolisi;
- il bio-olio può trovare vari impieghi che sono co-combustione con carbone per produzione di energia elettrica, co-gassificazione, combustione in centrali termo-elettriche, utilizzo come fertilizzante...;
- il char può essere fatto reagire chimicamente con acido cloridrico per la produzione di carbone oppure fatto reagire con CO₂ per la produzione di carboni attivi.

La **gassificazione** consiste nella combustione parziale di un materiale in difetto di ossigeno; il principale prodotto è rappresentato di un gas arricchito in ossido di carbonio ed idrogeno; le reazioni di ossidazione parziale producono ridotti quantitativi di solidi e di liquidi condensabili rispetto ai gas; il calore necessario al processo viene fornito dalle reazioni di ossidazione parziale sino ad eliminare le esigenze di apporti termici dall'esterno. Il processo [schematizzato nella seguente immagine - fonte: Libera Università di Bolzano] avviene generalmente in seguito ad una fase di essiccamento e di pirolisi; durante quest'ultima fase si ha la produzione di gas che possono essere usati come combustibili e, inoltre, si formano residui solidi. La pirolisi, che precede la fase di gassificazione, consiste in una demolizione termica dei legami delle molecole organiche, generalmente con assorbimento di calore, con liberazione di gas quali monossido di carbonio, idrogeno e metano e con la formazione di catrami e carboni a loro volta combustibili.

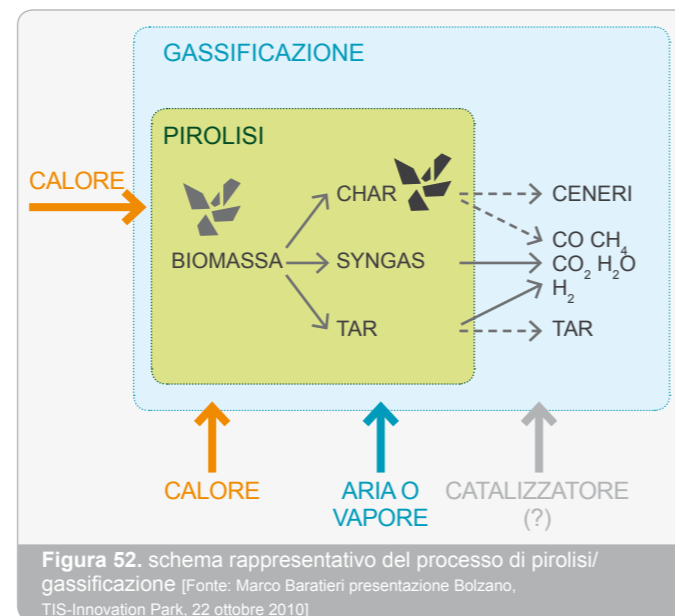


Figura 52. schema rappresentativo del processo di pirolisi/gassificazione [Fonte: Marco Baratieri presentazione Bolzano, TIS-Innovation Park, 22 ottobre 2010]

Le principali reazioni chimiche che avvengono sono le seguenti

[Fonte: Ing. Lorenzo Burberi e Ing. Lidia Lombardi, corso impianti di trattamento rifiuti solidi - Università degli Studi di Firenze]:

stechiometria della reazione	reazione
$\text{C} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2$	combustione
$\text{C} + 1/2 \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}$	ossidazione parziale
$\text{C} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO} + \text{H}_2$	reforming del carbone
$\text{C} + \text{CO}_2 \rightarrow 2\text{CO}$	reazione di Boudouard
$\text{C} + 2\text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_4$	metanazione
$\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2$	water/gas shift reaction

Tutte le reazioni illustrate sono favorite dalla temperatura ad eccezione della reazione di conversione dell'ossido di carbonio in idrogeno; nel processo di gassificazione si può pensare anche di lavorare con valori attorno a 1.200°C per operare una conversione completa del materiale in ingresso in gas di sintesi e realizzare il cracking termico del tar. Questo, però, in determinati reattori e per determinate sostanze a ceneri bassofondenti non è possibile perché si arriverebbe alla fusione delle ceneri che comprometterebbe la funzionalità dell'impianto e, inoltre, determinerebbe delle perdite energetiche a causa del raggiungimento di temperature troppo elevate. La tendenza attuale per i moderni impianti è utilizzare dei catalizzatori che possano favorire il cracking termico del tar anche a temperature più basse e, generalmente, il processo si sviluppa nell'intervallo degli 800-900°C. Il principale prodotto della gassificazione è gas combustibile, che viene classificato in tre categorie, in funzione dell'agente gassificante che viene utilizzato nel processo (aria, ossigeno puro o una miscela di ossigeno e vapore acqueo). Il syngas può essere caratterizzato da contaminanti, che potrebbero danneggiare o influenzare i successivi trattamenti e la cui concentrazione deve essere ridotta per il rispetto di limiti normativi; il livello di depurazione che è necessario raggiungere dipende dall'utilizzo finale a cui il gas combustibile è destinato e si può stabilire che:

- un livello di depurazione non troppo spinto (depolverazione) può essere sufficiente nel caso di un suo utilizzo come gas riducente per processi industriali o per il suo inserimento in forni per la produzione di cemento o laterizi;
- un livello di depurazione maggiore è necessario nel caso di generazione di energia elettrica con motori volumetrici a combustione interna o turbina a gas.

Sia per la pirolisi che per la gassificazione i reattori generalmente si differenziano soprattutto in base alla fluidodinamica che ne caratterizza il funzionamento. Infatti, a seconda della direzione di alimentazione della biomassa (in entrata e in uscita) e, nel caso dei gassificatori, del punto di introduzione dell'agente ossidante, la conformazione degli impianti varia drasticamente.

La valorizzazione del gas combustibile può avvenire indirizzandolo direttamente ad una fase di combustione per l'ottenimento di energia termica (es: acqua calda), dalla quale gli eventuali fumi possono essere trattati anche in modalità non troppo spinte e quindi sfruttati da un generatore di vapore per l'alimentazione di una turbina, con conseguente produzione di energia elettrica; a valle dell'intero processo può risultare necessario un'ulteriore fase di trattamento dei fumi. In alternativa, il syngas grezzo può essere trattato per l'asportazione di residui e tar, quindi indirizzato ad una turbina o un motore endotermico per la generazione di elettricità (conversione diretta).

Uno dei vantaggi che tali tecnologie promettono di garantire rispetto a processi più "tradizionali" consiste nel maggiore controllo applicabile al combustibile gassoso generato dalla degradazione termochimica: il fatto che quest'ultimo venga convogliato, eventualmente purificato ed indirizzato ad un generatore per esso ottimizzato, consente un maggior controllo e contenimento delle emissioni. Altro vantaggio (per ora solo potenziale, in quanto non è ancora stata prodotta la normativa che regolamenti tale aspetto, né sono state condotte sufficienti sperimentazioni in campo) è la possibilità di sfruttamento del residuo solido del processo (char) come ammendante per i suoli coltivati.

Ad oggi, le applicazioni più diffuse dei processi di gassificazione e/o pirolisi si contano nel settore delle biomasse forestali. Rispetto ad una semplice combustione, infatti, i due processi sembrano essere maggiormente influenzati dall'omogeneità del materiale di alimentazione, dalla quale dipendono per il buon funzionamento dell'impianto. Le soluzioni funzionanti a cippato, dopo essere state perfezionate nel corso degli ultimi anni presso grandi centrali a servizio di interi distretti produttivi, vengono ormai commercializzate anche in taglie quasi "domestiche", al di sotto dei 50 kWel, che dimostrano buone doti in termini di affidabilità. Nell'immagine sottostante è rappresentata una soluzione commerciale compatta di piccola taglia:



Figura 53. gassificatore di piccola taglia attualmente in commercio

Se i processi sopra descritti appaiono estremamente promettenti, se non concretamente sviluppati anche a livello commerciale, nel caso di alimentazione con biomasse nobili di origine forestale, non si può dire altrettanto per il trattamento di matrici di altro tipo, contraddistinte da una minore omogeneità delle caratteristiche chimico-fisiche, non ultimo il maggior contenuto d'acqua. Nel corso degli ultimi anni sono stati realizzati in Italia impianti di svariate scale (dagli impianti pilota a servizio di attività di sperimentazione a veri e propri impianti produttivi in scala reale sorti da iniziative progettuali isolate a servizio di stabilimenti produttivi ambiziosi di sfruttare i propri scarti di produzione organici). Una qualsiasi attività di indagine si voglia condurre allo scopo di censire le realtà ad oggi esistenti, tuttavia, porta inevitabilmente a constatare la non raggiunta maturità (in termini, soprattutto, di affidabilità) di tali tecnologie nel caso vengano applicate a biomasse di scarto di origine non forestale/arboricola o generata da colture dedicate. Le soluzioni proposte appaiono certamente promettenti, soprattutto perché la semplice combustione si addice meno a matrici organiche dal contenuto d'acqua elevato. La possibilità di destinare gli scarti di produzione del settore agroindustriale e della trasformazione



alimentare a trattamenti alternativi alla digestione anaerobica (che necessità di un costante ed accurato controllo di processo, risulta spesso inapplicabile per carenze di spazi da dedicare alla linea del biogas, e può essere malvista per i rischi di impatto odorigeno ad essa annessi) è di enorme stimolo per l'affinamento delle tecnologie in oggetto.

A titolo di esempio, si cita la soluzione della **pirolisi lenta umida e catalizzata**, che sembra si addica bene al settore della trasformazione della frutta (realtà imprenditoriale di una certa consistenza in Trentino), in quanto studiato per essere alimentato da scarti quali bucce e semi.

Di indubbio aiuto al possibile sviluppo del settore potrà essere l'attività di normazione condotta dai Gruppi di Lavoro e i Sottocomitati in seno al CTI (Comitato Termotecnico Italiano): attualmente è in fase di sviluppo una norma che regola le caratteristiche dei prodotti finali e gli impianti di gassificazione e pirolisi, in collegamento con gli organi CEN ed ISO affini all'argomento.

3.2.6 IL TRATTAMENTO DEL BIOGAS E LO SFRUTTAMENTO DEL BIOMETANO

Il biogas ottenuto dalla digestione anaerobica di residui organici è composto da metano (50-70%), anidride carbonica (30-50%) e altri composti volatili presenti in traccia (contaminanti). A titolo indicativo nella tabella seguente si riporta la composizione media del biogas e del gas naturale. La [tabella 38] è tratta dal documento per la consultazione 160/2012/r/gas prodotto da AEEG nell'aprile 2012 "Regolazione tecnica ed economica delle connessioni di impianti di produzione di biometano alle reti del gas naturale".

Prima dell'utilizzo e a seconda del tipo di utilizzo finale il biogas deve essere sottoposto a processi di pulizia e purificazione. Il

	biogas	gas naturale
metano	50-70%	93-98%
etano	-	< 3%
propano	-	< 2%
azoto	< 3%	< 1%
ossigeno	< 2%	< 1%
diossido di carbonio	25-40%	
acqua	2-7%	
solfo di idrogeno	< 1%	
ammoniaca	< 1%	
silossani	tracce	

Tabella 38. composizioni medie del biogas e del gas naturale

biogas impiegato per la produzione di energia elettrica di norma corrisponde a un biogas che ha subito il processo di raffinazione grezza (filtrazione, desolfurazione, deumidificazione). Una raffinazione più spinta (separazione solfuri, arricchimento di metano, eliminazione della CO₂ ed eliminazione di ulteriori contaminanti) è invece necessaria per l'eventuale immissione nelle reti del gas naturale (soluzione ancora non possibile in Italia, causa l'assenza di norme specifiche che regolamentano il settore). Il processo di purificazione si può realizzare tramite membrane, idonee anche per servire basse portate di biogas in ingresso (100-50 Nm³/h) anche se ad oggi non completamente testate nella pratica industriale. Più testate sono le tecniche di adsorbimento chimico, applicate in impianti con portate molto elevate (250 Nm³/h di biogas e fino a 500-600 Nm³/h. Il biogas viene convertito in biometano (miscela composta di metano > 97%) principalmente mediante un processo di rimozione dell'anidride carbonica denominato upgrading, associato ad un trattamento di purificazione suddiviso in diverse fasi la cui sequenza dipende dalla specifica tecnologia di upgrading adottata. A tal proposito, attualmente la tipologia di processo di upgrading più idonea per le piccole taglie (es: 100 Nm³/h di biometano trattato) sembra essere la tecnologia a membrane, come evidenziato dalla [tabella 39].

Al termine del processo di purificazione e upgrading, il BM ottenuto è chimicamente molto simile al gas naturale (NG). Le possibili destinazioni finali del BM sono perciò del tutto equivalenti a quelle del NG: stazioni di rifornimento di carburante poste più o meno nei pressi dell'impianto di produzione di biogas (la distanza è direttamente correlata allo sviluppo e alla struttura della rete di distribuzione del gas), co-generazione in impianti centralizzati (ove in particolare il calore prodotto dal cascame termico generato da cogeneratore possa essere usato in maniera più efficiente), utenze domestiche (riscaldamento e cottura), utenze industriali. È quindi evidente come in questo modo il BM possa rappresentare un mezzo energeticamente più flessibile, e quindi più efficiente, rispetto al biogas.

Prima dell'immissione in rete, ovvero prima dell'utilizzo come carburante nelle stazioni di servizio, il BM deve molto spesso subire un ulteriore trattamento di condizionamento (aggiunta di propano per raggiungere il potere calorifico del gas presente in rete), odorizzazione ed infine ulteriore compressione, la cui entità dipende dalla compressione a cui si trova il gas con cui il BM è destinato a mescolarsi ovvero, nel caso dell'impiego come carburante per autotrazione, dal livello di compressione del gas che il BM è destinato a sostituire. In generale deve essere rispettata la compatibilità con le caratteristiche del gas stabilite dalla rete locale ove il BM viene immesso.

parametro	PWS	CA	PSA	MS	CL	grande scala	piccola scala
qualità gas	alta	alta	alta	alta	alta	alta	alta
quantità gas v.	alta	alta	media	bassa	media	alta	bassa
investimento	medio	medio +	alto	basso	alto	medio	basso
manutenzione	media	media +	media +	bassa	alta	media	bassa
gestione	media	complessa	complessa	facile	complessa	media	facile
compattezza	media	media	no	si	no	media	si
eff. metano	alta	alta	media	bassa	alta	alta	bassa
emissioni	basse	basse	medie	medie	basse	basse	medie
flusso rifiuti	continuo	continuo +	batch	batch	continuo	continuo	batch

PWS= Pressurized Water Scrubbing MS= Membrane Separation
 CA= Catalytic Absorption CL= Cryogenic Liquefaction
 PSA= Pressure Swing Absorption

idoneo alla grande scala idoneo alla piccola scala

Tabella 39. confronto fra i principali processi di upgrading attualmente esistenti

Gli impianti per l'erogazione di metano per autotrazione possono essere alimentati da condotta ovvero alimentati da carro bombolaia.

In breve, questa applicazione ha una grande potenzialità, nel medio-lungo periodo, per il contenimento delle emissioni di anidride carbonica che essa assicurerebbe, dal momento che essa consente di sostituire metano di origine fossile con metano ottenuto da una fonte rinnovabile. Si tratta di una soluzione in fase ancora dimostrativa e sperimentale, che ha attirato tuttavia l'interesse di alcuni Stati quali la Germania e l'Inghilterra, che hanno già introdotto incentivi per la produzione di biometano e la sua immissione nella rete nazionale. Di difficile valutazione è inoltre il costo energetico necessario per ottenere la depurazione del biogas, che può impattare in modo decisivo sul ritorno economico complessivo dell'investimento. Per una trattazione maggiormente dettagliata sui processi tecnologici per la produzione di biometano si rimanda al Biomass Energy Report - 2011 del Politecnico di Milano.

3.3 IL QUADRO NORMATIVO NAZIONALE E LOCALE

La complessità dell'apparato normativo che regola il settore di riferimento per ogni singola matrice considerata nel presente studio suggerisce di approcciare tale analisi distinguendo, invece, i processi di conversione energetica oggi utilizzabili. Questi ultimi possono essere suddivisi in due principali tipologie/tecnologie: il trattamento termochimico e la digestione anaerobica, analizzati nei paragrafi precedenti.

3.3.1 LA DIGESTIONE ANAEROBICA

Per la realizzazione di un impianto di digestione anaerobica, il contesto normativo di riferimento contempla limiti e vincoli che vengono di seguito esposti.

Regime fiscale

Nell'ipotesi che l'impianto in questione si configuri come impianto agricolo in virtù della netta prevalenza di reflui zootecnici trattati e che, quindi, la produzione di energia elettrica possa essere considerata "attività agricola connessa" (art. 2135 del codice civile), viene richiesto il rispetto del principio di "prevalenza" (circ. n. 32/E del 6 Luglio 2009 dell'Agenzia delle Entrate). In sintesi, per quanto concerne la produzione di energia da fonti rinnovabili agroforestali, devono essere utilizzate biomasse provenienti prevalentemente dal fondo secondo i criteri fissati dalla circolare 44/E del 15 Novembre 2004. Nel caso specifico di utilizzo di materiali non suscettibili di valutazione (quali ad esempio reflui zootecnici), il calcolo della prevalenza viene effettuato sulla base dell'energia generata, vale a dire che almeno il 51% dell'energia prodotta deve essere originata da biomasse aziendali.

Regime contributivo

L'incentivazione della produzione di energia da fonti rinnovabili nel settore agricolo, agro-alimentare, zootecnico e forestale, per le aziende agricole singole, associate o riunite in consorzi, è disciplinata all'art. 15 ter della provinciale sull'agricoltura (LP 28 marzo 2003 n. 4), recentemente modificato dalla LP 2 maggio 2012 n.8. Il contributo viene fissato nella misura del 50% della spesa ammessa per la realizzazione di impianti di trattamento anaerobico dei reflui zootecnici e prodotti vegetali. Vengono inoltre concessi contributi fino al 50% per la realizzazione di

strutture accessorie agli impianti nonché per l'acquisto di macchinari per lo spargimento del digestato ²³.

Regime incentivante

L'energia elettrica prodotta e ceduta alla rete, al netto dell'autoconsumo dell'impianto, viene remunerata, ai sensi dell'art. 2, comma 153, della Legge n. 244/07 e dell'art. 20 del DM 18 dicembre 2008 e legge 23/7/2009 n. 99, secondo la Tariffa Unica Onnicomprensiva, pari a 0,28 €/kWh. Tale tariffa non è cumulabile con interventi pubblici in conto capitale o in conto interessi eccedenti il 40% del costo di investimento. Tale tariffa rimarrà in vigore per gli impianti che entreranno in esercizio entro il 31 dicembre 2012.

La recente emanazione del DM 6 luglio 2012 (Incentivazione della produzione di energia elettrica da impianti a fonti rinnovabili diverse dai fotovoltaici), attuazione dell'art. 25 del D.Lgs. 28/2011, ha, infatti, sostanzialmente rivisto sia le modalità di concessione dell'incentivo che l'entità dello stesso. L'accesso ai meccanismi di incentivazione viene, infatti, subordinato all'iscrizione in un apposito registro, in base ad una graduatoria che viene stilata con riferimento ad alcuni criteri fissati dal decreto. Sono esclusi dall'obbligo di iscrizione a suddetto registro, e quindi accedono direttamente agli incentivi, gli impianti a biogas di potenza inferiore a 100 kW.

È prevista una tariffa base incentivante per impianti a biogas, che viene poi incrementata da alcuni premi specifici. La tariffa base differisce in relazione alla taglia degli impianti: per impianti di potenza compresa tra 1 e 300 kW alimentati da prodotti di origine biologica (colture dedicate) l'incentivo è di 0.180 €/kWh, mentre nel caso di sottoprodotti è di 0,236 €/kWh (con un massimo di 30% di coltivazioni dedicate).

Per quanto riguarda i premi, è previsto un incremento per la cogenerazione ad alto rendimento (0,04 €/kWh per i prodotti biologici, 0,04 €/kWh per i sottoprodotti e recupero del calore con teleriscaldamento e 0,10 €/kWh negli altri casi) ed uno tecnologico di 0,03 €/kWh per la cogenerazione ad alto rendimento che preveda il recupero del 60% dell'azoto per produrre fertilizzanti; in alternativa è previsto un premio per gli impianti fino a 600 kW di 0,02 €/kWh con recupero (percorso conservativo) del 30% dell'azoto (e che operano in assetto cogenerativo) e di 0,015 €/kWh nel caso sia realizzata una riduzione (percorso dissipativo) del 40% dell'azoto. È previsto infine un bonus di 0,30 €/kWh per la riduzione delle emissioni in atmosfera (cfr Allegato 5).

Regime autorizzatorio

A livello locale la LP 2 maggio 2012 n.8 ha introdotto l'art. 62 ter della legge urbanistica provinciale (LP 4 marzo 2008 n. 1), recante "Disposizioni in materia di impianti a biogas in aree agricole". È ammessa, ai sensi di suddetto articolo, nelle aree destinate all'agricoltura, la realizzazione da parte di imprenditori agricoli (singoli o associati) di impianti per la produzione di biogas (anche consorziali) mediante il recupero ed il trattamento di residui zootecnici e agricoli, purché questi impianti svolgano una funzione accessoria e strumentale rispetto all'attività principale di allevamento zootecnico. Inoltre gli impianti devono essere alimentati con l'utilizzo prevalente (minimo 70%) di effluenti zootecnici prodotti dall'azienda rispetto ad altre biomasse vegetali derivanti dalla sua attività o prodotte da aziende agricole localizzate nello stesso contesto territoriale. Sarà inoltre compito della Giunta Provinciale definire i limiti dimensionali degli impianti, i

²³ Digestato: residuo del processo di digestione anaerobica



criteri localizzativi, le condizioni realizzative e gestionali nonché l'identificazione del contesto territoriale di provenienza delle biomasse.

Iter autorizzativo

La Finanziaria 2008 (legge n. 244/07) ha introdotto importanti miglioramenti al D.Lgs. 387/03 relativo alla promozione dell'energia elettrica prodotta da fonti energetiche rinnovabili circa la realizzazione e la semplificazione delle procedure autorizzative, prevedendo la possibilità di avviare impianti di piccola taglia (<250 kW) attraverso la Dichiarazione di Inizio Attività (DIA). L'art. 12 del D.Lgs. 387/03 prevede un procedimento semplificato denominato "Autorizzazione Unica", per gli impianti a biogas di potenza superiore a 250 kW. È molto importante ricordare che l'Autorizzazione Unica non sostituisce la Valutazione di Impatto Ambientale (VIA), nei casi in cui essa è richiesta (Parte II del D.Lgs. 152/06).

Efficienza energetica

Alla luce del Provvedimento del Dirigente dell'Agenzia provinciale per l'energia n.23 del 25 marzo 2011 in materia di utilizzo energetico dei combustibili, non sono previsti limiti legati all'efficienza energetica per gli impianti alimentati "con biogas da digestione anaerobica di biomassa prodotta prevalentemente nello stesso sito dell'impianto". Lo stesso provvedimento prevede tuttavia il "rispetto del principio generale di impiegare i combustibili garantendo comunque un elevato grado di efficienza energetica complessiva".

Biomasse utilizzabili

La tipologia di biomassa impiegata è sicuramente un elemento che condiziona la redditività di un impianto di digestione anaerobica, influenzando direttamente sia il costo della razione di alimentazione che la produttività dell'impianto. Di grande interesse è quindi la codigestione di reflui zootecnici con altre biomasse; per poter concretamente inserire tali prodotti nel mix di alimentazione del reattore è necessaria, oltre che ad una valutazione di carattere tecnico anche una verifica normativa. A seconda della tipologia di biomassa, si configurano normativamente scenari diversi. Vengono di seguito riportate alcune indicazioni in tal senso, che dovranno comunque essere soggette all'assenso dell'organo di controllo competente (APPA).

Reflui zootecnici

La digestione anaerobica di soli reflui zootecnici è una prassi consolidata; non altrettanto chiaro sembra invece il contesto normativo di riferimento. La legge nazionale in materia di rifiuti, il D.Lgs 152/06, ne prevedeva l'esclusione dal campo di applicazione dei rifiuti (art. 185 D.Lgs 152/06 e s.m.i.), tuttavia le modifiche introdotte dal Dlgs 205/2010, non ne permettono attualmente una classificazione "certa".

I reflui zootecnici utilizzati in impianti di produzione di biogas aziendali o interaziendali possono essere sottoprodotti, a patto che soddisfino i requisiti (art. 184-bis D.Lgs 152/06) di seguito elencati:

- devono essere sostanze ed oggetti derivanti da un processo di produzione il cui scopo primario non è la loro produzione;
- è certo che le sostanze o gli oggetti saranno ulteriormente utilizzati nel corso dello stesso o di un successivo processo di produzione o di utilizzazione, da parte del produttore o di terzi;
- possono essere utilizzati direttamente senza alcun ulteriore trattamento diverso dalla normale pratica industriale;
- l'ulteriore utilizzo è legale, ossia le sostanze o gli oggetti soddisfano, per l'utilizzo specifico, tutti i requisiti pertinenti riguardanti i prodotti e la protezione della salute e dell'am-

biente e non determinando impatti complessivi negativi sull'ambiente o la salute umana.

Pertanto, nel caso in cui i reflui zootecnici non siano classificati rifiuti oppure siano configurati come sottoprodotti, l'impianto di digestione anaerobica non deve seguire l'iter autorizzativo previsto per gli impianti di trattamento rifiuti.

Materiale agricolo/vegetale

L'utilizzo di materiale agricolo/vegetale in un impianto agricolo di digestione anaerobica in qualità di cofermentante allo scopo di migliorare le rese energetiche del substrato, appare chiaramente consentito dalla classificazione di non rifiuto (art. 185 D.Lgs 152/06 e s.m.i.), come del resto la possibilità di utilizzo diretto in agricoltura del digestato (DM 7 aprile 2006 e dell'art. 184-bis D.Lgs 152/06 e s.m.i.) che può essere assimilato agli effluenti animali.

Scarti dell'agroindustria

Nel caso si ipotizzi l'impiego di scarti dell'agroindustria, dal punto di vista normativo (cfr all'art. 184-bis D.Lgs 152/06 e s.m.i.) è fondamentale accertare, con riferimento all'iter autorizzativo previsto per l'impianto, se tali materiali possano o meno essere considerati sottoprodotti. Va inoltre attentamente valutato se tali scarti mantengono la connotazione di biomasse vegetali, così come richiesto all'art. 62 ter della LP 2 maggio 2012 n.8 per l'alimentazione in impianti di digestione anaerobica a servizio del settore zootecnico.

Per quanto attiene il digestato, è contemplato l'utilizzo diretto in agricoltura qualora sussista la connotazione come sottoprodotto (art. 184-bis D.Lgs 152/06 e s.m.i.). Si deve sottolineare come la materia sia estremamente controversa e, come detto in precedenza, è imprescindibile una richiesta di parere all'organo di controllo (APPA).

Impiego del digestato

Il digestato, come riporta il D.Lgs n. 152/2006 - allegato C alla parte quarta, è considerato un rifiuto se originato da matrici a loro volta catalogate in tal modo, pertanto compare nell'elenco dei rifiuti CER:

- 190604 Digestato prodotto da trattamento anaerobico di rifiuti urbani.
- 190606 Digestato prodotto da trattamento anaerobico di rifiuti di origine animale o vegetale.

Pertanto, in tali casi, l'unica possibilità di utilizzo a scopi agronomici è attraverso specifiche autorizzazioni per operazioni di recupero rifiuti ("spandimento sul suolo a beneficio dell'agricoltura", codice R10 del D.Lgs n. 152/2006 - allegato C alla parte quarta), situazioni che raramente si verificano. Attraverso altre forme di recupero (es: processo di compostaggio in impianto autorizzato) il digestato può assumere altre forme e trovare possibilità di impiego come ammendante.

Il digestato è considerato sottoprodotto, invece, se ottenuto in impianti aziendali o interaziendali dalla digestione anaerobica, eventualmente associata anche ad altri trattamenti di tipo fisico-meccanico, di effluenti di allevamento o residui di origine vegetale o residui delle trasformazioni o delle valorizzazioni delle produzioni vegetali effettuate dall'agro-industria, conferiti come sottoprodotti, anche se miscelati fra loro, e utilizzato ai fini agronomici (DL 22 giugno 2012, n.83 art.52 comma 2 bis, convertito in legge dal Legge 7 agosto 2012, n. 134 art. 52).

3.3.2 I TRATTAMENTI TERMOCHIMICI

Normativa nazionale

L'utilizzo di biomasse per la produzione di energia mediante processi termochimici (combustione, pirolisi, gassificazione) è soggetto a vincoli normativi per quanto attiene due fasi: quella

precedente l'utilizzo (trasporto, stoccaggio) e quella di impiego energetico (emissioni in atmosfera).

Per quanto riguarda la prima fase l'aspetto dirimente è la possibilità di considerare la biomassa "non rifiuto", altrimenti anche la fase successiva di impiego non può che diventare un trattamento di rifiuti.

Per le sole biomasse di origine agricola e forestale la parte quarta del testo unico ambientale (D.Lgs 152/06) dispone che quando utilizzate per la produzione di energia non sono da considerarsi un rifiuto.

L'art. 185 del decreto "Esclusioni dal campo di applicazione", recita infatti:

1. non rientrano nel campo di applicazione della parte quarta del presente decreto:
 - f. le materie fecali, se non contemplate dal comma 2, lettera b), **paglia e altro materiale agricolo o forestale naturale non pericoloso utilizzati in agricoltura**, nella selvicoltura o **per la produzione di energia da tale biomassa** mediante processi o metodi che non danneggiano l'ambiente né mettono in pericolo la salute umana.

Per le biomasse non agricole e forestali, al fine di uno svincolo dalla classificazione di rifiuto, deve invece essere dimostrata la sussistenza della qualifica di sottoprodotto.

1. È un sottoprodotto e non un rifiuto ai sensi dell'articolo 183, comma 1, lettera a), 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, e 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 ulteriore 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 o la salute umana.

Pertanto anche l'utilizzo a fini energetici dei sottoprodotti è consentito nel rispetto delle condizioni sopra riportate.

Per quanto riguarda la fase di utilizzo a fini energetici, la normativa di riferimento è quella in materia di emissioni in atmosfera (D.Lgs 152/06, parte quinta).

L'utilizzo delle biomasse e della legna da ardere come combustibile in impianti termici civili ²⁴ è espressamente previsto nell'allegato X "Disciplina dei combustibili", parte I "Combustibili consentiti", sezioni 1 e 2, ove sono elencati i combustibili di cui è consentito l'utilizzo negli impianti termici civili di potenza rispettivamente < e > ad 1 MW. Fra questi sono annoverate, al punto n) della sezione 1 ed al punto h) della sezione 2, le "biomasse combustibili individuate nella parte II, sezione 4", ossia, fra gli altri:

- a. materiale vegetale prodotto da coltivazioni dedicate.
- b. materiale vegetale prodotto da trattamento esclusivamente

meccanico, lavaggio con acqua o essiccazione di coltivazioni agricole non dedicate ²⁵.

- c. materiale vegetale prodotto da interventi selvicolturali, da manutenzione forestale e da potatura.
- d. materiale vegetale prodotto dalla lavorazione esclusivamente meccanica e dal trattamento con aria, vapore o acqua anche surriscaldata di legno vergine e costituito da corteccia, 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 ²⁴.
- e. materiale vegetale prodotto da trattamento esclusivamente meccanico, lavaggio con acqua o essiccazione di prodotti agricoli.

Al successivo paragrafo 1-bis²⁴ viene indicato che, "Salvo il caso in cui i materiali elencati nel paragrafo 1 derivino da processi direttamente destinati alla loro produzione o ricadano nelle esclusioni dal campo di applicazione della parte quarta del presente decreto, la possibilità di utilizzare tali biomasse secondo le disposizioni della presente parte quinta è subordinata alla sussistenza dei requisiti previsti per i sottoprodotti della precedente parte quarta".

Per quanto attiene la regolamentazione delle emissioni in atmosfera, i valori sempre dalla parte quinta del D.Lgs 152/06, nell'allegato I "Valori di emissione e prescrizioni", parte III "Valori di emissione per specifiche tipologie di impianti" sono già stati riportati in **[tabella 29]**.

Raspi, vinacce e vinaccioli, pollina

Il decreto n.5396/2008 (modificato dal decreto 7407/2010) ha previsto la possibilità di derogare all'obbligo della consegna alle distillerie dei sottoprodotti della vinificazione).

La Legge 30 dicembre 2008, n.205 (Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 3 novembre 2008, n. 171, recante misure urgenti per il rilancio competitivo del settore agroalimentare) prevede, all'articolo 2-bis che:

"Le **vinacce** vergini nonché le vinacce esauste ed i loro componenti, **bucce, vinaccioli e raspi**, derivanti dai processi di vinificazione e di distillazione, che subiscono esclusivamente trattamenti di tipo meccanico fisico, compreso il lavaggio con acqua o l'essiccazione, nonché, previa autorizzazione degli enti competenti, la **pollina** ²⁶, 4 destinati alla combustione nel medesimo ciclo produttivo sono da considerare sottoprodotti soggetti alla disciplina di cui alla sezione 4 della parte II dell'allegato X alla parte quinta del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152".

Pertanto anche le biomasse sopra citate possono essere considerate "combustibili" alle stesse condizioni degli scarti vegetali di cui al paragrafo precedente, con l'aggravante che è imposto chiaramente il riutilizzo nel medesimo ciclo produttivo.

Normativa provinciale

A livello locale l'utilizzo delle biomasse per la produzione di energia è normato dai seguenti provvedimenti:

- DECRETO DEL PRESIDENTE DELLA PROVINCIA 30 luglio 2008, n. 29-136/Leg
Regolamento recante la disciplina delle caratteristiche merceologiche e delle modalità di impiego dei combustibili aventi rilevanza ai fini dell'inquinamento atmosferico (art. 10 del decreto del Presidente della Giunta provinciale 26 gennaio 1987, n. 1-41/Leg.)
Art. 3 - Combustibili consentiti negli impianti termici civili,

²⁴ Impianto termico civile: "impianto termico la cui produzione di calore è destinata, anche in edifici ad uso non residenziale, al riscaldamento o alla climatizzazione di ambienti o al riscaldamento di acqua per usi igienici e sanitari; l'impianto termico civile è centralizzato se serve tutte le unità dell'edificio o di più edifici ed è individuale negli altri casi".

²⁵ D.Lgs 29 giugno 2010 n.128 Modifiche ed integrazioni al D.Lgs 152/06 recante norme in materia ambientale, a norma dell'articolo 12 della legge 18 giugno 2009, n.69.

²⁶ Legge 4 giugno 2010 n.96, art.18

disciplinati dal titolo II, parte quinta, del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152

1. Negli impianti disciplinati dal titolo II del decreto legislativo n. 152 del 2006 ed a quelli indicati dal comma 2, è consentito l'utilizzo dei seguenti combustibili:

- e) legna da ardere e biomasse legnose (legna tal quale)
- **PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO - AGENZIA PROVINCIALE PROTEZIONE AMBIENTE - PROVVEDIMENTO del DIRIGENTE dell'AGENZIA N. 23 DI DATA 25 Marzo 2011** Direttive in materia di utilizzo energetico dei combustibili ai sensi dell'art. 5, comma 3 del Decreto del Presidente della Provincia di data 30 luglio 2008, n. 29-136/Leg. Stabiliscono i valori di efficienza energetica minima degli impianti ed impongono limiti all'impatto dovuto al trasporto (in termini di emissioni di anidride carbonica complessivamente causate in caso di trasporto su gomma per 70 km e calcolate come media annua di emissioni) per l'approvvigionamento della biomassa.
- **LEGGE PROVINCIALE 4 ottobre 2012, n. 20** Legge provinciale sull'energia e attuazione dell'articolo 13 della direttiva 2009/28/CE del Parlamento europeo e del Consiglio del 23 aprile 2009 sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili, recante modifica e successiva abrogazione delle direttive 2001/77/CE e 2003/30/CE Stabilisce le disposizioni attuative per il recepimento della Direttiva Europea che prevede l'autorizzazione integrata per impianti al di sopra di una certa soglia dimensionale.

Regime contributivo

L'incentivazione della produzione di energia da fonti rinnovabili nel settore agricolo, agro-alimentare, zootecnico e forestale, per le aziende agricole singole, associate o riunite in consorzi, è disciplinata all'art. 15 ter della provinciale sull'agricoltura (LP 28 marzo 2003 n. 4), recentemente modificato dalla LP 2 maggio 2012 n.8.

I contributi concedibili dall'Agenzia provinciale per l'energia (APE) nel settore del risparmio energetico e per l'utilizzo delle fonti rinnovabili sono quelli previsti dalla L.P. 29 maggio 1980, n. 14 e s.m., nonché dalla L.P. 3 ottobre 2007, n. 16. Di anno in anno la Provincia stabilisce specifici criteri e fondi attraverso delibere che, appunto, individuano le tipologie di intervento ammesse a contributo, le percentuali e le modalità di calcolo e di liquidazione dei contributi.

Regime incentivante

Valgono le stesse considerazioni fatte per il settore del biogas (vedi sopra) per quanto riguarda la normativa applicabile nonché la tempistica del transitorio tra la normativa attualmente in vigore e la futura tariffa di incentivazione per l'energia elettrica prodotta e ceduta alla rete.

È prevista una tariffa base incentivante per impianti a biomasse, che viene poi incrementata da alcuni premi specifici. La tariffa base differisce in relazione alla taglia degli impianti: per impianti di potenza compresa tra 1 e 300 kW alimentati da prodotti di origine biologica (colture dedicate) l'incentivo è di 0,229 €/kWh, mentre nel caso di sottoprodotti è di 0,257 €/kWh.

Per quanto riguarda i premi, è previsto un incremento per la cogenerazione ad alto rendimento (0,04 €/kWh per i prodotti biologici, 0,04 €/kWh per i sottoprodotti e recupero del calore con teleriscaldamento e 0,10 €/kWh negli altri casi). È previsto, inoltre, un bonus di 0,30 €/kWh per la riduzione delle emissioni in atmosfera (rispetto ai limiti dell'Allegato 5); infine, per impianti di potenza compresa fra 1 e 5 MW, viene assegnato un premio per la riduzione dei Gas serra ed un altro nel caso di utilizzo delle colture indicate nella tab. 1-B.

3.3.3 GLI IMPATTI DEL NUOVO SISTEMA DI INCENTIVAZIONE

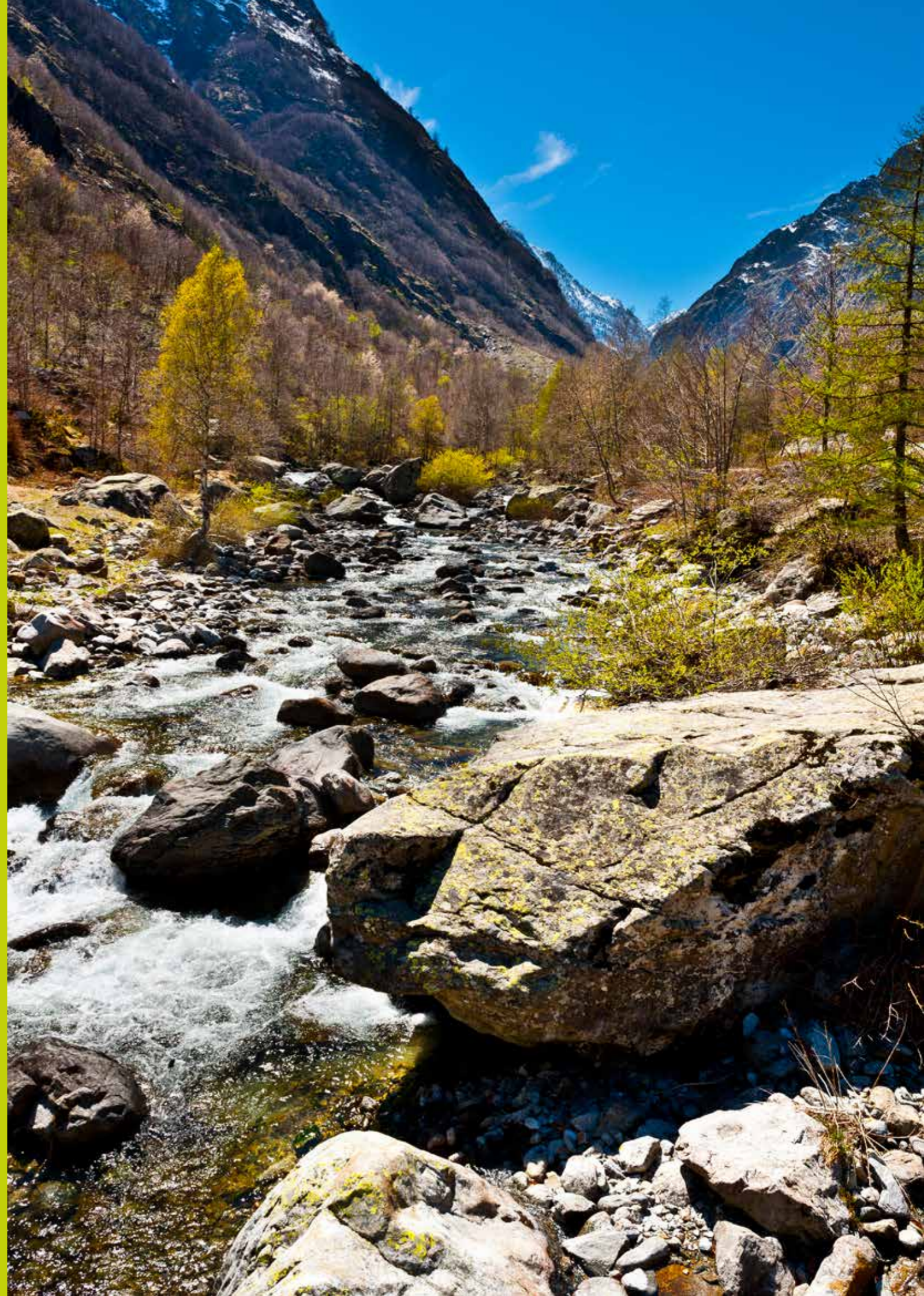
L'emanazione del DM 6 luglio 2012 ha decretato uno spostamento della filosofia alla base dei meccanismi incentivanti per la produzione di energia elettrica da biomasse; effettivamente si ravvisa la spinta al perseguimento di comportamenti virtuosi da parte degli operatori, promuovendo meccanismi premianti soprattutto per i bassi impatti ambientali (emissioni e contenuto di nutrienti nel digestato), le filiere corte e la massima efficienza (cogenerazione). L'ottenimento dei premi consentirebbe sostanzialmente il raggiungimento della condizione incentivante precedente. Appaiono favoriti maggiormente gli impianti di piccola taglia, fattore che potrebbe portare ad un crollo del mercato per tipologie impiantistiche di maggiore potenza nominale. In aggiunta va segnalata la preoccupazione degli operatori per gli obblighi burocratici richiesti per l'iscrizione ai registri previsti dal nuovo sistema. Si ipotizza che tali complicazioni possano essere state introdotte al fine di avvantaggiare meno determinate tipologie impiantistiche piuttosto che favorirne altre, in modo da ottenere una sorta di maggiore equilibrio fra le varie taglie e tecnologie disponibili.

Per quanto riguarda i processi di sfruttamento energetico analizzati nel presente documento, si prevedono in particolare i seguenti impatti, come analizzato nell'ambito del Biomass Energy Report 2012 del Politecnico di Milano:

- **impianti a biogas:** il taglio degli incentivi applicati in particolare modo agli impianti di taglia elevata e per determinate tipologie di biomassa (colture energetiche) viene complessivamente compensato dai sistemi premianti per le realtà che prevedano la cogenerazione ed il recupero dell'azoto.
- **impianti a combustione (caldaie) per teleriscaldamento:** non si ravvisano rilevanti elementi di variazione.
- **impianti di cogenerazione ORC:** si prevede possano risultare in parte penalizzati, visto il taglio agli incentivi (differenziato per le varie tipologie di biomassa) e l'aumento della complessità burocratica determinato dall'introduzione dei registri; ciò non è detto, infatti, che possa essere del tutto compensato dai meccanismi premianti per le soluzioni a cogenerazione.

Dal punto di vista degli investitori (segmenti di mercato), la categoria maggiormente penalizzata potrebbe risultare quella dei centri commerciali e di servizi, scoraggiati dall'investire, vista l'incrementata complessità burocratica, mentre i produttori e trasformatori di materie prime agroforestali potrebbero risultare avvantaggiati, dati i tagli applicati ad altre tipologie di biomassa (colture energetiche). Sostanzialmente le utenze domestiche, gli esercizi di agriturismo, le pubbliche amministrazioni ed i produttori di energia non dovrebbero accusare più di tanto la transizione al nuovo regime incentivante.

Al momento della redazione del presente documento, si è in attesa dell'emanazione del decreto di attuazione per gli incentivi allo sfruttamento dell'energia termica (il cosiddetto "conto energia termico").





La quantificazione delle biomasse disponibili in Provincia di Trento e la valutazione del loro contenuto energetico costituiscono il primo passo indispensabile per la seguente fase di pianificazione delle strategie riguardanti le energie rinnovabili e, di conseguenza, le politiche energetiche locali a tutto tondo. Tali azioni presuppongono l'individuazione di possibili scenari futuri di sfruttamento, al fine di valutarne la realizzabilità, dopo averne analizzato le possibili ripercussioni (in termini positivi ma anche negativi) sul contesto locale, in accordo con gli indirizzi nazionali ed europei.

Le considerazioni che seguono sono il frutto di elaborazioni che scaturiscono dall'analisi quantitativa di partenza, dalle informazioni ricavate nei contatti avvenuti con gli operatori di settore nel corso dell'indagine, e dalle attività di supporto tecnico e scientifico che pervengono agli enti di ricerca e sperimentazione locali da svariati esponenti del mondo imprenditoriale e non, i quali - dimostrando una certa lungimiranza e spirito di iniziativa - sono alla ricerca di soluzioni che consentano loro di sfruttare ciò che il territorio trentino fino ad ora non ha valorizzato, ossia quota parte dei rifiuti e degli scarti organici prodotti dalle proprie attività tipiche.

4.1 GLI SCENARI DI POSSIBILE SFRUTTAMENTO DELLE BIOMASSE FORESTALI

La produzione di assortimenti legnosi di origine forestale si basa su processi ecologici complessi e ciò implica la necessità di considerare nell'analisi dell'offerta i vincoli dovuti allo stock di biomassa presente, alla capacità di rigenerazione del popolamento forestale, alle pratiche selvicolturali e di trattamento del bosco e alle tecnologie applicabili in relazione alle condizioni orografiche e stagionali. Numerose sono inoltre le variabili socio-economiche che influenzano la produzione forestale, fra le quali si ricordano il prezzo dei prodotti, i costi di produzione e gli obiettivi dell'imprenditore.

Appaiono dunque evidenti la complessità dei fenomeni coinvolti e la necessità di strumenti decisionali che siano in grado di affrontare in un ambito unitario tutti gli aspetti interessati. Come detto in precedenza, nel presente lavoro la disponibilità di risorse legnose residuali forestali ad uso energetico, all'in-

terno del territorio della provincia di Trento, è stata calcolata attraverso una metodologia di analisi spaziale basata su Sistemi Informativi Geografici (o *Geographic Information System* - GIS). Lo stesso tipo di analisi è stata utilizzata per stimare la quantità di biomassa che si renderebbe disponibile sotto l'ipotesi di incrementare la ripresa di alcuni punti percentuali. A quest'analisi è stato associato un modello tecnico-economico sviluppato all'interno del progetto *"Biomassfor - Analisi della sostenibilità economica della filiera foresta-legno-energia in Trentino"*, implementato sempre sull'applicativo open-source GRASS-GIS. L'accoppiamento di questi due modelli consente di avere una stima sulle quantità di biomassa che di fatto potrebbero essere raccolte e impiegate per fini energetici e i relativi costi.

4.1.1 SCENARI E METODOLOGIA DI ANALISI

Il modello di analisi spaziale (Biomass4) è in grado di calcolare il quantitativo di biomassa residua forestale in base ad un processo multistep che permette di arrivare alla definizione dei seguenti parametri:

- **biomassa "ecologica"**: rappresenta il quantitativo di biomassa massimo asportabile in funzione della ripresa prescritta su ciascuna particella forestale;
- **biomassa "tecnica"**: rappresenta la parte di biomassa esboscabile in funzione dei mezzi meccanici impiegati;
- **biomassa "economica"**: rappresenta la biomassa asportabile dalle superfici in cui l'intero processo produttivo risulta economicamente conveniente.

N.B. In tutte queste definizioni per biomassa si intende quella asportabile per fini energetici, somma della biomassa che già attualmente viene asportata per usi civili o per impianti a biomassa e di quella che potrebbe venire asportata ma che attualmente viene lasciata in bosco. L'analisi riguarda solo il governo a fustaia.

La disponibilità di informazioni territoriali digitalizzate per l'area di esame, ottenute grazie a tecniche di telerilevamento e georeferenziazione ed implementate all'interno di un Sistema Informativo Territoriale (SIT) (tabella 40), ha permesso di applicare i modelli di offerta con dettaglio geografico e considerando una serie di variabili ecologiche, tecniche, logistiche ed economiche.

variabile	descrizione	fonte
modello digitale del terreno (DTM)	ASCII GRID Digital Terrain Model	Sistema Informativo Ambientale e Territoriale (SIAT), Provincia Autonoma di Trento (PAT)
viabilità principale	Shapefile	Carta Tecnica Provinciale (CTP), PAT
viabilità forestale	Shapefile	Servizio Foreste e Fauna, PAT
ripresa prescritta	Shapefile: ripresa prescritta per particella (m ³ /anno). Volume cormometrico (fusto con corteccia, senza cimale e rami)	PEFO, PAT
volume per tipologia forestale	Shapefile: ripresa prescritta (m ³ /anno) per particella e tipologia forestale	PEFO, PAT
confini particellari	Shapefile	PEFO, PAT
confini di distretto forestale	Shapefile	Servizio Foreste e Fauna, PAT
accidentalità del suolo	Shapefile: 0: non accidentato; 1: localmente accidentato; 2: parzialmente accidentato; 3: prevalentemente accidentato	PEFO, PAT
laghi	Shapefile	CTP, PAT
fiumi	Shapefile	CTP, PAT
diametro medio particellare	Shapefile: diametro medio particellare (cm)	PEFO, PAT
volume medio per pianta	Shapefile: volume medio per pianta (m ³)	PEFO, PAT

Tabella 40. Sistema Informativo Territoriale impiegato



La metodologia di analisi adottata può essere sintetizzata attraverso le seguenti fasi:

1. la superficie forestale è rappresentata attraverso una base dati geografica. Ad ogni unità territoriale saranno associate tutte le variabili del soprassuolo: ecologiche (specie, fertilità, ecc.), geomorfologiche (pendenza, accidentalità, tipo di suolo, ecc.), logistiche (accessibilità, distanza dal punto di vendita e/o conferimento del materiale legnoso, ecc.), tecniche (lotto minimo utilizzabile, tipologia di macchinario, forma di governo, trattamento, ecc.) e gestionali (ripartizione assortimentale, ecc.);
2. combinando le variabili ecologiche e geomorfologiche con la ripartizione assortimentale ordinaria, è possibile quantificare l'offerta potenziale di assortimenti legnosi, espressa in termini di prelievo sostenibile;
3. introducendo nel modello di analisi i ricavi derivanti dalla vendita di ciascun assortimento ritraibile (tondame, paleria, biomassa energetica, ecc.), nonché i costi connessi al processo di lavorazione (taglio, allestimento, esbosco, spese generali, ecc.), per differenza si giunge alla quantificazione del ricavo netto per ciascuna minima unità territoriale. Nel presente lavoro, essendo l'analisi sviluppata su cartografie raster, la minima unità territoriale è da identificare in pixel quadrati con risoluzione 40x40m. In un determinato contesto geografico (aggregazione a livello di distretto forestale), la quantità totale di prodotto utilizzabile equivarrà all'offerta aggregata prelevabile dai pixel nei quali il ricavo netto è risultato maggiore di zero, ovvero nelle aree a macchiatico positivo;
4. in funzione dello scenario di analisi l'eventuale curva di offerta degli assortimenti legnosi per una determinata area, è definita ripetendo il passaggio 3 in maniera iterativa, per un certo range di prezzi della biomassa legnosa.

4.1.2 STRUTTURAZIONE DEL MODELLO DI ANALISI

Attualmente gli scarti delle utilizzazioni forestali sono impiegati negli impianti a biomassa provinciali in maniera meno consistente rispetto al cippato proveniente da segheria (Casini et al., 2012). Questo, oltre alle buone caratteristiche qualitative del cippato da industrie di prima trasformazione del legno, è dovuto alla difficoltà di sfruttamento della ramaglia e dei cimali forestali. Tale aspetto è principalmente causato dalle condizioni geomorfologiche prevalenti nel territorio Trentino quali pendenza ed accidentalità spesso elevate. L'utilizzo di questa tipologia di biocombustibili deve prevedere pertanto l'impiego di cantieri altamente meccanizzati che riescano a superare le suddette difficoltà tecnico-logistiche (Spinelli e Secknus, 2005). Spinelli e Magagnotti (2007) evidenziano con i risultati del progetto "Alpi Orientali" che nell'ambito della selvicoltura alpina il recupero separato di tronchi da un lato e ramaglia e cimali dall'altro, non è conveniente dal punto di vista economico. Questo accade con la tecnica del cosiddetto legno corto (Short Wood System - SWS - o Cut-to-Length System - CTL) in cui, dopo l'abbattimento, la sramatura ed il depezzamento della pianta avvengono direttamente sul letto di caduta tramite il lavoro di un operatore munito di motosega. Successivamente la fase di esbosco può essere effettuata tramite trattore e verricello, skidder, forwarder o con gru a cavo a stazione motrice fissa o mobile, a seconda delle condizioni stazionali. Ulteriori sistemi di lavoro sviluppati negli ultimi anni possono essere ricondotti alla tecnica combinata pianta intera/legno corto (Full Tree e Cut-to-Length, FT-CTL) in cui l'abbattimento e la parziale sramatura sono effettuate sul letto di caduta ed il resto del processamento all'imposto ed il sistema della pianta intera (Full Tree System - FTS). In quest'ultimo caso il cantiere tipico è rappresentato dall'accoppiata gru a cavo-processore; l'utilizzazione prevede l'abbattimento delle piante con motosega, l'eventuale parziale depezzatura in bosco e l'esbosco delle piante con gru a cavo fino all'imposto dove il processore effettua la sramatura, la depezzatura e l'accata-

stamento dei tronchi. All'imposto si forma quindi una catasta di tronchi che viene periodicamente sgomberata e un cumulo di biomassa forestale costituito da rami, cimali e pezzi di tronco danneggiati, non adatti alla produzione di segati (Associazione Regionale PEFC Trentino - Gruppo Alta Meccanizzazione, 2008). Sempre nel caso di cantieri ad alta meccanizzazione l'alternativa al sistema gru a cavo-processore può essere rappresentata dall'impiego di harvester e forwarder. L'harvester è dotata di una testata in grado di afferrare l'albero, abbatte, sramarlo e depezzarlo e generalmente è abbinata ad un forwarder che raccoglie il materiale precedentemente allestito ed accatasta lungo le piste di esbosco. Il grado di accidentalità del terreno costituisce un limite all'impiego. Nel caso di esbosco di pianta intera l'harvester procede con l'abbattimento dell'albero ed il forwarder all'esbosco fino all'imposto dove la pianta verrà allestita (Centro di Eccellenza per le Bioenergie, 2011).

Dal punto di vista del livello tecnologico in Trentino l'utilizzo di testate harvester per il taglio è ridotto così come l'impiego di forwarder per l'esbosco che vengono impiegati solo saltuariamente (schianti, esbosco di materiale lungo piste da sci, ecc). L'esbosco avviene in maniera sempre maggiore con gru a cavo anche se il sistema trattore e verricello è ancora quello più utilizzato nei boschi privati (Giovannini, 2010).

L'allestimento con processor o harvester all'imposto denota una produzione di circa 40.000 metri cubi di legname trentino all'anno. La stima, riferita all'anno 2007, considera un impiego di tredici macchinari, confermando pertanto un sotto utilizzo dei mezzi.

Da sottolineare come l'Amministrazione pubblica provinciale nell'ultimo decennio, abbia, attraverso finanziamenti specifici, contribuito all'acquisto di macchinari forestali con conseguente forte innovazione e ammodernamento del parco macchine.

In quest'ottica i residui ritraibili dalle utilizzazioni forestali sono stati stimati nell'ipotesi di un aumento del grado di meccanizzazione della logistica della filiera foresta-legno-energia rispetto agli standard medi attuali. In prima approssimazione è stato comunque escluso dall'elaborazione il materiale proveniente dall'asportazione delle ceppaie. La rimozione delle ceppaie prevede infatti l'impiego di tecniche di lavoro e macchinari non ancora diffusi nell'ambito della selvicoltura alpina. La maggior concentrazione di questi sistemi di lavoro per la produzione di chips nell'area europea è da ricondurre alle formazioni di conifere dei Paesi scandinavi in particolare la Finlandia (Kärhä, 2011). Un aspetto ulteriore che può limitare l'estrazione delle ceppaie per l'uso energetico è rappresentato dal potenziale impatto su diversi aspetti della multifunzionalità forestale come ad esempio sul ciclo degli elementi e sugli organismi decompositori (Saana et al., 2011) o la possibile diminuzione della biodiversità a livello erbaceo/arbustivo (Kaye et al., 2008). Un'ulteriore tipologia di assortimento da impiegare per uso energetico potrebbe essere quella del tondame danneggiato o con aspetti qualitativi che non permettono di destinarlo alle industrie di trasformazione del legno (classificazione del legname non rientrante nelle categorie A, B, C o D del CNR-IVALSA - Pollini, 2006). A causa del grado di approssimazione potenzialmente derivante dalla stima del materiale danneggiato nelle operazioni di abbattimento, allestimento ed esbosco ed al fine di mantenere una quantificazione cautelativa della disponibilità di biomassa si è quindi proceduto al calcolo dell'ammontare di ramaglia e cimali, escludendo le altre tipologie di assortimento legnoso.

Va tenuto presente che la metodologia utilizzata porta ad una quantificazione inferiore dell'ammontare totale di cimali e ramaglia, (68645 tonnellate) rispetto a quanto indicato

nella precedente tabella 15 (138655 m³ x 0,631 t/m³ = 87479 t), poichè vi sono particelle comunque non raggiungibili.

Il modello di analisi prevede la possibilità di considerare un diverso grado di prelievo di biomassa legnosa: è infatti possibile ipotizzare che per ogni metro cubo di ripresa prescritta ed in funzione della tipologia di soprassuolo e taglio finale, possano essere prelevati diversi quantitativi di biocombustibile.

In base a dati di bibliografia (Spinelli e Magagnotti, 2007; Bernetti e Fagarazzi, 2003) tale valore è stato identificato in una percentuale di residuo sul totale della ripresa pari al 22%.

Data l'assenza di informazioni relative alla localizzazione dei diradamenti (dovuta anche alla soglia minima di cavallettamento dei PEFO pari a 17,5 cm) il quantitativo di materiale proveniente da questo tipo di intervento è stato sinteticamente stimato con un approccio non spazializzato. Vengono di seguito descritte le varie fasi di analisi relative all'implementazione del modello.

4.1.3 DEFINIZIONE DI TIPOLOGIA DI CANTIERE FORESTALE

La scelta della tipologia di cantiere forestale da applicare nelle varie particelle forestali, ha tenuto in considerazione le caratteristiche morfologiche e la distanza dalla viabilità delle aree boscate. In particolare le variabili introdotte nel modello sono la pendenza, l'accidentalità e la distanza dalle strade principali e forestali. In funzione dei suddetti fattori le fasi di abbattimento, allestimento ed esbosco del materiale legnoso possono essere effettuate attraverso due metodologie indicate come cantiere "a" e cantiere "b".

Nel cantiere "a" si ipotizza l'impiego di mezzi terrestri: successivamente alla fase di taglio e parziale allestimento realizzata con harvester, l'esbosco è previsto o con skidder o con forwarder, in funzione dello scenario analizzato. La stessa testata harvester completerà l'allestimento del materiale legnoso all'imposto. I limiti tecnici dell'accoppiata harvester e skidder/forwarder sono di seguito elencati:

- pendenza massima del terreno del 30% (Lubello et al., 2006);
- ridotta accidentalità del terreno;
- distanza dalla viabilità inferiore ai 600 m per lo skidder e 800 m per il forwarder in considerazione del fatto che oltre tale soglia cala eccessivamente la produttività (Spinelli et al., 2004).

Il cantiere "b" prevede che la fase di abbattimento avvenga con un operaio forestale munito di motosega; l'esbosco della pianta intera con gru a cavo sarà in questo caso seguito da un allestimento, presso l'imposto, con processore.

I limiti tecnici dei mezzi via cavo sono meno stringenti rispetto a quelli dei mezzi via terra, e sono definiti in (Zambelli et al., 2010, 2012):

- una pendenza minima del 30% e massima del 100%, oltre la quale l'operatore forestale trova maggiori difficoltà a muoversi nel bosco per l'abbattimento;
- l'accidentalità può essere qualsiasi, ovviamente più il terreno è accidentato maggiore sarà la difficoltà degli operatori a spostarsi in bosco.

La distanza di esbosco dipende dalla lunghezza del cavo, in generale per una torretta mobile si raggiungono i 1000 m, anche se normalmente è di 600 m, mentre per una gru a cavo con stazione fissa si arriva fino a 1500 m, anche se normalmente è di 1000 m. In questo caso la viabilità considerata è quella forestale in quanto l'installazione di un sistema di esbosco basato su gru a cavo causa un'occupazione della sede stradale non applicabile in altre tipologie di viabilità.

4.1.4 CALCOLO DELLE DISTANZE DI ESBOSCO E TRASPORTO

L'approccio utilizzato nel presente lavoro è stato incentrato sulla definizione dei costi di esbosco e trasporto degli assortimenti legnosi, basati sulle distanze di movimentazione del materiale. In particolare la distanza di esbosco della pianta intera è stata calcolata come quella tra ciascun pixel ricadente nella particella forestale e l'imposto più prossimo. A causa dell'assenza di un database georeferito relativo agli imposti presenti sull'area analizzata, in prima approssimazione l'esbosco è stato considerato presso la viabilità più vicina al punto di offerta. La distanza di trasporto prevede invece la movimentazione esclusivamente dei residui legnosi ad uso energetico, che verranno conferiti presso l'impianto a biomassa più prossimo.

Partendo dalla definizione data precedentemente delle due possibilità di cantiere forestale possiamo ipotizzare delle produttività orarie, dei costi orari e unitari come riportato di seguito.

4.1.5 CALCOLO DEI COSTI

L'abbattimento con motosega è basato sulla produttività media oraria indicata da Spinelli e Magagnotti (2005) e da Hippoliti e Piegai (2000). La disponibilità sul PEFO di indici dettagliati per particella ha permesso di differenziare la produttività in abbattimento in base al diametro medio della pianta a petto d'uomo ed alla pendenza.

L'allestimento delle piante all'imposto prevede l'impiego di un processore. La produttività media oraria è calcolata in funzione del diametro medio (Nagawa et al. 2010).

L'abbattimento e allestimento con harvester ha considerato una produttività come da Stampfer e Steinmuller (2001), calcolata sviluppando un algoritmo di analisi incentrato sul volume medio della singola pianta, la pendenza del sito e la tipologia di trattamento.

La valutazione della produttività in fase di esbosco è calcolata con i valori riportati da Lubello (2008). Il modello è in grado di valutare l'effettiva produttività oraria in base alla distanza di esbosco ed al mezzo impiegato.

La fase preliminare al trasporto della biomassa agli impianti di teleriscaldamento (localizzazione degli stessi specificata in Casini et al., 2012) consiste nella cippatura dei residui delle utilizzazioni forestali. L'ipotesi introdotta nel modello è quella che la sminuzzatura del materiale legnoso avvenga all'imposto. Questa ipotesi sottende la necessità di spazi idonei alla movimentazione del materiale legnoso ed al relativo processamento, casistica non direttamente verificabile a scala provinciale nel presente lavoro. In particolare le caratteristiche della viabilità forestale, come la larghezza della carreggiata ed i raggi di curvatura minimi, nonché le dimensioni degli imposti e/o dei piazzali di stoccaggio del legname devono prevedere la possibilità di transito e sosta, anche contemporanea, di macchinari quali ad esempio autocarro o camion per il trasporto dei residui e della cippatrice autocarata.

L'ipotesi di cippatura di ramaglia e cimali è considerata con una macchina da 335 kW, con motore indipendente e caricatore idraulico (Spinelli et al., 2007; Spinelli e Magagnotti, 2010). Il trasporto del cippato prevede l'impiego di un camion della capacità di 32 m³; i tempi di lavoro considerano il carico, la pesa, lo scarico, i tempi morti ed i viaggi di andata e ritorno (Spinelli et al., 2007).

I costi delle diverse fasi del processo produttivo sono valutati in base alle classiche metodologie definite dall'economia forestale e sono comprensivi delle voci di spesa per i macchinari e la manodopera. Infine, ai costi totali, sono state sommate le spese di direzione del cantiere, le spese amministrative e gli interessi sul capitale anticipato (Bernetti e Romano, 2007).



Nel lavoro in esame non è risultato possibile associare a ciascuna area forestale il relativo costo legato al trasporto dei macchinari necessari per le varie fasi dell'utilizzazione (es. gru a cavo, harvester, cippatrice, ecc.), se non con un certo grado di approssimazione. Questo perché dovremmo conoscere l'esatta sede dell'impresa forestale con relativa distanza fino al cantiere di utilizzazione. Per implementare il suddetto costo nell'analisi, è stato considerato il concetto di "lotto minimo" sviluppato da Lubello et al. (2008). L'ipotesi è quella che l'utilizzazione di piccole superfici possa risultare antieconomica nel caso di impiego di una meccanizzazione avanzata riconducibile a mezzi come harvester e forwarder o il montaggio di un sistema a fune fisso. I ricavi ottenibili dalla vendita del legname, infatti, potrebbero non arrivare a coprire né il costo dell'installazione di un cantiere forestale, né il costo di trasporto dei macchinari fino alla particella interessata. Il limite minimo di superficie da far ricadere al taglio inserito nel modello è risultato, cautelativamente, pari ad 1 ha.

Tutte le aree che presentavano una superficie inferiore a tale soglia, seppur caratterizzate da un macchiatico positivo, sono state escluse dall'elaborazione.

4.1.6 CALCOLO DEI RICAVI

Il calcolo dei ricavi derivanti dall'intero processo produttivo è basato da un lato sulla definizione degli introiti potenzialmen-

te ottenibili dalla vendita di assortimenti legnosi tradizionali, dall'altro considerando la vendita di biomassa residuale ad uso energetico.

Il legname tradizionalmente ottenibile dalle fustaie di proprietà pubblica può essere ricondotto alle seguenti categorie assortimentali:

- assortimento unico
- bore di pino cembro
- bottoli
- legname da imballaggio
- legname da travatura
- legname da travatura di larice
- paleria
- sottomisure
- tronchi da sega
- tronchi da sega di larice

Questa classificazione deriva dai dati del Progetto Legno della Camera di Commercio Industria Artigianato e Agricoltura (CCIAA) di Trento. La ripartizione percentuale per ciascuna specie forestale, nei vari tipi di assortimento commerciabili è stata definita in base ad interviste agli attori locali della filiera foresta-legno quali rappresentanti del Servizio Foreste e Fauna, della Camera di Commercio e di imprese boschive [tabella 41].

tipologia assortimento	abeti*	larice	pini montani**	pino cembro	faggio ed altre latifoglie
assortimento unico	38%	84%	0%	0%	57%
bore di pino cembro	0%	0%	0%	100%	0%
bottoli	5%	0%	0%	0%	7%
legname da imballaggio	32%	0%	91%	0%	0%
legname da travatura	1%	0%	0%	0%	0%
legname da travatura di larice	0%	2%	0%	0%	0%
paleria	0%	7%	9%	0%	0%
sottomisure	1%	2%	0%	0%	1%
tronchi da sega	23%	0%	0%	0%	35%
tronchi da sega di larice	0%	5%	0%	0%	0%

* > comprensivo di abete rosso e abete bianco ** > comprensivo di pino nero e pino silvestre

Tabella 41. ripartizione percentuale per specie arborea o gruppi di specie in assortimenti legnosi

Esaminando l'archivio del Progetto Legno per quanto riguarda i prezzi di vendita all'imposto dei vari assortimenti legnosi, è stato possibile stabilire un prezzo medio per ciascuno di essi.

Attualmente in Trentino, i prezzi di vendita della biomassa legnosa residuale indirizzata al mercato energetico, prevedono una quantificazione del valore commerciale rapportata all'unità

di volume (€/m³) o all'unità di peso (€/t). Le due metodologie hanno il difetto di non incorporare l'effettivo contenuto energetico della materia prima, che come abbiamo visto, è strettamente dipendente dal contenuto idrico. Per realizzare una valutazione oggettiva del materiale legnoso e per poter comparare scenari produttivi diversi, il prezzo di vendita del cippato è espresso in €/MWh.

specie	abeti*	larice	pini montani**	pino cembro	faggio ed altre latifoglie
Prezzo di vendita ponderato (€/m ³)	79,54	81,33	69,51	193	83,45

Tabella 42. prezzi di vendita del legname per gruppi di specie forestali

4.1.7 SCENARI DI ANALISI

Al fine di delineare le possibili direzioni per un'ottimizzazione della filiera foresta-legno-energia della provincia di Trento sono stati analizzati diversi scenari relativi sia ad un diverso grado di meccanizzazione dei cantieri forestali, sia alla possibilità di variazione del prezzo di vendita della biomassa ad uso energetico.

Gli scenari valutati sono di seguito descritti:

- **scenario A (base):** nel caso di esbosco con mezzi a fune la meccanizzazione impiegata prevede l'uso di una gru a cavo con distanza massima di esbosco pari a 800m. Nel caso di utilizzo di mezzi via terra verrà impiegato uno skidder con distanza massima di esbosco pari 600m. Il prezzo di vendita del cippato forestale sarà pari a 20 €/MWh corrispondenti a circa 56 €/t per materiale con un contenuto idrico del 40% (M40);
- **scenario B (variazione del prezzo di vendita della biomassa):** nell'ipotesi di un aumento del prezzo della biomassa residua in linea con l'andamento di mercato registrato nell'ultimo decennio (Casini et al., 2012) lo scenario B prevedrà un aumento iterativo del prezzo del cippato da 20 €/MWh a 35,6 €/MWh (circa 100 €/t), rispetto allo scenario A (mantenendo lo stesso livello di meccanizzazione).
- **scenario C (meccanizzazione ottimizzata):** in questo scenario i mezzi impiegati per l'esbosco potranno essere, a se-

conda delle condizioni stazionali e logistiche, una gru a cavo con massima distanza di esbosco di 1200 m od un forwarder con massima distanza di esbosco di 800m. Il prezzo di vendita del cippato forestale sarà pari a 20 €/MWh. L'analisi valuterà se i maggiori costi orari dei macchinari rispetto allo scenario A (dovuti all'impiego di mezzi con potenze, capacità di carico e difficoltà gestionali maggiori) potranno essere compensati da produttività più alte.

La manodopera ed i mezzi impiegati in ciascuna fase del processo produttivo, con i relativi costi unitari e totali orari, sono riportati in [tabella 43].

Gli stessi scenari sono stati poi valutati considerando un aumento della ripresa prescritta del 4%. Tale valore è l'incremento di ripresa previsto dal Servizio Foreste Fauna ogni 10 anni, per arrivare entro il 2050 ad un prelievo prescritto di circa 584.000 m³ tariffari (Scenari A1, B1,C1).

processo (e scenario)	n. operai	n. operai	costo operaio		macchinario	costo macch. (€/h)	costo totale (€/h)
	3° liv.	5° liv.	3° liv. (€/h)	5° liv. (€/h)			
abbattimento con motosega (A-B-C)	1	0	10,00	13,90	motosega	3,17	13,17
allestimento con processore (A-B-C)	0	1	10,00	13,90	processore	73,52	87,42
abbattimento e allestimento con harvester (A-B-C)	0	1	10,00	13,90	harvester	82,43	96,33
esbosco con gru a cavo (C)	2	1	10,00	13,90	gru a cavo	77,54	111,44
esbosco con gru a cavo (A-B)	2	1	10,00	13,90	gru a cavo	70,41	104,31
esbosco con forwarder (C)	0	1	10,00	13,90	forwarder	46,80	60,70
esbosco con skidder (A-B)	1	1	10,00	13,90	skidder	30,46	54,36
cippatura (A-B-C)	0	1	10,00	13,90	cippatrice	136,97	150,87
trasporto (A-B-C)	0	1	10,00	13,90	camion	51,00	64,9

Tabella 43. definizione dei costi orari totali per processo forestale e scenario

4.1.8 RISULTATI E DISCUSSIONE

4.1.8.1 OUTPUT DEL MODELLO

I risultati vengono espressi a livello di distretto forestale e riportano i valori di energia equivalente annua (materiale M40) per la disponibilità ecologica, tecnica ed economica. Gli output del modello si riferiscono alla componente forestale ascrivibile alle fustaie produttive dei PEFO; le aree governate a ceduo sono state escluse dall'analisi sia a causa della minore estensione complessiva, sia per le caratteristiche stazionali e di minor produttività che possono causare una diffusa antieconomicità dei cantieri se indirizzati alla produzione di biomassa residua. Sono state inoltre escluse dall'analisi le aree governate a fustaia con estensione inferiore ad 1 ha. In [figura 56] si riportano le aree interessate dall'analisi (verde) e quelle escluse (giallo e fucsia). Le aree inferiori a 1 ha sono praticamente invisibili a questa risoluzione e ininfluenti sul bilancio globale.

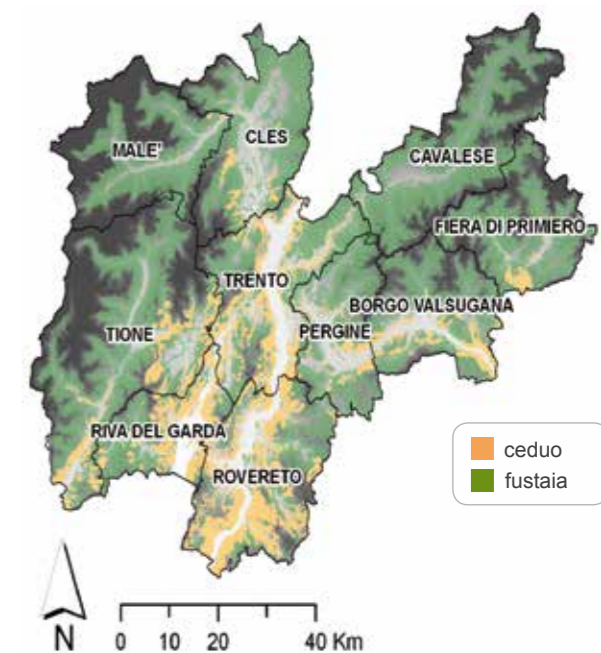


Figura 54. ripartizione provinciale per distretto forestale e forma di governo dei boschi

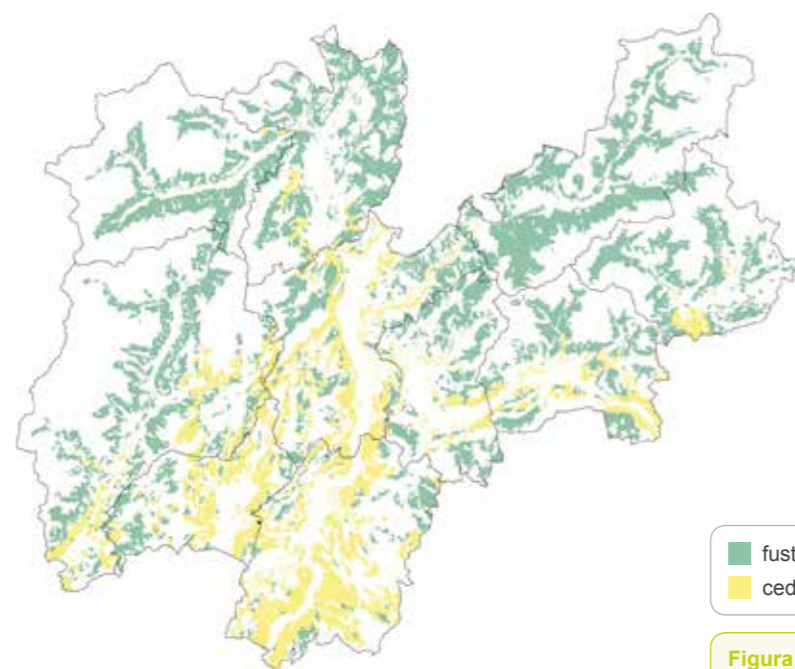


Figura 55. aree interessate e escluse dal modello di analisi

I valori della biomassa ecologica, tecnica ed economica riportati, si riferiscono ai soli quantitativi raccogliibili per usi energetici (al lordo delle assegnazioni per usi civici). Mentre, come detto, il ricavo netto totale annuo rappresenta la sommatoria del ricavo netto ottenibile dalle aree forestali caratterizzate da macchiatico positivo (differenza tra ricavi totali e costi di produzione maggiore di zero). Tale parametro comprenderà il valore relativo alla produzione e vendita di assortimenti tradizionali (legname da opera, paleria, ecc.) e biomassa ad uso energetico. Al fine di confrontare i diversi scenari di analisi vengono inoltre riportate le variazioni dei parametri analizzati sia all'interno dello scenario base, che dallo scenario base ai successivi.

La [tabella 44] descrive gli output dello scenario A.

scenario A (prezzo del cippato: 20 €/MWh)								
distretto forestale	biomassa "ecologica"*		biomassa "tecnica"*		biomassa "economica"*			ricavo totale
	t/anno	MWh/anno	t/anno	MWh/anno	t/anno	MWh/anno	tep/anno	
Cavalese	14892	41922	13773	38771	11415	32134	2763	1521609
Fiera di Primiero	8481	23873	7789	21925	6232	17544	1509	550805
Malè	7387	20793	6933	19515	5791	16303	1402	683629
Cles	7523	21178	6595	18564	5561	15654	1346	607609
Tione	10736	30221	9394	26445	7406	20849	1793	675666
Trento	4363	12282	4056	11419	3260	9176	789	345978
Pergine	5567	15671	5221	14696	4355	12258	1054	566182
Borgo Valsugana	6025	16961	5531	15571	4456	12543	1079	448361
Rovereto	2154	6063	1812	5100	1450	4083	351	139675
Riva del Garda	1518	4273	1255	3534	972	2737	235	87763
Totale	68645	193237	62359	175540	50899	143281	12320	5627277

*definizioni al paragrafo 4.1

Tabella 44. disponibilità di biomassa e ricavo netto per lo scenario A

Dalla [tabella 44] possiamo notare come, sia all'interno di ciascun distretto forestale, che sull'intero territorio provinciale assistiamo ad una diminuzione di disponibilità di biomassa dovuta all'introduzione di parametri tecnici ed economici. Il distretto con una maggior potenzialità produttiva risulta quello di Cavalese, seguito dalle aree di Tione, Fiera di Primiero, Malè, Cles e gli altri distretti a seguire. Il ricavo totale delle filiere foresta-legno e foresta-residuo-energia appare maggiore sempre nell'area di Cavalese con a seguire i distretti di Malè, Tione e Cles. La disponibilità di biomassa residua non segue proporzionalmente l'andamento del ricavo totale, a causa dalla tipologia di assortimenti tradizionali ritraibili, dai costi produttivi (primariamente legati all'accessibilità dei boschi) e dalle altre caratteristiche territoriali delle aree esaminate.

La [tabella 45] mostra come le disponibilità tecnica ed economica di biomassa si riducano rispettivamente del 10,1% e del 27% a livello provinciale rispetto alla disponibilità "ecologica" ovvero quella teoricamente prelevabile.

I distretti con una più alta riduzione di disponibilità "tecnica" (tecnicamente prelevabile) sono quelli di Riva del Garda e Rovereto. Questo è probabilmente dovuto all'influenza di parametri quali le elevate pendenze e l'accidentalità nelle aree a fustaia delle suddette zone; infatti il valore di densità della viabilità forestale risulta tra i più alti del territorio Trentino ²⁷. Tale aspetto è confermato dal fatto che la riduzione di disponibilità di biomassa dal punto di vista economico nei distretti di Rovereto e Riva del Garda ha mediamente un'influenza minore, partendo dalla disponibilità tecnica, rispetto alle altre aree (sintomo del fatto che un'adeguata densità viaria permette la riduzione dei costi produttivi).

Nelle [tabelle 46 e 47] vengono riportati i risultati per lo scenario B1 e B2. La disponibilità "ecologica", dipendendo semplicemente dalla correlazione con la ripresa prescritta e non da altri fattori, risulterà la stessa per ogni scenario produttivo.

distretto forestale	biomassa "tecnica"	biomassa "economica"	densità della viabilità forestale (m/ha)
Cavalese	-7,5%	-23,3%	22
Fiera di Primiero	-8,2%	-26,5%	20
Malè	-6,1%	-21,6%	26
Cles	-12,3%	-26,1%	20
Tione	-12,5%	-31,0%	24
Trento	-7,0%	-25,3%	30
Pergine	-6,2%	-21,8%	31
Borgo Valsugana	-8,2%	-26,0%	28
Rovereto	-15,9%	-32,7%	34
Riva del Garda	-17,3%	-35,9%	28
Media	-10,1%	-27,0%	26

Tabella 45. variazione di disponibilità "tecnica" ed "economica" di biomassa rispetto alle potenzialità "ecologiche" (scenario A); valore di densità della viabilità forestale.

scenario B1 (prezzo del cippato: 27,80 €/MWh)								
distretto forestale	biomassa "ecologica"		biomassa "tecnica"*		biomassa "economica"*			ricavo netto tot.
	t/anno	MWh/anno	t/anno	MWh/anno	t/anno	MWh/anno	tep/anno	
Cavalese	14892	41922	13773	38771	11595	32640	2807	1777736
Fiera di Primiero	8481	23873	7789	21925	6512	18330	1576	693851
Malè	7387	20793	6933	19515	5884	16564	1424	813427
Cles	7523	21178	6595	18564	5694	16028	1378	733060
Tione	10736	30221	9394	26445	7837	22061	1897	847054
Trento	4363	12282	4056	11419	3391	9546	821	420258
Pergine	5567	15671	5221	14696	4393	12366	1063	663953
Borgo Valsugana	6025	16961	5531	15571	4594	12931	1112	549597
Rovereto	2154	6063	1812	5100	1530	4306	370	172946
Riva del Garda	1518	4273	1255	3534	1040	2929	252	110429
Totale	68645	193237	62359	175540	52469	147701	12700	6782311

Tabella 46. disponibilità di biomassa e ricavo netto per lo scenario B1 (prezzo del cippato: 27,80 €/MWh)

²⁷ Da sottolineare come in funzione di quanto asserito da Hippoliti e Piegai (2000) possiamo considerare ben servita, un'area boscata con una densità di viabilità forestale almeno pari a 20m/ha. Il territorio della provincia di Trento risulta pertanto in linea o migliore rispetto al precedente valore in ogni distretto.



scenario B2 (prezzo del cippato: 35,60 €/MWh)								
distretto forestale	biomassa "ecologica"		biomassa "tecnica"*		biomassa "economica"*			ricavo netto tot. €/anno
	t/anno	MWh/anno	t/anno	MWh/anno	t/anno	MWh/anno	tep/anno	
Cavalese	14892	41922	13773	38771	11712	32968	2835	2036936
Fiera di Primiero	8481	23873	7789	21925	6655	18734	1611	841151
Malè	7387	20793	6933	19515	5934	16704	1436	944641
Cles	7523	21178	6595	18564	5763	16222	1395	860537
Tione	10736	30221	9394	26445	8044	22643	1947	1024976
Trento	4363	12282	4056	11419	3472	9775	840	496791
Pergine	5567	15671	5221	14696	4409	12412	1067	762260
Borgo Valsugana	6025	16961	5531	15571	4671	13149	1131	653125
Rovereto	2154	6063	1812	5100	1569	4416	380	207522
Riva del Garda	1518	4273	1255	3534	1075	3026	260	134106
Totale	68645	193237	62359	175540	53303	150049	12902	7962045

Tabella 47. disponibilità di biomassa e ricavo netto per lo scenario B2 (prezzo del cippato: 35,60 €/MWh)

Ovviamente, mantenendo invariata l'ipotesi di livello di meccanizzazione, la disponibilità "tecnica" non subirà variazioni nello scenario B rispetto allo scenario A. L'aumento del prezzo di vendita del cippato comporterà un incremento delle superfici a macchiatico positivo e, conseguentemente, della biomassa ad uso energetico e del ricavo netto totale.

Come evidenziato in [tabella 48] con un prezzo della biomassa di 27,80 €/MWh (circa 78 €/t) la disponibilità di biocombu-

stibile legnoso aumenterà rispetto allo scenario A (prezzo del cippato di 20 €/MWh ovvero circa 56 €/t) in un range variabile tra l'1 ed il 7% con un corrispettivo aumento del ricavo netto tra il 14 ed il 21%.

Ciò è dovuto al fatto che l'aumento delle superfici a macchiatico positivo aumenterà la disponibilità da assortimenti tradizionali, caratterizzati da un valore economico decisamente più alto rispetto alla biomassa residua.

distretto forestale	biomassa "tecnica"	biomassa "economica"	ricavo netto totale
Cavalese	0%	+2%	+14%
Fiera di Primiero	0%	+4%	+21%
Malè	0%	+2%	+16%
Cles	0%	+2%	+17%
Tione	0%	+5%	+20%
Trento	0%	+4%	+18%
Pergine	0%	+1%	+15%
Borgo Valsugana	0%	+3%	+18%
Rovereto	0%	+5%	+19%
Riva del Garda	0%	+7%	+21%
Media	0%	+3%	+17%

Tabella 48. variazione di disponibilità "tecnica" ed "economica" di biomassa e di ricavo netto rispetto allo scenario A (scenario B1; prezzo del cippato di 27,80 €/MWh)

distretto forestale	biomassa "tecnica"	biomassa "economica"	ricavo netto totale
Cavalese	0%	+3%	+25%
Fiera di Primiero	0%	+6%	+35%
Malè	0%	+2%	+28%
Cles	0%	+4%	+29%
Tione	0%	+8%	+34%
Trento	0%	+6%	+30%
Pergine	0%	+1%	+26%
Borgo Valsugana	0%	+5%	+31%
Rovereto	0%	+8%	+33%
Riva del Garda	0%	+10%	+35%
Media	0%	+5%	+29%

Tabella 49. variazione di disponibilità "tecnica" ed "economica" di biomassa e di ricavo netto rispetto allo scenario A (scenario B2; prezzo del cippato di 35,60 €/MWh)

Con un prezzo del cippato di 35,60 €/MWh (100 €/t) la biomassa incrementerà tra l'1 e il 10% con un aumento di ricavo netto totale variabile tra il 25 ed il 35% [tabella 49].

Lo scenario C valuta, rispetto allo scenario A, un aumento del grado di meccanizzazione andando ad introdurre macchinari caratterizzati da capacità di esbosco (distanze e portate) maggiori [tabella 50 e 51].

Andando a valutare la variazione percentuale dei risultati rispetto allo scenario A, notiamo come la disponibilità tecnica di biomassa vada ad aumentare, in funzione del maggior grado di meccanizzazione. Tale aumento è variabile in un range compreso tra lo 0 ed il 6% con un valore medio provinciale dell'1%.

scenario C (prezzo del cippato: 20 €/MWh)								
distretto forestale	biomassa "ecologica"		biomassa "tecnica"		biomassa "economica"			ricavo netto tot. €/anno
	t/anno	MWh/anno	t/anno	MWh/anno	t/anno	MWh/anno	tep/anno	
Cavalese	14892	41922	13893	39110	11123	31311	2692	1748573
Fiera di Primiero	8481	23873	7932	22329	5707	16065	1381	582204
Malè	7387	20793	6963	19600	5586	15724	1352	681314
Cles	7523	21178	6742	18978	5394	15183	1306	957280
Tione	10736	30221	9629	27106	6671	18779	1615	708381
Trento	4363	12282	4100	11541	3058	8608	740	437665
Pergine	5567	15671	5227	14715	4299	12102	1041	736697
Borgo Valsugana	6025	16961	5596	15754	4193	11802	1015	519306
Rovereto	2154	6063	1865	5249	1363	3836	330	240012
Riva del Garda	1518	4273	1336	3760	849	2391	206	91924
Totale	68645	193237	63283	178142	48242	135801	11677	6703356

Tabella 50. disponibilità di biomassa e ricavo netto per lo scenario C

distretto forestale	biomassa "tecnica"	biomassa "economica"	ricavo netto totale
Cavalese	+1%	-3%	+13%
Fiera di Primiero	+2%	-9%	+5%
Malè	0%	-4%	0%
Cles	+2%	-3%	+37%
Tione	+2%	-11%	+5%
Trento	+1%	-7%	+21%
Pergine	0%	-1%	+23%
Borgo Valsugana	+1%	-6%	+14%
Rovereto	+3%	-6%	+42%
Riva del Garda	+6%	-14%	+5%
Media	+1%	-6%	+16%

Tabella 51. variazione di disponibilità "tecnica" ed "economica" di biomassa e di ricavo netto rispetto allo scenario A (scenario C)

Questo risultato denota come l'incremento delle capacità di esbosco ipotizzato, non influisca eccessivamente sulla disponibilità tecnica di biomassa; infatti come sottolineato precedentemente, i boschi trentini risultano già ad oggi ben serviti dal punto di vista della densità di viabilità forestale ed un aumento della capacità di esbosco in termini di distanza percorribile dai mezzi non influisce eccessivamente. Per questo, variando di poco la disponibilità tecnica, i maggiori costi unitari (orari) dei mezzi non risultano compensati dalle maggiori produttività; questo aspetto è evidenziato dal decremento di biomassa economica, rispetto allo scenario A, all'interno di ciascun distretto. Ciò è dovuto ad una diminuzione delle superfici a macchiatico

positivo in termini assoluti; in realtà avremmo esclusivamente una variazione delle superfici forestali in cui la differenza tra ricavi e costi di produzione è positiva, con uno spostamento verso quelle aree più distanti dalla viabilità forestali, ma con un prezzo unitario degli assortimenti tradizionali più alto: quest'ultima affermazione è confermata dall'aumento del ricavo netto dell'intera filiera che, in definitiva, conferma la convenienza relativa all'aumento del livello di meccanizzazione dal punto di vista economico.

I dati relativi ai tre scenari si riportano in maniera riassuntiva in [tabella 52] e [figura 57].



distretto forestale	biomassa "ecologica"			biomassa "economica"				ricavo €/anno	incremento ricavo rispetto allo scenario A		
	scenario			scenario				scenario	scenario		
	A	B	C	A	B1	B2	C	A	B1	B2	C
Cavalese	41922			32134	32640	32968	31311	1521609	17%	34%	15%
Fiera di Primiero	23873			17544	18330	18734	16065	550805	26%	53%	6%
Malè	20793			16303	16564	16704	15724	683629	19%	38%	0%
Cles	21178			15654	16028	16222	15183	607609	21%	42%	58%
Tione	30221			20849	22061	22643	18779	675666	25%	52%	5%
Trento	12282			9176	9546	9775	8608	345978	21%	44%	27%
Pergine	15671			12258	12366	12412	12102	566182	17%	35%	30%
Borgo Valsugana	16961			12543	12931	13149	11802	448361	23%	46%	16%
Rovereto	6063			4083	4306	4416	3836	139675	24%	49%	72%
Riva del Garda	4273			2737	2929	3026	2391	87763	26%	53%	5%
Totale	193237			143281	147701	150049	135801	5627277	21%	41%	19%

Tabella 52. tabella riassuntiva degli scenari proposti

Le stesse valutazioni sono state fatte considerando un aumento della ripresa del 4%. Questo e l'incremento della ripresa prevista dal Servizio Foreste Fauna ogni 10 anni, per arrivare ad una ripresa di circa 584.000 m³ entro il 2050. (+16% rispetto alla ripresa attuale). Un'ulteriore valutazione è stata fatta considerando una ripresa maggiorata del 10%.

Gli scenari rivalutati con una ripresa del 4% sono stati indicati come A4, B4, C4 mentre quelli con una ripresa al 10% come A10, B10, C10. In tabella 53 si propongono i risultati delle elaborazioni per lo scenario A4, in termini di incremento percentuale rispetto allo scenario di riferimento (scenario base A).

L'influenza delle fasi di lavorazione legate al processamento della biomassa residua, denota ancora una volta la propria importanza. Infatti i maggiori quantitativi di ramaglia residuale associati all'aumento di ripresa comporta una variazione della convenienza economica della produzione di biomassa stessa variabile da distretto a distretto. In altre parole i maggiori costi del processamento della ramaglia, non sono compensati dai maggiori ricavi derivanti dalla vendita di assortimenti tradizionali (a parte per quei distretti con assortimenti dal più alto valore unitario). Se ad esempio risulta un aumento di disponibilità per Cavalese, Pergine e Trento, nelle altre aree possiamo avere una diminuzione di bioenergia, che comunque denota un bilancio neutro a livello provinciale. Per quanto riguarda il ricavo netto totale anche in questo caso abbiamo un marcato incremento.

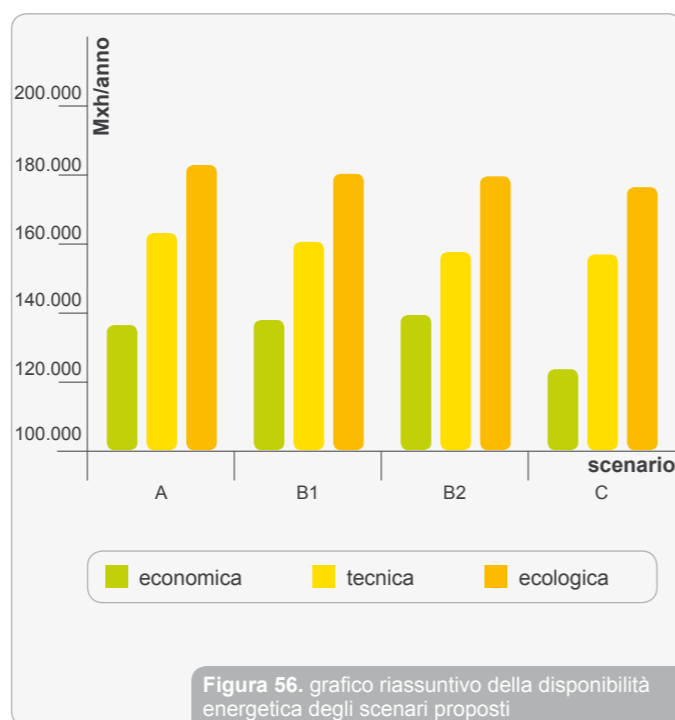


Figura 56. grafico riassuntivo della disponibilità energetica degli scenari proposti

distretto forestale	biomassa "ecologica"		biomassa "tecnica"		biomassa "economica"		ricavo netto totale	
	variaz.	MWh/anno	variaz.	MWh/anno	variaz.	MWh/anno	variaz.	€/anno
Cavalese	4%	43599	4%	40322	2%	32777	21%	1841147
Fiera di Primiero	4%	24828	4%	22802	-2%	17193	23%	677490
Malè	4%	21625	4%	20296	1%	16466	23%	840864
Cles	4%	22025	4%	19307	-2%	15341	18%	716979
Tione	4%	31430	4%	27503	-4%	20015	24%	837826
Trento	4%	12773	4%	11876	1%	9268	24%	429013
Pergine	4%	16298	4%	15284	2%	12503	22%	690742
Borgo Valsugana	4%	17639	4%	16194	0%	12543	26%	564935
Rovereto	4%	6306	4%	5304	-1%	4042	21%	169007
Riva del Garda	4%	4444	4%	3675	-12%	2409	18%	103560
Totale		200966		182562		142556		6871562

Tabella 53. variazione di disponibilità "tecnica" ed "economica" di biomassa e di ricavo netto rispetto allo scenario A (scenario A4)

Lo scenario B4 considera le variabili introdotte nello scenario B (consideriamo in questo caso un prezzo della biomassa pari a 35,60 €/MWh). I risultati sono espressi dalla [tabella 54].

Infine, per quanto riguarda lo scenario C4, si ipotizza un livello di meccanizzazione come per lo scenario C. La variazione dei diversi risultati rispetto allo scenario A è riportata in [tabella 55].

distretto forestale	biomassa "ecologica"		biomassa "tecnica"		biomassa "economica"		ricavo netto totale	
	variaz.	MWh/anno	variaz.	MWh/anno	variaz.	MWh/anno	variaz.	€/anno
Cavalese	4%	43599	4%	40322	5%	33741	38%	2099820
Fiera di Primiero	4%	24828	4%	22802	6%	18597	47%	809683
Malè	4%	21625	4%	20296	5%	17118	41%	963917
Cles	4%	22025	4%	19307	4%	16280	39%	844577
Tione	4%	31430	4%	27503	6%	22100	45%	979716
Trento	4%	12773	4%	11876	7%	9818	43%	494749
Pergine	4%	16298	4%	15284	5%	12871	39%	786993
Borgo Valsugana	4%	17639	4%	16194	6%	13296	45%	650123
Rovereto	4%	6306	4%	5304	6%	4328	43%	199735
Riva del Garda	4%	4444	4%	3675	3%	2819	41%	123746
Totale		200966		182562		150967		7953059

Tabella 54. variazione di disponibilità "tecnica" ed "economica" di biomassa e di ricavo netto rispetto allo scenario A (scenario B4; prezzo del cippato di 35,60 €/MWh)

distretto forestale	biomassa "ecologica"		biomassa "tecnica"		biomassa "economica"		ricavo netto totale	
	variaz.	MWh/anno	variaz.	MWh/anno	variaz.	MWh/anno	variaz.	€/anno
Cavalese	4%	43599	5%	40710	1%	32455	16%	1765066
Fiera di Primiero	4%	24828	6%	23241	-5%	16667	9%	600377
Malè	4%	21625	4%	20296	5%	16303	4%	710974
Cles	4%	22025	8%	20049	4%	15811	39%	844577
Tione	4%	31430	6%	28032	6%	19390	8%	729719
Trento	4%	12773	5%	11990	7%	8901	24%	429013
Pergine	4%	16298	5%	15431	5%	12626	26%	713389
Borgo Valsugana	4%	17639	5%	16350	6%	12292	17%	524582
Rovereto	4%	6306	8%	5508	6%	4001	44%	201132
Riva del Garda	4%	4444	10%	3887	3%	2463	8%	94784
Totale		200966		185492		140908		6613614

Tabella 55. variazione di disponibilità "tecnica" ed "economica" di biomassa e di ricavo netto rispetto allo scenario A (scenario C4)

Ancora una volta il prezzo di vendita della biomassa sembra essere uno dei parametri più influenti sulla disponibilità di biomassa stessa, facendo denotare per lo scenario B4, un incremento medio di disponibilità "economica" del 5%, e comunque positivo in ciascun distretto. Anche in questo caso la disponibilità tecnica seguirà proporzionalmente l'aumento di ripresa prescritta.

In [tabella 56] si riportano i dati riassuntivi relativi alla biomassa economica e al ricavo valutati per i tre scenari con ripresa al 4% rispetto allo scenario di riferimento A.

Per lo scenario C4 invece, la disponibilità tecnica andrà ad aumentare mediamente del 6% in funzione delle maggiori distanze di esbosco raggiungibili dai mezzi. A causa delle valutazioni economiche espresse anche per lo scenario C, la disponibilità economica diminuirà (-1%) anche se in modo minore rispetto allo scenario C (-6%). Tale decremento sarà comunque dipendente della zona esaminata; infatti i distretti di Pergine, Cavalese e Cles denotano un aumento di bioenergia.

Infine in [tabella 57 e 58] si riportano i risultati delle simulazioni effettuate considerando di incrementare la ripresa attuale del 10%. Anche qui si sono valutate le produzioni di biomassa economica e ricavo per gli stessi scenari e con gli stessi criteri descritti in precedenza, qui indicati con A10, B10, C10.



distretto forestale	biomassa economica (MWh/anno)				ricavo (€/anno)			
	A riferimento	A4	B4	C4	A riferimento	A4	B4	C4
Cavalese	32134	32777	33741	32455	1521609	1841147	2099820	1765066
Fiera di Primiero	17544	17193	18597	16667	550805	677490	809683	600377
Malè	16303	16466	17118	16303	683629	840864	963917	710974
Cles	15654	15341	16280	15811	607609	716979	844577	844577
Tione	20849	20015	22100	19390	675666	837826	979716	729719
Trento	9176	9268	9818	8901	345978	429013	494749	429013
Pergine	12258	12503	12871	12626	566182	690742	786993	713389
Borgo Valsugana	12543	12543	13296	12292	448361	564935	650123	524582
Rovereto	4083	4042	4328	4001	139675	169007	199735	201132
Riva del Garda	2737	2409	2819	2463	87763	103560	123746	94784
Totale	143281	142556	150967	140908	5627277	6871562	7953059	6613614

Tabella 56. tabella riassuntiva degli scenari proposti

distretto forestale	biomassa "ecologica"			biomassa "tecnica"		biomassa "economica"			
	scenario			scenario		scenario			
	A10	B10	C10	A10	C10	A10	B10	B10	C10
							prezzo cippato 27,80 €/MWh	prezzo cippato 35,60 €/MWh	
Cavalese		46114		42648	43110	34748	35414	35877	34442
Fiera di Primiero		26260		24118	24669	18200	19073	19726	16671
Malè		22872		21467	21564	17449	17895	18211	17297
Cles		23296		20420	21277	16302	16841	17275	16701
Tione		33243		29089	29905	21105	22372	23417	20657
Trento		13510		12561	12720	9846	10192	10455	9468
Pergine		17238		16165	16303	13293	13476	13595	13312
Borgo Valsugana		18657		17128	17365	13298	13768	14123	12982
Rovereto		6669		5610	5843	4271	4452	4599	4219
Riva del Garda		4700		3887	4155	2582	2803	2994	2630
Totale		212559		193093	196911	151094	156286	160272	148379

Tabella 57. disponibilità di biomassa ecologica, tecnica ed economica per gli scenari A10, B10, C10

distretto forestale	ricavo (€/anno)			
	scenario			
	A10	B10	B10	C10
		prezzo cippato 27,80 €/MWh	prezzo cippato 35,60 €/MWh	
Cavalese	2031478	2308708	2590138	1923430
Fiera di Primiero	805101	953452	1107634	640425
Malè	941136	1080773	1223210	749445
Cles	787813	918870	1053677	1053008
Tione	943497	1116734	1298896	779219
Trento	483595	562937	644621	481432
Pergine	766311	872657	980091	810367
Borgo Valsugana	638159	745623	856235	571237
Rovereto	186641	221230	257030	264013
Riva del Garda	112636	134051	157061	101116
Totale	7696367	8915035	10168593	7373692

Tabella 58. ricavo annuo per gli scenari A10, B10, C10

Dalle elaborazioni effettuate si denota l'influenza delle fasi di lavorazione legate al processamento della biomassa residua (es. cippatura, trasporto, ecc.) sull'intero processo. Infatti, nonostante l'incremento di ripresa si evidenzia una diminuzione della biomassa economica per lo scenario A4 e C4. La diminuzione di biomassa è legata alla diminuzione delle superfici a macchiatico positivo in termini assoluti; in realtà avremo una variazione delle superfici forestali in cui la differenza tra ricavi e costi di produzione è positiva, con uno spostamento verso quelle aree più distanti dalla viabilità forestale, ma con un prezzo unitario degli assortimenti tradizionali più alto. In altre parole le superfici a macchiatico positivo diminuiscono, pur entrando in produzione altre superfici con un valore unitario degli assortimenti più alto.

La biomassa ecologica è ovviamente uguale per tutti gli scenari, mentre la biomassa tecnica varia per lo scenario C10, in quanto si ipotizza l'utilizzo di meccanizzazione spinta per la raccolta di biomassa. Le considerazioni effettuate per gli scenari A4, B4, C4, sono valide anche per il caso + 10%.

In [figura 58] si riportano i potenziali energetici della biomassa economica (ovvero quella effettivamente raccogliabile tenendo conto degli aspetti logistici, viari ed economici) per gli scenari relativi allo stato attuale e quelli relativi ai casi di incremento di ripresa del 4 e del 10%. Si sono riportati i valori per il caso A, B con prezzo del cippato di 36,5 €/MWh e C.

distretto forestale	biomassa economica (MWh/anno)		variazioni della biomassa economica rispetto allo scenario di base A						
	A	B	C	A4	B4	C4	A10	B10	C10
	Cavalese	32134	3%	-3%	2%	5%	1%	8%	12%
Fiera di Primiero	17544	7%	-8%	-2%	6%	-5%	4%	12%	-5%
Malè	16303	2%	-4%	1%	5%	0%	7%	12%	6%
Cles	15654	4%	-3%	-2%	4%	1%	4%	10%	7%
Tione	20849	9%	-10%	-4%	6%	-7%	1%	12%	-1%
Trento	9176	7%	-6%	1%	7%	-3%	7%	14%	3%
Pergine	12258	1%	-1%	2%	5%	3%	8%	11%	9%
Borgo Valsugana	12543	5%	-6%	0%	6%	-2%	6%	13%	3%
Rovereto	4083	8%	-6%	-1%	6%	-2%	5%	13%	3%
Riva del Garda	2737	11%	-13%	-12%	3%	-10%	-6%	9%	-4%
Media		6%	-6%	-2%	5%	-2%	4%	12%	3%

Tabella 59. variazione di disponibilità di biomassa economica rispetto allo scenario di base A (per lo scenario B si è considerato il prezzo del cippato di 36,5 €/MWh)

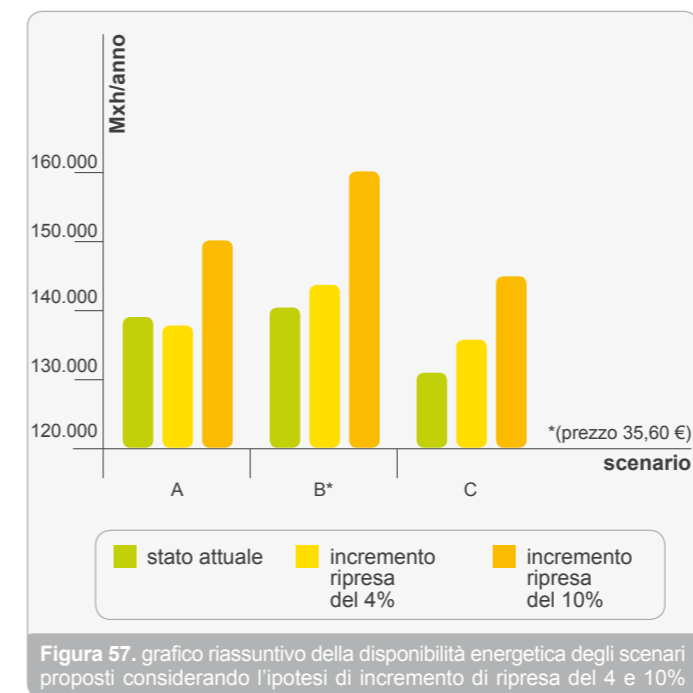


Figura 57. grafico riassuntivo della disponibilità energetica degli scenari proposti considerando l'ipotesi di incremento di ripresa del 4 e 10%



4.1.8.2 BIOMASSA DA DIRADAMENTI

La valutazione della disponibilità della biomassa potenzialmente ritraibile da interventi di diradamento è stata stimata con un approccio non spazializzato. I dati del PEFO non permettono infatti di stabilire quale sia il quantitativo di ripresa prescritta associabile a tale tipologia di taglio e dove esso sia localizzato. Per questo motivo tale contributo è valutato considerando la superficie totale classificata con lo stadio evolutivo "pertaicaia" ed andando a quantificare la massa potenzialmente ritraibile da tali soprassuoli.

Sull'intero territorio provinciale la fustaia nella fase cronologica di pertaicaia ammonta a 17875 ha, equivalenti a circa il 5 % dell'area forestale totale. Prendendo come riferimento la tavola alsometrica delle fustaie di abete rosso ²⁸ possiamo evidenziare un contributo derivante da tagli intercalari a 40 anni di età (verosimilmente soprassuoli nella fase di pertaicaia) con assenza di interventi precedenti, pari a 19 m³/ha. Rapportando l'intera superficie all'arco temporale di durata dei PEFO (10 anni) ed utilizzando i coefficienti di conversione volume/massa già applicati nell'implementazione del modello, possono essere definiti due scenari produttivi, dipendenti dalla percentuale di superficie soggetta al taglio:

- scenario pessimistico (40% della superficie di pertaicaia soggetta ad interventi di diradamento);
- scenario ottimistico (80% della superficie di pertaicaia soggetta ad interventi di diradamento).

I risultati per i due scenari risulteranno di:

- scenario pessimistico: 26.722 MWh/anno, ovvero 2.298 tep/anno;
- scenario ottimistico: 53.443 MWh/anno, ovvero 4.595 tep/anno.

In riferimento allo scenario base (A) il contributo da diradamento può essere pertanto stimato variabile tra il 19 ed il 37%. Da sottolineare comunque come tale valore includa esclusivamente le potenzialità ecologiche senza la possibilità di integrare valutazioni di tipo tecnico-economico.

4.1.9 VALUTAZIONI CONCLUSIVE

La valutazione della disponibilità di biomassa deve necessariamente includere la caratterizzazione degli aspetti logistici, tecnici ed economici delle aree forestali e del processo produttivo per non effettuare una sovrastima delle reali potenzialità produttive.

In funzione del distretto esaminato infatti, i suddetti parametri possono avere una forte influenza all'interno del territorio Trentino, caratterizzato in generale da soprassuoli diversificati e acclivi

marcate. La presenza di viabilità forestale e la conseguente accessibilità dei boschi in funzione della densità infrastrutturale, non sembrano tuttavia essere un punto di intervento prioritario per la provincia di Trento, grazie al buon grado di servizio delle stesse.

In generale, un aumento del prezzo del cippato può comportare un incremento della disponibilità di biocombustibile. L'impiego di macchinari caratterizzati da potenze maggiori e capacità di esbosco più elevate sembra, invece, avere un'influenza variabile a seconda della ripresa prescritta e della zona esaminata.

Il valore energetico associato alla biomassa economica dello scenario A stima una potenzialità di circa 143.000 MWh/anno. Ipotizzando l'impiego in impianti a cippato con un rendimento medio del 75% ed un'accensione annua di 5.000 ore, possiamo stimare la possibilità di una potenza installata pari a circa 38 MWt. Va tuttavia sottolineato che nel conto sono inclusi i quantitativi che vengono destinati attualmente a usi civili che risultano essere una fetta consistente della biomassa utilizzabile per scopi energetici.

La variazione di disponibilità di residuo evidenziato dallo scenario A agli scenari B, C, A4, B4 e C4 denota come la biomassa economica utilizzabile possa oscillare tra un -6% ad un +6%, quindi con differenze poco marcate. Mentre per gli scenari al 10% in più della ripresa prescritta si arriva ad un incremento della biomassa economica variabile dal 3% al 12% (scenario B10 con prezzo del cippato di 36,50 €/MWh). Una forte influenza all'interno del processo produttivo è comunque legata all'economicità del processo stesso e, di conseguenza, alla tipologia di assortimenti tradizionali ritraibili da ciascuna area a macchiatico positivo.

L'utilizzo dei risultati esaminati, per la realizzazione di interventi puntuali e pianificatori dovrà comunque prevedere analisi di maggior dettaglio. Tra queste possiamo ipotizzare: i) la caratterizzazione delle variabili quali-quantitative delle infrastrutture (larghezza della carreggiata, raggi di curvatura, dimensioni degli imposti, ecc.), per stabilire l'adeguato livello di meccanizzazione impiegabile; ii) la valutazione del reale grado di meccanizzazione presente sul territorio provinciale per la previsione delle implementazioni necessarie ad uno sfruttamento ottimale della biomassa energetica; iii) l'effetto di mercato e l'influenza sui prezzi di vendita ed i costi produttivi dei vari assortimenti legnosi, dovuto allo sviluppo della filiera energetica e iv) lo sviluppo dell'analisi del contributo potenziale degli interventi di diradamento.

4.2 GLI SCENARI DI POSSIBILE SFRUTTAMENTO DELLE BIOMASSE NON FORESTALI

Si è ritenuto utile ipotizzare per ciascuna tipologia di biomassa indagata due diversi scenari:

- scenario 1 (di base): scaturisce dalle informazioni disponibili, dalle iniziative in atto e dalle attività in fase di sviluppo a livello territoriale, considerando le più mature tra tutte quelle in discussione.
- scenario 2: si ipotizza in questo caso un'evoluzione del settore leggermente più spinta senza peraltro addentrarsi nel considerare nuove tecnologie rispetto a quelle mature e collaudate.

4.2.1 IL SETTORE ZOOTECNICO E LO SFRUTTAMENTO DEI REFLUI

Come indicato nel capitolo 2, dalle valutazioni effettuate il biogas potenzialmente ottenibile supera i 20 milioni di Nm³ all'anno. Ipotizzando l'impiego del biogas in cogenerazione, il potenziale stimato equivale ad un'energia elettrica di circa 5,5 MWh/anno ed un'energia termica pari a circa 7,8 MWh/anno (considerando valori medi di efficienza nel processo di conversione energetica).

Le valutazioni condotte nello studio "Il potenziale di produzione di biogas nella realtà agro zootecnica trentina" (Fondazione Edmund Mach - 2010), sono state effettuate valutazioni tecniche, energetiche ed economiche ipotizzando impianti di potenza pari a 25, 50, 100 kWel, alimentati esclusivamente a reflui zootecnici, siano raggiunte e soddisfatte con potenze pari a 100 kWel di potenza installata. Nelle valutazioni condotte non è stata considerata l'ipotesi di valorizzazione dell'energia termica. Nel prospettare quindi diversi scenari di sfruttamento energetico sostenibile delle deiezioni zootecniche, si è scelto di mantenere questa valutazione.

Diversamente appare sicuramente molto promettente la scelta di impiegare/integrare (co-digestione) altre biomasse di scarto per poter incrementare le produzioni di biogas e quindi di energia elettrica annue.

Molteplici sono le biomasse impiegabili nella digestione anaerobica che portano a rese interessanti. Di seguito si riporta una tabella esemplificativa che riassume le produzioni specifiche di biogas (in Nm³/kg SOV) di alcune principali tipologie di scarti.

Sulla base delle disposizioni previste dal nuovo articolo 62 ter della l.p. n. 1 del 2008, introdotto dalla LP 2 maggio 2012 n. 8, e

biomasse	produzione potenziale di biogas [Nm ³ /t tale quale]
scarti di panificazione	657
grassi	600
pane vecchio	486
melasso	469
scarti di cibo	220
insilato di mais	171
insilato d'erba	103
patate - bucce	68
siero	39
liquame suino	36
liquame bovino	25

Tabella 60. produzione potenziale di biogas di alcune tipologie di biomasse (mod. da Gronauer et al.)

dalla relativa deliberazione di attuazione n. 870 del 10 maggio 2013, è stata definita una seconda possibilità (Scenario 2).

Scenario 1

L'ipotesi più cautelativa considera un impianto a soli reflui zootecnici di potenza installata pari a 100 kW_{el}, per il trattamento di 15000 t/anno di reflui e una produzione annua di 400.000 m³ di biogas; ciò si traduce in un potenziale energetico pari a 750.000 kWh_{el}/anno. Sulla base degli studi di fattibilità in corso di svolgimento da parte di FEM (Val di Fiemme, Bassa Valsugana, Primiero, Val di Non), si suppone la realizzazione di un impianto almeno in ognuna di tali realtà.

Scenario 2

In considerazione del nuovo contesto normativo di riferimento, e per migliorare i margini economici degli impianti agricoli di cui allo Scenario 1, in questo secondo scenario si ipotizza la co-digestione di effluenti zootecnici addizionati con biomasse vegetali agricole per una percentuale pari al 30% (massimo consentito). L'ipotesi, quindi, è di alimentare l'impianto con un quantitativo di refluo non più pari al 100%, ma bensì fino al 70%, mentre il restante 30% (massimo) con biomasse vegetali per le quali si ipotizza, complessivamente, il potenziale di produzione di biogas di 150 m³/ora massimo previsto dalla nuova disciplina. In questo caso, rispetto al precedente scenario, la potenza dell'impianto potrà essere conseguentemente maggiore, ovvero circa 270-300 kW_{el}, per una produttività annua di circa 2.000.000 kWh_{el}.

Appare doveroso, infine, spingere l'analisi ad un livello ulteriore, che rappresenterebbe la condizione ideale per lo sfruttamento massimo delle matrici di scarto prodotte localmente; l'ipotesi più ottimistica si spinge, sinteticamente, ad ampliare l'elenco di biomasse idonee al trattamento in impianti agricoli anche a sottoprodotti dell'agroindustria, di elevata qualità ambientale e che contribuiscono ad aumentare le rese energetiche degli impianti. Questo laddove vi sia presenza di scarti di lavorazione e/o produzione di settori affini al comparto agrario, di provenienza esterna all'azienda agricola, ma disponibili nello stesso ambito territoriale.

4.2.2 SCARTI DI POTATURA DELLA VITE E DEL MELO

Scenario 1

Si ipotizza lo sfruttamento di solo la metà del potenziale quantificato (circa 8.000 t per la vite e 15.000 t per il melo, pari a 53.800.000 kWh di contenuto energetico), causa la possibile difficoltà di raccolta delle adesioni da parte dei viticoltori/frutticoltori e per evitare contestazioni circa eventuali ripercussioni sul mantenimento delle caratteristiche agronomiche del suolo. Utile risulterebbe l'approfondimento attraverso uno studio/sperimentazione dedicato, per chiarire definitivamente i margini di un eventuale asporto della biomassa ed i criteri di un eventuale pratica fertilizzante alternativa (vedasi scenario 2).

Scenario 2

Si ipotizza lo sfruttamento di gran parte del potenziale provinciale (circa 13.000 t, pari a 29.900.000 kWh di contenuto energetico) per la vite e di circa 18.000 t - pari a 42.480.000 kWh - per il melo, nell'ipotesi di centrali a biomassa particolarmente "onnivore" e della possibilità di utilizzare, per il mantenimento della sostanza organica, in primis il letame disponibile in ogni ambito territoriale ed, in alternativa, altri fertilizzanti organici (digestato/compost/eventuale biochar) ottenuti da impianti produttivi esistenti in Provincia, purché di elevate caratteristiche qualitative (agronomiche ed ambientali).

4.2.3 SCARTI DI CANTINE E DISTILLERIE

Scenario 1

Cantine: attualmente solamente metà (circa) delle vinacce è

²⁸ La tavola analizzata è riferita alle fustaie di Paneveggio (classe di fertilità media).



biogas, sia per la possibilità di immetterlo in rete (laddove presente) ed utilizzarlo per il trasporto.

Di seguito due esempi tratti dall'attività in corso nell'ambito del progetto BIOMASTER (www.biomaster-project.eu), applicati il primo all'impianto di trattamento della FORSU sito presso Cadino, in fase di realizzazione (esempio 1), e il secondo alla realtà del Primiero (esempio 2) nell'ipotesi di trattamento di reflui zootecnici.

Esempio 1

Cadino: 2.927.000 Nm³/anno di biogas (57% CH₄).

Nell'ipotesi di purificare il 35% del biogas, si ottengono 584.000 Nm³/anno di biometano (408.800 kg/anno).

Emissioni di CO₂ evitate: 1.400 t/anno.

	tipologia veicolo				
	Panda	Iveco Daily	Trattore	Mezzi pesanti (Iveco 150, 190, 260)	Autobus (12 metri)
unità	30	15	2	4	7
km percorsi al giorno	200	300	-	50	50
ore utilizzo 65 Kw al 50%	-	-	8	-	-
consumo CH ₄ [kg] 100 km	4,2	8,8	75	71	50
consumo CH ₄ [kg]	252	396	150	142	175



Figura 58. possibilità di alimentazione flotte con biogas (esempio 1)

Esempio 2

Primiero, impianto consortile da soli reflui zootecnici (200-250 kWel)

Ipotesi di flotta di veicoli alimentati con circa 800 kg/g di biometano (292.000 kg/anno).

Emissioni CO₂ evitate: 1.000 t/anno.

Nell'ipotesi indagata il costo dell'impianto di upgrading si attesta indicativamente attorno a 500-800.000 €, per taglia di 100 Nm³/h di biogas.

	tipologia veicolo				
	Panda	Iveco Daily	Trattore	Mezzi pesanti (Iveco 150, 190, 260)	Autobus (12 metri)
unità	24	8	2	3	5
km percorsi al giorno	200	300	-	50	50
ore utilizzo 65 Kw al 50%	-	-	8	-	-
consumo CH ₄ [kg] 100 km	4,2	8,8	75	71	50
consumo CH ₄ [kg]	201,6	211,2	150	106,5	125



Figura 59. possibilità di alimentazione flotte con biogas (esempio 2)

Le azioni locali possibili sono sostanzialmente tre, caratterizzate da un approccio diverso ma che prevedono, tra l'altro, la produzione di biometano per il trasporto e l'immissione in rete.

1. Il primo scenario proposto si colloca in realtà di montagna, decentrate rispetto alle grandi vie di comunicazione, a volte sprovviste di rete del gas naturale, ma con una forte vocazione turistica ed elevati flussi stagionali di traffico. In tali contesti una delle risorse disponibili è rappresentata dai reflui zootecnici, che - opportunamente trattati in un impianto - possono produrre interessanti quantità di biogas e quindi di biometano per alimentare una stazione di rifornimento. Si presenta come un impianto dimostrativo, staccato dalla rete, che abbina ad una gestione migliore dei reflui zootecnici la loro valorizzazione energetica, comportando benefici di ordine ambientale per la mancata emissione in atmosfera del metano prodotto spontaneamente e, a valle del processo, minori emissioni di CO₂ dall'utilizzo nei veicoli.
2. Il secondo caso si applica agli impianti per il trattamento della FORSU, realizzati nel fondovalle, in genere vicino alle rete del metano, e che produrrà significative quantità di biogas, parte del quale potrà essere purificato in biometano.
3. La terza opzione è legata agli impianti di depurazione delle acque reflue e alla digestione anaerobica dei fanghi, attualmente applicata in soli 2 depuratori (Trento Nord e Rovereto).

Come già riportato nei paragrafi precedenti, va sottolineato come l'Italia si caratterizzi per l'assenza, a livello nazionale, di una specifica politica (e relative norme di incentivazione) inerente al settore del BM. Durante il triennio 2008-2010, infatti, le strategie di normazione italiane sono state così fortemente incentrate sull'incentivazione dell'energia elettrica, da rendere, di fatto, la scelta del BM un'opzione non conveniente. Le opportunità che scaturirebbero dall'introduzione di un regime incenti-

vante per la produzione di biometano sono svariate. Ad esempio, come evidenziato dal rapporto di AIEL e Veneto Agricoltura "Purificazione e upgrading del biogas in biometano" - 2011), per imprenditori agricoli interessati a potenziale il proprio impianto di produzione di biogas potrebbe risultare interessante continuare a produrre con cogenerazione in loco EE da immettere in rete sino a giungere ad una produzione tale da massimizzare gli eventuali incentivi previsti dal "conto energia". L'eventuale surplus di biogas potrebbe essere avviato a trattamento di purificazione e upgrading per ottenere un ulteriore guadagno dalla vendita del BM prodotto, una volta che venisse attivato un regime incentivante anche per tale soluzione.

4.2.8 IMPATTO DEGLI SCENARI SUL TERRITORIO DAL PUNTO DI VISTA SOCIALE, ECONOMICO ED AMBIENTALE

4.2.8.1 BIOMASSE DI ORIGINE FORESTALE

Il lavoro svolto per lo sviluppo del presente progetto, ha permesso di stimare i quantitativi di biomassa legnosa che vengono raccolti sul territorio della Provincia Autonoma di Trento e di tracciarne i relativi flussi di destinazione. I dati sono riassunti in tabella 61. Si riporta anche il contenuto energetico dei vari quantitativi di biomassa, stimato al 40% di contenuto idrico (P.C.I. 2.815 kWh/kg).

Dall'analisi effettuata emerge che il patrimonio boschivo è gestito in modo attento ed accurato su tutto il territorio provinciale, la rete viaria forestale è particolarmente sviluppata e questo facilita le operazioni di pulizia del bosco e di prelievo di legname. Il prelievo prescritto viene stabilito dalla provincia; il fusto viene destinato alle segherie, mentre le restanti parti, o i tronchi giudicati non idonei, vengono destinati a scopi energetici (prevalentemente tramite le assegnazioni per usi civici).

provenienza	m ³	tonnellate	MWh (M=40%)
ripresa annuale programmata da fustaia (valore mediato sulle riprese degli ultimi 5 anni) m ³ tariffari	513.535	324.041	912.174
residui provenienti dalle operazioni di esbosco delle aree governate a fustaia (cimali, ramaglia)	138.655	87.491	246.288
materiale sottosoglia	73.324	46.267	130.243
ripresa annuale programmata da popolamento a ceduo	24.390	20.000	56.299
biomassa da popolazioni giovanili e interventi colturali sulle latifoglie	34.146	28.000	78.819
materiale conferito alle segherie per la lavorazione (opera o imballaggio)	380.015	240.294	676.428
prodotto non idoneo alla lavorazione	133.520	84.251	237.166
prodotto lavorato	247.009	155862	438.753
scarti di prima lavorazione prodotti dalla lavorazione del legno	133.005	83.926	236.252
scarti di prima lavorazione destinabili a scopi energetici	71.615	45.189	127.207
di cui attualmente conferiti a centrali a biomassa	32.403	20.446	57.556
quantitativi di legname assegnati per usi civici [fonte SFF]	181.286	120.917	340.383
produzione di cippato destinato alla vendita	40.000	25.240	71.051
stima quantitativi di legname ad oggi inutilizzati e destinabili ad uso energetico (al netto degli usi civici e dei quantitativi già destinati al mercato energetico, secondo il SFF)	65.690	41.450	116.683

Si riassumono nelle righe sottostanti i quantitativi di legname (biomassa economica) che risultano utilizzabili a fini energetici dalle analisi effettuate con il programma GIS GRASS (scenario attuale). Vengono considerate la morfologia del territorio, l'estensione della viabilità forestale e la convenienza economica alla raccolta sulla base del prezzo di vendita del cippato. N.B. si considera solo il governo a fustaia. I dati riportati sono al netto degli usi civici da fustaia e non includono il materiale sottosoglia e la biomassa da diradamenti.

	MWh/anno	t (biomassa "economica")
scenario A (prezzo di vendita 20€/MWh)	143.881	50.899
scenario B1 (prezzo di vendita 27.8€/MWh)	147.701	52.469
scenario B2 (prezzo di vendita 35.6€/MWh)	150.049	53.303
scenario C (prezzo di vendita 20€/MWh)	135.801	48.242
in aggiunta: biomassa da diradamenti	40.082	14.264

Tabella 61. schema riassuntivo dei flussi di biomassa e scenari di sfruttamento



Nel presente lavoro ci si è avvalsi di un software GIS (GRASS) con lo scopo di quantificare la risorsa legnosa ancora inutilizzata. Dalle analisi svolte è emerso che i quantitativi di scarti legnosi che possono essere convenientemente raccolte sono di poco superiori alle assegnazioni per usi civici. Questo significa che esiste un margine di miglioramento nella raccolta dei residui, ma che in generale il materiale attualmente inutilizzato non è molto perché la raccolta viene già effettuata ad alti livelli. Le simulazioni tuttavia utilizzano come dato di partenza la ripresa programmata, quindi non viene considerato il materiale sottosoglia che è invece interamente destinabile a scopi energetici.

Quindi, alla luce delle elaborazioni effettuate, emerge che si può sicuramente incrementare la raccolta dei residui delle operazioni di esbosco, ma si deve guardare anche ad un migliore utilizzo della risorsa energetica stessa. Dal punto di vista ambientale e del rendimento degli impianti di combustione stessi, sarebbe opportuno concentrare le fonti di emissioni in poche e controllate, ovvero optare per impianti di teleriscaldamento funzionanti a biomassa piuttosto che favorire il consumo domestico della propria quota di legname. Il creare nuovi impianti di teleriscaldamento consentirebbe di diminuire le emissioni invernali dovuti alla combustione della legna e di creare nuovi posti di lavoro.

Si ricorda che la tecnologia che consente di controllare il processo di combustione e ottenere alti rendimenti è matura sia su grande che piccola scala. Esistono numerosi ed efficienti sistemi di abbattimento delle emissioni che però vengono applicati solo a scala medio/grande per motivi di costo. Ecco perché la combustione di biomassa in grandi impianti centralizzati è da preferire, rispetto

a tanti piccoli impianti domestici, seppur di ultima generazione. La creazione, ove possibile, di piccole reti di teleriscaldamento consentirebbe inoltre, di diventare paesi modello e di riferimento per le realtà vicine, e di migliorare la gestione e pulizia del bosco anche ad opera dei singoli utenti, favorendo una sorta di scambio sul posto; l'utente conferisce in centrale la sua quota di legno (che qui viene essicata in modo da incrementarne il potere calorifico) in cambio di uno sconto sulla bolletta proporzionale alla quota di legname conferita.

Da tenere in considerazione è inoltre l'opportunità che si viene a creare con la realizzazione degli impianti di teleriscaldamento; infatti non è inusuale affiancare agli impianti funzionanti dei piccoli impianti piloti in cui possono essere testate le tecnologie del settore non ancora mature per la scala industriale. Per esempio la gassificazione è un trattamento termochimico molto promettente, con notevoli vantaggi perché migliora la qualità del combustibile, trasformandolo da solido a gassoso, ma che ha ancora bisogno di studi soprattutto per i trattamenti di depurazione e la vita utile degli impianti stessi.

La possibilità di creare anche dei punti di innovazione e ricerca scientifica è un'ottima opportunità sia per i passi avanti e le applicazioni che ne possono scaturire che per l'immagine del territorio stesso.

In mancanza di questa possibilità sarebbe opportuno spingere verso il rinnovamento dei piccoli impianti di combustione domestica, che per oltre il 60% risultano essere di tipo tradizionale, per adottare stufe e/o caldaie ad alto rendimento e basse emissioni.

teleriscaldamento a biomassa	
punti di forza	punti di debolezza
<ul style="list-style-type: none"> • utilizzazione e ottimizzazione della risorsa biomassa, ben distribuita su tutto il territorio • utilizzazione di impianti ad alti rendimenti, controllo emissioni e essiccazione legname prima della combustione • creazione nuovi posti di lavoro • incentivazione alla raccolta di legname e pulizia del bosco per sconti sulla bolletta 	<ul style="list-style-type: none"> • le reti di teleriscaldamento sono realizzabili solo in alcune zone, e vengono esclusi gli edifici isolati • disagi per la viabilità durante la realizzazione dei lavori • costi di realizzazione degli impianti e della rete di riscaldamento/costi per i singoli utenti che si allacciano alla rete
opportunità	rischi
<ul style="list-style-type: none"> • ottimizzazione dello sfruttamento delle risorse interne al territorio • miglioramento delle tecnologie di combustione e diminuzione delle emissioni • incentivazione alla sperimentazione di tecnologie non ancora matura per le scale industriali, come la gassificazione, che hanno però ottime potenzialità di sviluppo 	<ul style="list-style-type: none"> • integrazione sul territorio/ conflitti con la popolazione • incertezza sul metodo di tariffazione/bollette • volatilità dei prezzi di mercato della biomassa dipendente dalla stagionalità e dall'andamento economico del settore

Tabella 63. analisi swot per il teleriscaldamento a biomassa

4.2.8.2 BIOMASSE DI ORIGINE NON FORESTALE

Il lavoro svolto per l'elaborazione del presente documento ha evidenziato la presenza in Provincia di Trento di un significativo potenziale di sviluppo per l'utilizzo delle biomasse agricole a fini energetici. I prevedibili impatti di tale sviluppo sono in larga parte positivi.

Come evidenziato in precedenza, i vincoli imposti dalle Direttive europee costringono gli Stati membri ad adottare misure di incremento dell'uso delle fonti energetiche rinnovabili e, pertanto, per il territorio trentino risulta oltremodo contingente l'opportunità di diversificare tali fonti rispetto a quelle tradizionalmente sfruttate (energia idroelettrica e biomassa forestale). Per talune matrici di scarto, oltretutto, la relativa valorizzazione in loco consentirebbe di ridurre notevolmente i costosi ed impattanti volumi di traffico generati dal processo di smaltimento o recupero, che in certi casi avvengono esclusivamente presso impianti extra-provin-

ciali (fanghi di depurazione, parte della FORSU, raspi, ...). La tecnologia atta al trattamento delle biomasse di scarto, inoltre, ha raggiunto un livello di perfezionamento tale da consentire il contenimento delle emissioni entro valori estremamente bassi, anche per taglie relativamente piccole. A tal proposito, proprio la possibilità di accedere a determinate tecnologie un tempo riservate solamente ad impianti di notevoli dimensioni, nei casi in cui i quantitativi di materiale ed i consumi energetici siano tali da rendere sostenibile l'investimento, consente di evitare il traffico generato dalla movimentazione degli scarti altrimenti destinati a siti di smaltimento o di valorizzazione energetica notevolmente distanti. Lo sfruttamento delle biomasse, infine, bene si addice alle tecnologie di co/trigenerazione, ormai attuali ed, oltretutto, premiate dai meccanismi incentivanti e contributivi emanati dal Governo e dalle Amministrazioni Locali.

Dal punto di vista economico si può considerare che la conversione energetica delle quantità teoriche individuate in preceden-

za ridurrebbe, sia negli scenari prudenziali che in quelli più ottimistici, la dipendenza del sistema provinciale dagli input energetici esterni. Se ne avrebbero effetti diretti e stabili sul prodotto interno lordo provinciale. Ai "macro-effetti" andrebbero inoltre aggiunti effetti prevedibili, anche se non facilmente quantificabili, sulla competitività del settore agricolo trentino. Lo sfruttamento di matrici fino ad ora considerate e gestite come rifiuti, infatti, consentirebbe alle aziende interessate l'ottenimento di maggiori ricavi derivanti dalla vendita di energia, o quantomeno il contenimento dei costi energetici, già oggi significativi e destinati a crescere di importanza, se legati a fonti fossili.

Se inserita in una più ampia strategia volta alla certificazione energetica delle filiere, tale opzione potrebbe avere ricadute sull'immagine delle produzioni e dei territori, dotando di un valore aggiunto i prodotti commercializzati e quindi consentendo alle aziende locali - almeno in un primo tempo - di distinguersi maggiormente dal mercato.

L'introduzione di innovazioni, quali quelle relative allo sfruttamento energetico delle biomasse agricole, richiede e stimola allo stesso tempo la creazione di capitale umano, attraverso la formazione di tecnici e addetti. Si tratta di un impatto sociale indubbiamente positivo anche se spesso sottovalutato.

A fronte dei possibili impatti positivi dello sfruttamento a fini energetici di biomasse agricole appena citati, vi sono alcuni punti di debolezza che, nella situazione attuale, limitano tali prospettive. Tali aspetti critici possono essere riscontrati a diversi livelli:

- tecnologico
- strutturale
- amministrativo

Dal punto di vista tecnologico è stato osservato che, almeno nei casi in cui l'impiego di biomasse di origine agricola a fini energetici abbia raggiunto lo stadio di una relativa maturità, quale la digestione anaerobica per la produzione di biogas o la cogenerazione di biomassa legnosa attraverso processi termochimici, per l'effetto congiunto di una serie di pressioni di origine normativa

punti di forza	punti di debolezza
<ul style="list-style-type: none"> • potenziali significativi relativamente concentrati dal punto di vista territoriale • capillarità di organizzazioni cooperative • possibilità di ricerca/sperimentazione di soluzioni tecnologiche 	<ul style="list-style-type: none"> • dimensioni aziendali mediamente ridotte • frazionamento fondiario • carenza di infrastrutture per la raccolta • tecnologie affidabili maggiormente tarate su taglie dimensionali elevate (relativamente alla situazione trentina) • insufficiente integrazione delle politiche energetiche nelle politiche agricole
opportunità	rischi
<ul style="list-style-type: none"> • minori costi/maggiori ricavi per le aziende • sistemi di certificazione aziendale • creazione capitale umano nei territori rurali 	<ul style="list-style-type: none"> • integrazione con il territorio/possibili conflitti

Tabella 64. analisi swot (biomasse non forestali)

(la tariffazione di favore), culturale (la professionalizzazione del settore con conseguenti spinte all'omogeneizzazione) e mimetico (l'incertezza favorisce l'imitazione), lo sviluppo della tecnologia si è orientato a soluzioni di scala medio-grande. Tali soluzioni mal si adattano alle condizioni tipiche dell'agricoltura trentina, caratterizzata da aziende, quale che sia il settore, di dimensioni medio-piccole. Come evidenziato dal presente studio, si stanno ormai affacciando sul mercato anche proposte di taglia ridotta, ma la tendenza sopra descritta ha certamente contribuito a far sì che, fino ad ora, l'implementazione delle soluzioni tecnologiche potesse essere effettuata solo grazie ad un impegno organizzativo imponente e quasi sempre frustrante, spesso in contrasto con l'opinione pubblica locale che considera gli impianti di grande taglia poco integrabili in un contesto territoriale montano. Si ritiene che una maggiore attenzione a impianti di piccola scala, come avviene in Oltralpe, possa da un lato semplificare le problematiche organizzative relative alla gestione, come anche migliorare l'accettabilità da parte delle comunità locali e dei loro rappresentanti.

A tale riguardo, un punto di forza della realtà locale è dato dalla presenza di strutture di sperimentazione tecnica in grado di analizzare anche soluzioni meno impattanti da un punto di vista organizzativo, sebbene meno conosciute e più rischiose. Va inoltre rilevata la capillarità sul territorio di organizzazioni di tipo co-operativo che consente - almeno da un punto di vista teorico - sia la possibilità di attribuire a organizzazioni preesistenti funzioni nuove relative alla gestione dell'energia, come anche di creare nuove strutture ad hoc.

Un ulteriore limite è rappresentato dall'incertezza normativa per quanto riguarda il supporto, sia in termine di tariffazione che di contributi agli investimenti. A tale aspetto si affianca l'insufficiente integrazione delle politiche energetiche con quelle agricole. Un intervento di semplificazione amministrativa, tipo uno sportello unico, potrebbe ridurre quella che fino ad oggi è stata una barriera, seppure non la maggiore, allo sviluppo dell'utilizzo delle biomasse agricole per l'ottenimento di energia.



lativa deliberazione di attuazione n. 870 del 10 maggio 2013 introducono principi di regolamentazione urbanistica ed ulteriori e più precisi elementi di gestione degli impianti a biogas. Le nuove disposizioni normative risultano orientate secondo un indirizzo non dissimile, anche se più restrittivo, da quello più recente emerso a livello nazionale; in particolare, tra l'altro, dispongono che:

- la realizzazione di tali impianti, anche in forma consorziale, da parte di imprenditori agricoli singoli od associati, è possibile nelle aree destinate all'agricoltura dagli strumenti di pianificazione territoriale, purché previsti dal piano regolatore generale. Nel caso in cui il piano regolatore non preveda la loro realizzazione nelle aree agricole, essi potranno eventualmente essere autorizzati ricorrendo alla procedura di deroga. Si stabilisce inoltre che gli impianti dovranno avere funzione accessoria e strumentale all'attività principale di allevamento zootecnico e dovranno utilizzare solo residui zootecnici ed agricoli;
- gli impianti di biogas devono essere alimentati in misura non inferiore al 70% con effluenti zootecnici di provenienza aziendale e che la restante parte può essere costituita da altre biomasse vegetali di origine aziendale o anche extra aziendale, purché il trasporto delle biomasse non comporti emissioni di CO₂ superiori a quelle causate dal trasporto su gomma per 50 km. La distribuzione al suolo del digestato deve avvenire nel rispetto della normativa in tema di tutela delle acque dagli inquinamenti.
- la capacità produttiva massima sia pari a 150 mc/h di biogas, equivalenti al quantitativo necessario ad alimentare un eventuale cogeneratore da circa 270-300 kW.
- **problematiche sociali:** l'impatto odorigeno è da considerarsi come un possibile elemento ostativo per la realizzazione di impianti che sfruttano i reflui zootecnici, in quanto l'opinione pubblica risulta poco propensa ad accettare la presenza di (seppur limitate) aree contraddistinte da una percepibile presenza di odori tipici delle reazioni di processo. Appare indispensabile agire sulla sensibilità della popolazione, che deve essere resa consapevole che l'allontanamento del problema dai propri territori (spesso a fronte di notevoli costi per la collettività) non rappresenta una soluzione. L'attuale atteggiamento costituisce uno spreco di potenzialità, perché il settore zootecnico si dimostra molto interessato a tali opportunità, ma altrettanto scoraggiato dagli impedimenti che ne frenano l'attuazione.

in base al Decreto del Presidente della Provincia di data 30 luglio 2008, n. 29-136/Leg. dal nuovo Piano energetico ambientale provinciale 2013-2020, impongono di garantire il soddisfacimento dei seguenti requisiti, calcolati su base annuale:

- a1. efficienza energetica minima pari allo 0,6 (60%) nel caso di impianti di produzione aventi potenza termica nominale in ingresso inferiore a 0,5 MW e nel caso di impianti di produzione alimentati da combustibili ammessi prodotti da impianti di recupero dei rifiuti, purché collocati nel medesimo sito dell'impianto di produzione;
- a2. efficienza energetica minima pari allo 0,7 (70%) nel caso di impianti di produzione in cui venga effettuata cogenerazione di energia termica ed elettrica e che siano a servizio, per un quantitativo di energia termica utilizzata pari almeno al 15% dell'energia immessa come combustibile, di reti di teleriscaldamento oppure di utenze di tipo non industriale né artigianale (ad esempio, condomini, alberghi, centri commerciali, uffici, istituti scolastici, impianti sportivi, strutture sanitarie, strutture residenziali sociali e socio-sanitarie) nei casi diversi da a1);
- a3. efficienza energetica minima pari allo 0,8 (80%) nei rimanenti casi.

Nel rispetto del principio generale di impiegare i combustibili garantendo comunque un elevato grado di efficienza energetica complessiva, i predetti limiti non si applicano in alcuni casi specifici, tra cui:

- gli impianti di potenza termica nominale in ingresso inferiore a 100 kWt;
- impianti di produzione alimentati da biogas derivante da discarica o da processi di depurazione ubicati presso gli impianti stessi;
- impianti di produzione alimentati esclusivamente con biogas da digestione anaerobica di biomassa prodotta prevalentemente in termini di peso nello stesso sito dell'impianto;
- **problematiche sociali:** una cittadinanza non preparata può erroneamente percepire un unico punto di emissione (seppur monitorato e controllato) come maggiormente dannoso rispetto ad innumerevoli fonti di emissioni domestiche, che, al contrario, non vengono monitorate costantemente e sono spesso caratterizzate da una gestione (alimentazione) non corretta ed una tecnologia obsoleta. Appare necessaria, pertanto, un'azione di educazione/sensibilizzazione sulla popolazione.

4.4.3 SCARTI DA SETTORE AGROALIMENTARE

- **tecnologia/processo applicabile:** data la tipologia di aziende del territorio trentino, la digestione anaerobica per sfruttare il potenziale biogas generabile appare il processo più adatto per tali matrici. Con la sola eccezione per gli scarti animali (da trasformazione di carne e pesce), per i quali si rendono necessari pretrattamenti (es: pastorizzazione) efficaci nell'abbattimento delle possibili cariche patogene che non si eliminerebbero attraverso la sola digestione anaerobica. Di caso in caso (disponendo dei dati), possono essere valutate altre soluzioni (es: trattamenti termochimici, magari preceduti da processi biochimici aerobici di pretrattamento).
- **opportunità di abbinamento con altre matrici:** tali matrici si prestano a co-fermentazione, soluzione opportuna specie in aree particolarmente marginali; strategie di decentralizzazione, quando possibili, permettono, infatti, un minore impatto sul traffico e riduzione dei costi di gestione e smaltimento degli scarti.
- **taglia minima che la tecnologia offre attualmente:** la possibilità, nel caso di sufficienti quantitativi, di impianti aziendali (vedasi "problematiche normative") appare una soluzione realizzabile e vantaggiosa. Sul mercato sono reperibili ad

oggi motori endotermici a biogas anche da 50 kWel. Anche le microturbine vengono ora commercializzate anche in taglie ridotte (paragonabili ai motori endotermici).

- **classificazione normativa:** gli scarti di produzione sono classificati come rifiuti (codici CER 0201, 0202, 0203, 0205, 0206, 0207)
 - 0201: i più rilevanti in Provincia sono gli scarti di tessuti vegetali, attualmente destinati a riciclo/recupero (probabilmente compostaggio fuori Provincia, con conseguenti costi per la collettività): 7500 t
 - 0202: i più rilevanti sono i fanghi di lavaggio/pulizia e di trattamento degli effluenti, destinati a smaltimento (1900 t). Solo una piccola parte del totale generato è destinata a recupero energetico (600 t)
 - 0203: i più rilevanti sono i fanghi di trattamento degli effluenti, destinati a smaltimento (500 t) e a riciclo/recupero (probabilmente compostaggio fuori Provincia, con conseguenti costi per la collettività): 500 t
 - 0205: i più rilevanti sono i fanghi di trattamento degli effluenti ed altri rifiuti non specificati, destinati a smaltimento (20.000 t)
 - 0207: i più rilevanti sono vinacce fresche (16.000 t), raspi (2.300 t), feccia (6.400 t), vinacce esauste (6.100 t), buccette (700 t) e vinaccioli (2.200 t).

I dati utilizzati sono desunti dalle dichiarazioni MUD compilate dai gestori di impianti di trattamento rifiuti. In particolare, facendo riferimento a quanto espresso nel paragrafo 2.1.6, si evidenzia come tali dati tengono conto anche dei conferimenti di aziende piccole o comunque esonerate in qualità di produttori dall'obbligo di dichiarazione MUD. Questo spiega la difformità tra i dati qui indicati e quelli afferenti la produzione di rifiuti.

- **problematiche normative:** in talune realtà extra-provinciali queste tipologie di scarti sono già sfruttate presso impianti di produzione energetica non classificati come impianti di trattamento rifiuti, in quanto le matrici assurgono al rango di sottoprodotti. Si auspica che la Provincia autonoma di Trento possa perseguire una attenta analisi del ciclo produttivo, al fine di classificare, ove possibile e consentito dalla normativa, gli scarti del settore agroalimentare come sottoprodotto e non come rifiuto.

Disponendo dei dati sulle destinazioni d'uso dei rifiuti per singolo distretto territoriale, o, in alternativa, effettuando un'indagine diretta presso le principali realtà aziendali provinciali, potranno essere proposti specifici scenari di sfruttamento degli scarti.

Per quanto riguarda l'industria lattiero-casearia, essa appare tutto sommato piuttosto organizzata in ambito provinciale, con la commercializzazione del siero in polvere come principale sfruttamento dei sottoprodotti generati dal comparto; non emergono pertanto particolari esigenze o emergenze, se non l'opportunità, previa specifica valutazione della sostenibilità economica, di sfruttare il latticello ed i fanghi di processo in impianti di co-digestione.

Per il comparto delle cantine/distillerie (CER 0207), particolarmente strategico per il Trentino, valgono le considerazioni specifiche di seguito riportate.

4.4.4 SCARTI DA CANTINE E DISTILLERIE

- **tecnologia/processo applicabile:** possibilità di produzione di biogas da digestione anaerobica per le matrici maggiormente umide (vinacce, feccia, borlanda). Possibilità di trattamenti termochimici per raspi, vinaccioli e buccette, previo parziale abbattimento dell'umidità contenuta.
- **opportunità di abbinamento con altre matrici:** ad oggi appare sconsigliabile il trattamento esclusivo. Le matrici umide da destinare auspicabilmente a co-digestione, al fine

di ottimizzarne la resa. Anche le eventuali matrici destinabili a trattamento termochimico (combustione o gassificazione...) dovrebbero essere utilizzate in mix con matrici legnose maggiormente nobili (cippato forestale).

- **taglia minima che la tecnologia offre attualmente:** la realtà trentina è contraddistinta da una diffusa presenza di cantine sociali, che intercettano la maggioranza dell'uva prodotta dai viticoltori e pertanto ad esse va attribuita la maggior parte della produzione di vino provinciale. Gli impianti aziendali potrebbero sorgere nell'ipotesi di trattamenti termochimici, mentre per la produzione di biogas le taglie delle aziende inducono a prevedere soluzioni consorziali/associative.

• **classificazione normativa:** la L. 205/08 è relativamente recente e prevede quanto segue: "le vinacce vergini ed esauste ed i loro componenti, bucce, vinaccioli e raspi, derivanti dai processi di vinificazione e di distillazione, che subiscono esclusivamente trattamenti di tipo meccanico fisico, compreso il lavaggio con acqua o l'essiccazione, nonché, previa autorizzazione degli enti competenti, la pollina, destinati alla combustione nel medesimo ciclo produttivo sono da considerare sottoprodotti...". Il D.lgs 205/2010 ha riscritto la nozione di sottoprodotto consentendone, fra l'altro, l'utilizzo in processi produttivi diversi da quello da cui ha origine.

- **Problematiche normative:** Per le vinacce rimane il vincolo dell'impiego nel medesimo ciclo produttivo (sopra esplicitamente riportato), che appare alquanto penalizzante, soprattutto nel caso di impianti consorziali. L'utilizzo delle biomasse e della legna da ardere come combustibile in impianti termici civili è espressamente previsto dalla parte quinta del decreto 152/06 e precisamente nell'allegato X parte I "Combustibili consentiti". Fra questi sono annoverate le "biomasse combustibili individuate nella parte II, sezione 4", ossia, fra gli altri: e) *Il materiale vegetale prodotto da trattamento esclusivamente meccanico, lavaggio con acqua o essiccazione di prodotti agricoli.*

A questo proposito, le vinacce provenienti da distilleria subiscono un trattamento, la fermentazione alcolica, la cui classificazione appare ad oggi ancora incerta: tale processo non è, infatti, universalmente riconosciuto come trattamento esclusivamente meccanico, comportando problemi interpretativi, specie in sede autorizzativa.

- **problematiche sociali:** il settore vitivinicolo, specialmente i piccoli viticoltori, non sono preparati a modificare le proprie abitudini, pertanto assume significato particolare il ruolo che le cantine, in qualità di centri che raggruppano i produttori e in quanto sedi di corsi di formazione ed aggiornamento, possono ricoprire per promuovere i processi innovativi rappresentati dalla filiera energetica. Sarà quindi opportuna, analogamente ad altri settori, un'opera di sensibilizzazione ed educazione energetico/ambientale in tali contesti. Valgono inoltre le osservazioni relative alle problematiche di natura ambientale riportate per le altre matrici: sia la questione dell'impatto odorigeno nella fase di stoccaggio a monte dell'essiccazione, che deve essere adeguatamente gestita, sia soprattutto, nell'ipotesi di trattamento termochimico, le valutazioni qualitative relative alle emissioni e alla qualità ed affidabilità dei processi proposti.



Si riportano di seguito le principali fonti di natura bibliografica che sono state consultate durante lo studio:

- AIEL - *Legno e Cippato Manuale Pratico* (2009)
- ANPA - Unità Normativa Tecnica, *Il trattamento anaerobico dei rifiuti* - aspetti progettuali e gestionali (2002)
- Associazione Regionale PEFC Trentino - Gruppo Alta Meccanizzazione (2008). DOC elaborato dal Gruppo di lavoro alta meccanizzazione AR PEFC Trentino. www.comunitrentini.it/index.php/plain/pefc/gr_altameccanizzazione
- Associazione Regionale PEFC Trentino - Gruppo Alta Meccanizzazione (2008). DOC elaborato dal Gruppo di lavoro alta meccanizzazione AR PEFC Trentino. www.comunitrentini.it/index.php/plain/pefc/gr_altameccanizzazione
- Bernetti, I., Fagarazzi, C. (2003) (a cura di). *BIOSIT: una metodologia GIS per lo sfruttamento efficiente e sostenibile della "risorsa biomassa" a fini energetici*. Centro Stampa 2P, Pontassieve
- Bernetti, I., Romano, S. (2007). *Economia delle risorse forestali*, Liguori editore, Napoli
- Biomassfor: www.biomassfor.org
- BIOENAREA - sottoprogetto BIOPATH: *Biomass and solid Biofuels certification and traceability control system- Policy indication for regional institutions*, 2012
- BIOENAREA - sottoprogetto Bioenergy from waste: *A guide for European Union Municipalities*, 2012
- BIOENAREA - sottoprogetto EBIMUN: *Evaluation of biomass resources for municipalities*, 2012
- BIOENAREA - sottoprogetto BISYPLAN: *The contribution of BISYPLAN to methodology guidelines and recommendation for bioenergy policies*, 2012
- BIO-EN-AREA - sottoprogetto RBBD: *Implementazione delle reti di teleriscaldamento a biomassa nella Provincia di Trento*, 2012
- Camera di Commercio I.A.A. di Trento, *La grappa e i distillati in Trentino* (2008)
- Camera di Commercio I.A.A. di Trento, *La vitivinicoltura in Trentino* (2011)
- Camera di Commercio. Industria. Artigianato e Agricoltura: Rapporto "la filiera foresta-legno-energia in provincia di Trento". 2008/09.
- Casini, L., De Meo, I., Paletto, A., Sacchelli, S. (2012). Cippato Trentino - Alcune risposte dal Progetto Biomassfor. *Terra Trentina* 1, 16-18.
- Centro di Eccellenza per le Bioenergie (2011). Rapporti fra cantiere di sminuzzatura, sistema di esbosco e viabilità. www.biomasse.basilicata.it/tecnologie/i_cantieri_esbosco.asp
- Claudio Fabbri - CRPA, Convegno *Zootecnia, economia e ambiente nelle Giudicarie: riflessioni e proposte operative* Trento 5/10/2010.
- Comitato Termotecnico Italiano - Guide redatte nell'ambito del progetto FOREST (intelligent Energy)
- Cristoforetti A., Silvestri S., Toscano G. 2011. *Le potature di vite in caldaia superano i test sulle emissioni*. *L'Informatore Agrario*, supplemento al n. 16/2011
- D. Antolini, A. Cemin, P. Scaramuzza. *Studio per l'approfondimento delle tematiche relative alla combustione della legna* Università degli studi di Trento, Dipartimento Ingegneria per l'Ambiente e il Territorio, 2007
- Decreto del Presidente della Provincia 14 aprile 2011. n. 866 *Regolamento concernente le disposizioni forestali in attuazione degli articoli 98 e 111 della legge provinciale 23 maggio 2007 n. 11*
- EMEP/EEA (2009). *Air pollutant emission inventory guidebook - 2009*. Technical report.
- FEM, FBK, IVALSA-CNR, Progetto BIOTEC. *Relazione tecnica finale*. Dicembre 2011
- Fondazione Edmund Mach - "Il potenziale di produzione di biogas nella realtà agro zootecnica trentina" (2010)
- Giovannini, G. (2010). *Studio della filiera foresta-legno per la valorizzazione delle risorse locali nella Provincia Autonoma di Trento*. Tesi di dottorato in Territorio, Ambiente, Risorse e Salute, indirizzo: Tecnologie Meccaniche e dei Processi Agricoli e Forestali, Dipartimento Territorio e Sistemi agro-forestali, Università degli Studi di Padova.
- GRASS - open source: grass.fbk.eu
- Hippoliti, G., Piegai, F. (2000). *La raccolta del legno. Tecniche e sistemi di lavoro*. Compagnia delle Foreste, Arezzo.
- www.sian.it/inventarioforestale/doc/dati/cap_01_superficieforestale/01_t1.4_1.5.pdf
- INFC (2005). *Inventario Nazionale delle Foreste e dei serbatoi di Carbonio*. URL:
- Istituto zooprofilattico sperimentale di Teramo, sito web <http://statistiche.izs.it/porta>
- Kärhä, K. (2011). *Industrial supply chains and production machinery of forest chips in Finland*. *Biomass and Bioenergy* 35, 3404-3413.
- Kaye, T.N., Blakeley-Smith, M., Thies, W.G. (2008). *Long-term effects of post-harvest stump removal and N-fertilization on understory vegetation in Western USA forests*. *Forest Ecology and Management* 256, 732-740.
- Knoef H. (2005). *Handbook of Biomass gasification*, BTG Biomass Technology Group.
- Lapo Casini, *RIEPILOGO SINTETICO degli elementi conoscitivi individuati dal CRA - MPF tramite il Progetto BIOMASFOR, per quanto concerne il fabbisogno trentino di cippato* (2011)
- Lora, C. (2009). *Valutazione della disponibilità di biomassa forestale a scopo energetico tramite modellazione GIS dei sistemi di raccolta in Provincia di Trento*. Tesi di Laurea in Ingegneria per l'Ambiente e il Territorio, Facoltà di Ingegneria, Università degli Studi di Trento
- Lora, C. (2009). *Valutazione della disponibilità di biomassa forestale a scopo energetico tramite modellazione GIS dei sistemi di raccolta in provincia di Trento*. Tesi di Laurea in Ingegneria per l'Ambiente e il Territorio, Facoltà di Ingegneria, Università degli Studi di Trento
- Lubello, D. (2008). *A rule-based SDSS for integrated forest harvesting planning*. Tesi di dottorato in Tecnologie Meccaniche dei Processi Agricoli e Forestali, Facoltà di Agraria, Università degli Studi di Padova.
- Lubello, D., Del Favero, A., Cavalli, R. (2006). *Planning logging systems through site analysis. Precision Forestry in plantations, seminatural and natural forests*. *Proceedings of the International Precision Forestry Symposium*, Stellenbosch University, South Africa, vol. 4, p.319-330.
- Lubello, D., Del Favero, A., Cavalli, R. (2008). *Un metodo tecnico-economico come ausilio alla determinazione della ripresa. L'Italia Forestale e Montana* 3, 225-240.
- Mescalchin E., Cristoforetti A., Magagnotti N., Silvestri S., Spinelli R., Utilizzo dei residui di potatura della vite a fini energetici. *Fondazione Edmund Mach. Centro Trasferimento Tecnologico*. Febbraio 2009. ISBN 978-88-7843-028-0
- Ministero dello Sviluppo Economico - *Strategia Energetica Nazionale: per un'energia più competitiva e sostenibile - documento per consultazione pubblica* (ottobre 2012)
- Nakagawa, M., Hayashi, N., Narushima, T. (2010). *Effect of tree size on time of each work element and processing productivity using an excavator-based single-grip harvester or processor at a landing*. *Journal of Forest Research* 15, 226-233.
- PAT: *Il contributo delle foreste al piano energetico provinciale*, Servizio Foreste e Fauna, Provincia Autonoma di Trento, (2012)
- Politecnico di Milano - Dipartimento di Ingegneria Gestionale, Biomass Energy Report (2009 - 2010) e Biomass Energy Executive Report (2012)

- Pollini, M. (2006). *Manuale per la classificazione visuale qualitativa del legno tondo di abete rosso, abete bianco e larice*. Servizio Foreste e Fauna della Provincia Autonoma di Trento, Trento
- Provincia Autonoma di Trento - Servizio Foreste e Fauna (2009). *Rapporto sullo stato delle foreste e della fauna 2009*. Litotipografia Alcione, Trento
- Saana, K., Hannu, F., Jari, H. (2011). *Short-term responses of soil decomposer and plant communities to stump harvesting in boreal forests*. *Forest Ecology and Management* 262, 379-388
- Schelhaas, MJ, Hengeveld, G, Moriondo, M, Reinds, GJ, Kundzewicz, ZW, ter Maat, H, Bindi, M., 2010. *Assessing risk and adaptation options to fires and windstorms in European forestry. Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 15, 681-701
- Servizio Foreste e Fauna, Provincia Autonoma di Trento: *Il contributo delle foreste al piano energetico provinciale*, luglio 2012
- Spinelli, R., Magagnotti, N. (2005). *Recupero di biomassa residua nel taglio a gruppi in fustaia alpina*. *Dendronatura* 1, 49-59
- Spinelli, R., Magagnotti, N. (2007). *La produzione di biomassa legnosa nella selvicoltura alpina: quantità, sistemi di raccolta, costi*. *L'Italia Forestale e Montana*, 5/6, 421-435
- Spinelli, R., Magagnotti, N. (2010). *A tool for productivity and cost forecasting of decentralised wood chipping*. *Forest Policy and Economics* 12, 194-198
- Spinelli, R., Nati, C., Magagnotti, N. (2007). *Recovering logging residues: experiences from the Italian Eastern Alps*. *Croatian Journal of Forest Engineering* 28, 1-9
- Spinelli, R., Owende, P. M. O., Ward, S. M., Tornero, M. (2004). *Comparison of short-wood forwarding systems used in Iberia*. *Silva Fennica* 38, 85-94
- Spinelli, R., Secknus, M. (2005). *Restituire competitività alla biomassa forestale*. *Alberi e Territorio* 12, 45-49
- Stampfer K., Steinmüller T. (2001). *A new approach to derive a productivity model for the harvester "Valmet 911 Snake"*. The International Mountain Logging and 11th Pacific Northwest Skyline Symposium 2001.
- Tis Innovation Park, *Mappatura delle biomasse avviabili a digestione anaerobica in Alto Adige* (2010)
- UNIEN 14961 *Biocombustibili solidi: Specifiche e classificazione del combustibile* (parte 1,2,3,4)
- Università degli Studi di Padova - Dipartimento di Scienze Animali - Progetto di ricerca COWABILITY - Relazione scientifica finale (2011)
- www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364815212001879
- V.Francescato. A. Paniz. M. Negrin. E. Antonini. L. Zuccoli Bergomi. *Legna. Cippato e Pellet*. Editore AIEL. Febbraio 2012
- Zambelli, P., Lora, C., Ciolli, M., Spinelli, R., Tattoni, C., Vitti, A., Zatelli, P. (2010). *A FOSS4G model to estimate forest exploitation methods and biomass availability for renewable energy production*. FOSS4G 2010 Selected Presentations, Barcelona, pp. 1-17. <http://2010.foss4g.org/papers/3405.pdf>
- Zambelli, P., Lora, C., M., Spinelli, R., Tattoni, C., Vitti, A., Zatelli, P. Ciolli (2012). *A GIS decision support system for regional forest management to assess biomass availability for renewable energy production*. *Environmental Modelling & Software*, 38, 203 - 213. 10.1016/j.envsoft.2012.05.016





bioenarea
Improve regional policies for bio-energy
and territorial development

SOCI DEL PROGETTO

Jefe de Proyecto

Castilla y León, España
Ente Regional de la Energía de Castilla y León
Rafael Ayuste - Santiago Díez
tel. +34 987 849 393
e-mail: diecassa@jcyl.es
www.eren.jcyl.es

Socios

Macedonia Oeste, Grecia

Región de Macedonia Occidental
Vasiliki Thomaidou
tel. +30 2461 053 110
e-mail: gengr@pdm.gr
www.westernmacedonia.gr

Provincia Autónoma de Trento, Italia

Provincia Autónoma de Trento
Giacomo Carlino
tel. +39 0461 497 336
e-mail: giacomo.carlino@provincia.tn.it

Región Sureste, Irlanda

Autoridad Regional del Sureste de Irlanda
Sheevaun Thompson
tel. +35 35 226 200
e-mail: Sheevaun.thompson@southtippcoco.ie
www.sera.ie

Región Sureste, Suecia

Agencia de la Energía del Sureste de Suecia
Hans Gulliksson/Mia Stavert
tel. +46 470 723 320
e-mail: hans.gulliksson@energikontorsydost.se
www.energikontorsydost.se

Región de Tartu, Estonia

Agencia Regional de la Energía de Tartu
Marek Muiste
tel: +37 27 383 005
e-mail: marek@sciencepark.ee
www.trea.ee

